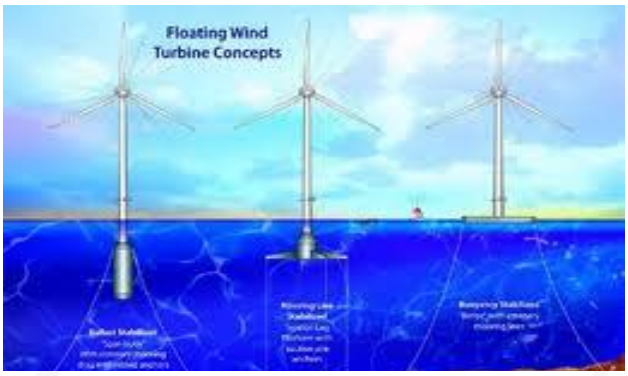


RAPPORT

Pré-diagnostic pour le développement éolien offshore flottant en Guadeloupe

AKUO Energy Caraïbes

Innovation

Juillet 2015

CLIENT

RAISON SOCIALE	AKUO Energy Caraïbes Innovation
COORDONNÉES	140 Avenue des Champs Elysées, 75 008 PARIS
INTERLOCUTEUR *(nom et coordonnées)*	Tristan URTIZBERREA urtizberea@akuoenergy.com

CREOCEAN

COORDONNÉES	Zone Technocean – Rue Charles Tellier 17 000 LA ROCHELLE
INTERLOCUTEUR *(nom et coordonnées)*	Monsieur COLINET Michel Tél. 05.46.41.13.13 E-mail : creocean@creocean.fr

RAPPORT

TITRE	Pré-diagnostique pour le développement éolien offshore flottant en Guadeloupe au regard des contraintes de sites
NOMBRE DE PAGES	178
NOMBRE D'ANNEXES	/
OFFRE DE REFERENCE	
N° COMMANDE	

SIGNATAIRE

REFERENCE	DATE	REVISION DU DOCUMENT	OBJET DE LA REVISION	REDACTEUR	CONTROLE QUALITE
150075	05/06/15	REV01	Document Initial	JAM / AMO CLA / ADE	MCO

SOMMAIRE

1. Contexte et zone d'étude 1
2. La technologie éolienne flottante 3
2.1. Etat de l'art et concept général 3
2.2. La technologie semi-submersible 7
2.3. La technologie SPAR 9
2.4. La technologie TLP (Plateforme à ancrages tendus) 11
2.5. Synthèse des données techniques relatives aux différentes technologies éoliennes flottantes. 13
3. Contexte socio-économique 15
3.1. Situations administratives et foncières 15
3.1.1. Autorisations nécessaires 15
3.1.2. Projet d'autorisation unique 18
3.2. Servitudes et réglementations maritimes 19
3.2.1. Epaves et obstructions 19
3.2.2. Câbles et conduites sous-marins 20
3.3. Servitudes et radars 21
3.3.1. Radar Météo-France 22
3.3.2. Servitudes légales de l'Aviation Civile 23
3.3.2.1. Servitudes aéronautiques 23
3.3.2.2. Servitudes radioélectriques 24
3.3.2.3. Radars de l'aviation civile 26
3.3.3. Servitudes militaires 26
3.4. Usages maritimes et récréatifs 28
3.4.1. Routes maritimes 28
3.4.1.1. Transport de marchandises 28
3.4.1.2. Transport de passagers 28
3.4.1.3. Croisiéristes 29
3.4.2. Activité nautiques 31
3.4.2.1. Activités nautiques hors plaisance 31
3.4.2.2. La plaisance 32

3.5. Activité halieutique 35
3.5.1. Types de pêche 35
3.5.1.1. La pêche côtière 35
3.5.1.2. La pêche au large 36
3.5.1.3. La pêche profonde 36
3.6. Activités aquacoles 39
3.7. Réintroduction du Lamentin 43
3.8. Dragage/immersion 43
3.9. Zone d'exploitation de granulats marins 44
3.10. Transplantation de coraux 44
4. Contraintes environnementales 45
4.1. Les paysages de Guadeloupe 45
4.2. Protection et inventaire de l'espace naturel 47
4.2.1. Espaces naturels inventoriés : ZNIEFF et ZICO 47
4.2.2. Opération Grand-Site de la Pointe des Châteaux 50
4.2.3. Grand Cul-de-Sac Marin : RAMSAR, PNG, Réserve 50
4.2.4. Réserve naturelle de Petite-Terre 53
4.2.5. Parc National de Guadeloupe 53
4.2.6. Sites classés et inscrits 55
4.2.7. Espaces remarquables du littoral au titre de l'article L146-6 56
4.2.8. Arrêté préfectoraux de protection de biotope 56
4.2.9. Projet de réserve à Marie-Galante 58
4.3. Ichtyofaune et ressources conchylicoles 60
4.3.1. Les poissons côtiers 60
4.3.1.1. Statut des espèces 60
4.3.1.2. Distribution des peuplements 60
4.4. Peuplement benthique 62
4.4.1. Herbiers de phanérogames marines 62
4.4.2. Les peuplements coralliens 63
4.5. Mammifères marins 65
4.6. Tortues marines 70
4.7. Avifaune 70
4.7.1. Les oiseaux marins 70
4.7.2. Les limicoles 71

4.7.3. Impact des éoliennes sur l'avifaune 72
5. Contraintes logistiques et techniques 75
5.1. Réseau électrique 75
5.1.1. Etat des lieux 75
5.1.2. Capacité d'accueil du réseau et contraintes 77
5.1.3. Limite d'intégration des énergies intermittentes au réseau 78
5.2. Infrastructures portuaires et routières 79
5.2.1. Les ports et infrastructures portuaires 79
5.2.1.1. Les ports communaux 80
5.2.1.2. Les ports départementaux 80
5.2.1.3. Sites du Grand Port Maritime de la Guadeloupe 81
5.2.2. Les infrastructures routières 85
5.3. Identification d'entreprises locales pour les travaux, l'assemblage et l'installation 87
6. Paramètres physiques 88
6.1. Contexte géologique 88
6.1.1. Activité tectonique 88
6.1.2. Affleurements anciens terrestres 90
6.2. Risques naturels 92
6.2.1. Sismicité 92
6.2.1.1. Mécanismes 92
6.2.1.2. Séismes historiques 93
6.2.1.3. Activité sismique récente 94
6.2.1.4. Zonage sismique et accélération du sol 95
6.2.1.5. Périodes de retour 98
6.2.1.6. Risques liés à l'activité sismique 98
6.2.2. Mouvements sédimentaires sous-marins 99
6.2.2.1. Types de processus 99
6.2.2.2. Observations en Guadeloupe 101
6.3. Couverture sédimentaire récente 104
6.3.1. Nature des fonds 104
6.3.1.1. Plateau insulaire 104
6.3.1.2. Talus continental 110
6.3.2. Epaisseur de la couverture sédimentaire 114

6.4. Caractéristiques morpho-bathymétriques 119
6.5. Conditions océano-météorologiques 129
6.5.1. Ressource éolienne 129
6.5.2. Houle 135
6.5.2.1. Sources 135
6.5.2.2. Conditions de houles nominales et extrêmes 135
6.5.2.3. Conditions nominales au large 138
6.5.2.4. Conditions extrêmes au large 138
6.5.3. Courants 141
6.5.3.1. Sources des données 141
6.5.3.2. Synthèse des données de courants autour de la Guadeloupe 141
6.5.4. Risques naturels 148
6.5.5. Tsunami 148
6.5.6. Les risques cycloniques 149
6.5.6.1. Conditions de houle cyclonique 151
7. Synthèse des contraintes et Proposition pour l'implantation 154
7.1. Synthèse aspects environnementaux 154
7.2. Synthèse aspects réglementaires et usages 154
7.3. Synthèse : aspects logistiques et techniques 154
7.4. Synthèse : aspects hydrodynamiques 155
7.5. Synthèse : aspect géologiques et géomorphologiques 155
7.6. Bilan de la synthèse des contraintes 158
7.6.1. Zones potentielles 158
7.6.2. Méthodologie d'évaluation 162
8. Conclusions 164

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Figure 1. Localisation de la zone d'étude 2
Figure 2 : Maturité technologique des différentes EMR. 4
Figure 3 : de gauche à droite : SPAR, Semi-sub, TLP 5
Figure 4 : Mouvements auquel est soumise une éolienne flottante 6
Figure 5 : Principe technologie semi-submersible 7
Figure 6 : A gauche, WindFloat (Portugal), à droite Fukushima Forward (Japon). 8
Figure 7 : Principe technologie SPAR 9
Figure 8 : A gauche, Fukushima Forward (Japon), A droite Hywind (Norvège) 10
Figure 9 : Principe technologie TLP 11
Figure 10: Pelastar, Golden Associates 12
Figure 11: Synthèse données techniques 14
Figure 12 : localisations des zones d'épaves 20
Figure 13 : synthèse des connaissances sur le milieu marin de Guadeloupe 31
Figure 14 : Synthèse des connaissances sur le milieu marin de Guadeloupe : plaisance 34
Figure 15 : Synthèse des connaissances sur le milieu marin de Guadeloupe : plaisance 38
Figure 16 : Synthèse des connaissances sur le milieu marin de Guadeloupe : projets aquacoles 42
Figure 17 : Sites d'immersion du Grand Port Maritime de Guadeloupe 44
Figure 18 : Sites de transplantations de coraux 45
Figure 19 : ZNIEFF terrestres et marines de Guadeloupe (CARTELI,2012 – Dans CREOCEAN, 2013) 49
Figure 20 : Zico : de l'Archipel guadeloupéen (Levesque et al., 2008) 50
Figure 21 : Zone RAMSAR et Parc Naturel de Guadeloupe dans le Grand Cul-de-Sac Marin (site du PNG) 52
Figure 22 : Parc National de Guadeloupe (CARTELI,2012 – Dans CREOCEAN, 2013) 54
Figure 23 : APB de Guadeloupe (CARTELI,2012 – Dans CREOCEAN, 2013) 57
Figure 24 : Périmètre du projet de RNN terrestre et maritime à Marie-Galante (Source : DEAL, 2012) 58
Figure 25 : Aires Marines protégées 59
Figure 26 : biocénoses benthiques 64
Figure 27 : Mammifères marins 68
Figure 28 : Oiseaux marins 74
Figure 29 : estimation du taux de croissance de la demande en énergie 76

Figure 30: réseau Guadeloupéen de production d'électricité 76
Figure 31 : postes sources du réseau électrique 78
Figure 32 : Ports départementaux de Guadeloupe (CG 971 - CREOCEAN, 2014) 81
Figure 33 : Sites du Grand Port Maritime de la Guadeloupe (GPMG) 82
Figure 34 : Port de Basse terre 82
Figure 35 : Port de Folle anse 83
Figure 36 : Port de Pointe à Pitre 84
Figure 37 : Port de Jarry 85
Figure 38 : Réseau routier de la Guadeloupe (Source : Diagnostic du SRIT de la Guadeloupe, 2012) 86
Figure 39 : Contexte de subduction de l'arc antillais - Extrait GéoAzur d'après Feuillet, 2000. . 89
Figure 40 : Contexte tectonique de la Guadeloupe (Bertil et al., 2001) 90
Figure 41 : Géologie simplifiée et formations volcaniques (haut, d'après Bourdon et Courrioux, 2011) et leur âge (bas, d'après Komorowski et al., 2005) 91
Figure 42 : Les différentes zones des séismes de l'arc antillais, d'après Schlupp et al., 2008 .. 93
Figure 43 : Catalogue de sismicité instrumentale 199-2005 (source Bertil et coll., 2009) 95
Figure 44 : Zonage sismique pour une période de retour de 475 ans, et accélération du sol (d'après Martin et al., 2002) 96
Figure 45 : Aléa sismique pour une période de retour à 475 ans, proposé par Balandier (2008) d'après l'étude du séisme de 2007 majeur 97
Figure 46 : Correspondance entre l'intensité (MSK) et le PGA de l'OVSG/IPGP (extrait de Auclair et Bertil, 2009) 97
Figure 47 : Echelle de Richter et les effets engendrés 97
Figure 48 : Processus gravitaires sous-marins et installations off-shore (d'après Chiocci et al., 2011) 99
Figure 49 : Classification simplifiée des mouvements gravitaires (d'après Joanne, 2008). 100
Figure 50 : Cartographie des pentes et principaux débris d'avalanche de l'arc insulaire des Petites Antilles (Deplus et al., 2001 –AGUADOMAR 1999). 101
Figure 51 : Mise en évidence de glissements d'après le MNT 103
Figure 52 : Nature des fonds du plateau insulaire 105
Figure 53 : Couverture sonar réalisé dans le cadre du projet de cartographie des Antilles (Augris et al., 2000) 107
Figure 54 : Affleurements du Grand-Cul-de-Sac Marin 108
Figure 55 : Nature des fonds au large du Petit Havre (CREOCEAN, 2007) 109
Figure 56 : herbiers du plateau insulaire 110
Figure 57 : Points de prélèvements sédimentaires 112

Figure 58 : Cartographie générale des lithofaciès de l'arc insulaire intra-océanique des Petites Antilles (d'après Wright, 2007). 113

Figure 59 : Localisation des profils acquis lors de campagnes Geoberyx (haut, source Sismer) et KaShallow (bas, source Münch et al., 2013) 114

Figure 60 : Coupe sismique au large de Bouillante (Thinon et al., 2010) 115

Figure 61 : Extrait profil sismique haute résolution (Bertrand et al., 2015) 116

Figure 62 : Organisation schématique des formations plio-quaternaires au niveau de Marie-Galante 117

Figure 63 : Extraits de coupes sismiques de la mission KaShallow sur le plateau insulaire (Münch et al., 2013) 118

Figure 64 : Morpho-bathymétrie du plateau insulaire entre 0 et 100 m (MNT issues des données SHOM et Litto3D®) 120

Figure 65. Morpho-bathymétrie entre 0 et 400 m et localisation des coupes 121

Figure 66. Cartographie des pentes 124

Figure 67. Coupes bathymétriques 127

Figure 68 : Ressources éoliennes 129

Figure 69: distribution fréquentielle des vitesses de vents sur La désirade (2001-2010) 130

Figure 70 : Gisement de vents 132

Figure 71 : estimation de la ressource éolienne en mer 133

Figure 72 : Vitesses moyennes du vent 134

Figure 73 : Synthèse des conditions nominales moyennes et des conditions extrêmes au large de la Guadeloupe (sources : modèle WNA, NAH, Google) 137

Figure 74 : Hauteurs significatives et direction des vagues 138

Figure 75 : Carte de hauteurs significatives et directions de houle lors de la tempête tropicale Chantal du 9 Juillet 2013 139

Figure 76 : Carte de hauteurs significatives et directions de houle lors du cyclône Earl le 30/08/2010 à 5h et 19h (heure de Paris) 140

Figure 77 : Localisation des stations (Banc Colombie (BC) ; Saint-François (SF) ; La Désirade (LD) ; Pointe de la Vigie (PV) ; Tête à l'Anglais (TA) ; Ilet Pigeon (IP) ; Les Saintes (LS)) 142

Figure 78 : Vitesse du courant (cm/sec) 143

Figure 79: Schéma de circulation (Pujos et al., 1992) 143

Figure 80 : Fonctionnement océanographique schématique entre décembre et mai (saison sèche). Synthèse des connaissances sur le milieu marin de Guadeloupe par l'Agence des Aires Marines Protégées (2011). 144

Figure 81: Fonctionnement océanographique schématique entre juin et novembre (saison des pluies). Synthèse des connaissances sur le milieu marin de Guadeloupe par l'Agence des Aires Marines Protégées (2011). 145

Figure 82 : champs de courants de surface MERCATOR du 20 janvier 2013 146

Figure 83 : Courantologie du Grand cul-de-sac marin (d'après Assor, 1988) 147

Figure 84: courants induits par les vagues et le vent dans le Grand Cul-de-sac Marin, tempête tropicale 20 mars 2008, calculés par CREOCEAN dans le cadre d'une étude précédente. 147

Figure 85 : Trajectoires des cyclones qui sont passés sur l'arc Antillais entre 1983 et 1999 (Meteo France, 2005) 150

Figure 86 : Carte de hauteurs significatives et directions de houle lors de la tempête tropicale Chantal du 9 Juillet 2013 151

Figure 87 : Carte de hauteurs significatives et directions de houle lors du cyclône Earl le 30/08/2010 à 5h et 19h (heure de Paris) 152

Figure 88 : Secteurs potentiels d'implantation (caractéristiques de sols) 161

Figure 89 : Carte de synthèse pour l'implantation d'un parc éolien flottant 169

ABREVIATIONS

BRGM : Bureau de Recherche Géologique et Minière

CSDA : Centre de Données Sismologiques des Antilles

cm : centimètre

g : gravité (1 g=9,81 $m.s^{-2}$)

km : kilomètre

MNT : Modèle Numérique de Terrain

MSK : (Echelle) Medvedev-Sponhueur-Karnik

M : mètre

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration

PGA : Peak Ground Acceleration (accélération maximale du sol)

OVSG : Observatoire Volcanologique et Sismologique de la Guadeloupe

IPGP : Institut de Physique du Globe de Paris

SHOM : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

WGS84 : World Geodetic System 84

1. Contexte et zone d'étude

Le Conseil Régional de La Guadeloupe avec le soutien de l'ADEME souhaite étudier dans le cadre de la diversification de sa production énergétique, la faisabilité de développer une filière Energie Marine notamment au travers de la mise en place de parcs éolien offshore flottant.

Etant donné l'étendue du Territoire et la multiplicité des sites de consommations, il convient dans un premier temps, sur des bases objectives de définir les sites prometteurs et dignes d'intérêt notamment au regard des centres de consommation et des contraintes environnementales globales à prendre en compte, ainsi que les systèmes et procédés en phase industrielles avant de procéder à des études spécifiques de développement.

L'étude intégrant les points développés précédemment, permettra en substance de définir les grandes lignes d'un cadre de développement des éoliennes offshore flottantes en Guadeloupe.

Les différents points à aborder dans le cadre d'une telle étude sont :

- Conditions de mises en œuvre et spécificités environnementales de la région Guadeloupe,
- Etat des lieux critique des systèmes éoliens offshore flottants,
- Evaluation technico-économique d'un tel projet et sensibilité aux aides publiques.

L'ensemble des données doivent ensuite faire l'objet d'une analyse croisée afin de définir, en fonction des conditions rencontrées, les sites et systèmes les plus prometteurs et l'étendue des risques.

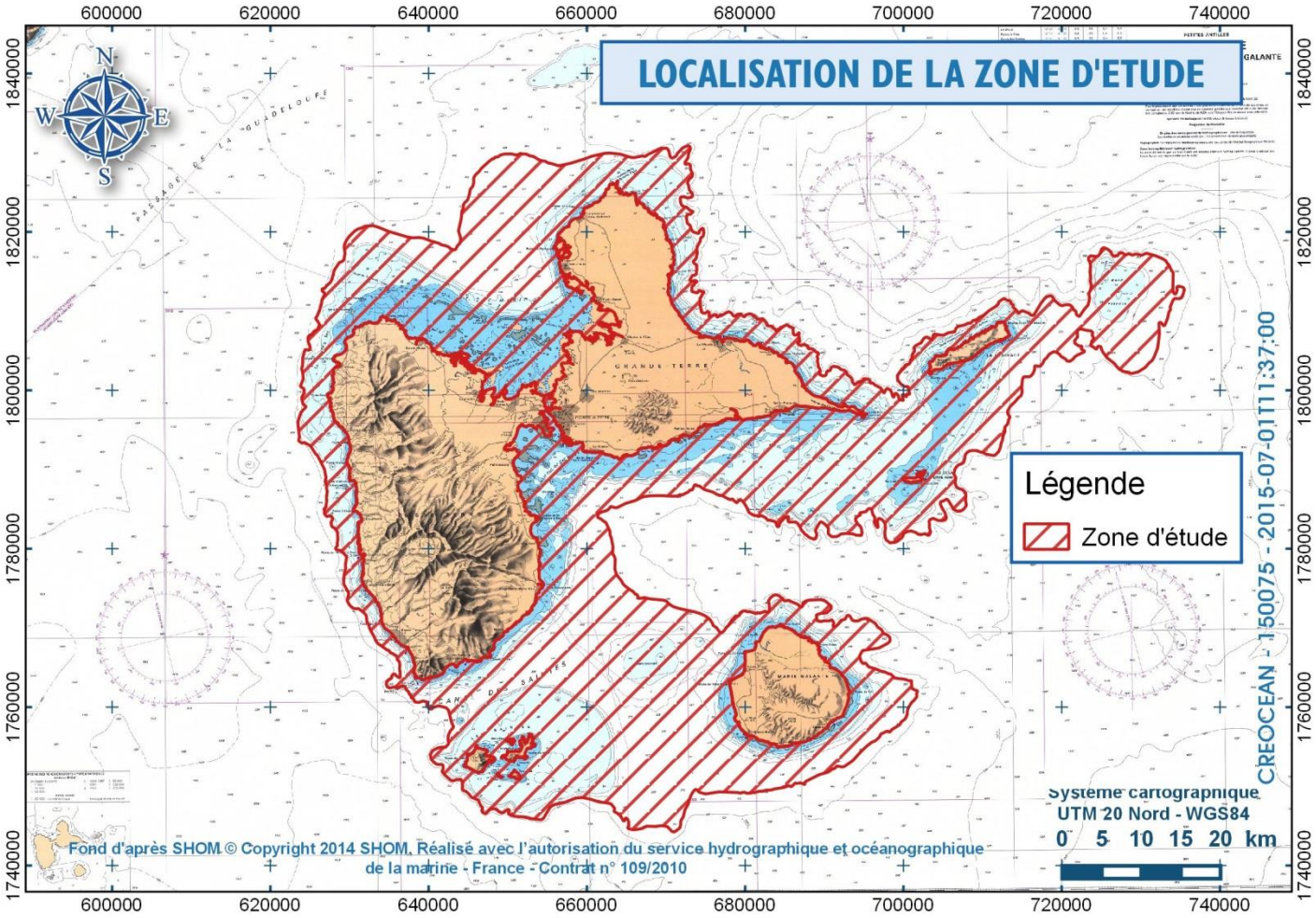


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

2. La technologie éolienne flottante

2.1. Etat de l'art et concept général

L'éolien offshore flottant, en plus des conditions d'accès facilitées pour les turbiniers, bénéficiera pour la conception du flotteur d'une valorisation de savoir-faire issus des univers de la construction navale et des plateformes pétrolières et gazières. Le marché potentiel à terme est considérable, et les zones dépourvues d'une bathymétrie favorable aux technologies sur fondation, constitueront les pays cibles des pionniers ; à ce titre, la France présente une forte attractivité, en particulier en mer Méditerranée et en Outre-Mer.

La dépendance du marché de l'éolien flottant avec ceux de l'éolien terrestre et de l'éolien offshore posé incite les développeurs à reconsidérer les architectures matures des turbines d'éoliennes, et cherchent à valider de nouveaux concepts, qui permettent de réduire les coûts d'investissement et d'opération par l'optimisation du dimensionnement du flotteur et de la phase d'intégration du système. Plus généralement, l'éolien flottant bénéficiera des retours d'expérience des industriels présents sur le marché des éoliennes posées, et les développeurs de nouvelles architectures se focalisent sur un objectif de coût complet de production de l'ordre de 250 €/MWh pour garantir le démarrage du marché et l'attractivité des technologies au sein des pays les plus sensibles à ce type de technologies. A plus long terme, et selon les arbitrages technologiques gagnants qui seront identifiés dans les cinq prochaines années, le potentiel élevé de renforcement de l'attractivité économique des systèmes permet d'anticiper une croissance soutenue dès 2020, lorsque les coûts complets de production des fermes atteindront le seuil des 150 €/MWh. On identifie enfin des ruptures technologiques possibles permettant de viser plus rapidement, et avant 2030, le seuil symbolique des 100 €/MWh et ainsi entrevoir une compétitivité renforcée de l'éolien flottant sur l'éolien offshore posé.

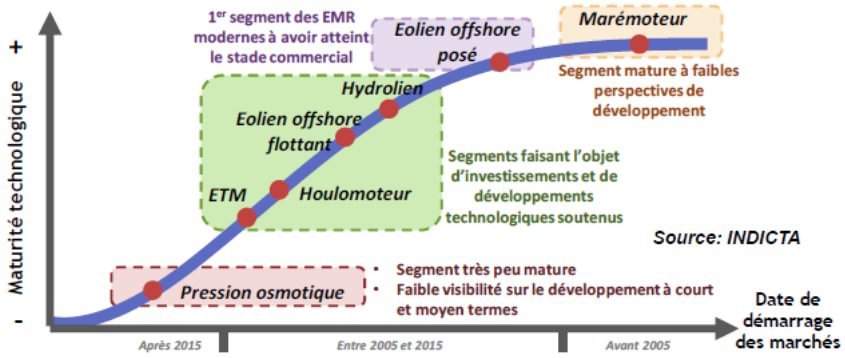


Figure 2 : Maturité technologique des différentes EMR.

Il n'existe pas à ce jour de champs éolien flottant, néanmoins quatre prototypes tailles réelles sont aujourd'hui installés dans le monde :

- Le prototype HyWind de Statoil en Norvège,
- Le prototype WindFloat de Principle Power au Portugal,
- Deux autres prototypes viennent d'être mis en place au Japon au large de Fukushima dans le cadre du projet Fukushima Forward.

Plusieurs concepts et prototypes d'éoliennes flottantes sont aujourd'hui testés dans le monde. Les éoliennes offshores étant déjà éprouvées et disponibles, le flotteur représente le principal élément d'innovation et d'optimisation de la technologie. Néanmoins, certains concepts d'éoliennes spécifiquement conçues pour l'éolien flottant sont également en cours de développement. L'éolienne à axe verticale Vertiwind conçues par la PME française Nénuphar en est un exemple.

Les trois principales technologies de flotteur s'inspirent des technologies existantes dans l'offshore pétrolier :

- Single Point Anchored Reservoir (SPAR),
- Semi-submerged (Semi-Sub),
- Tension Leg Platform (TLP),

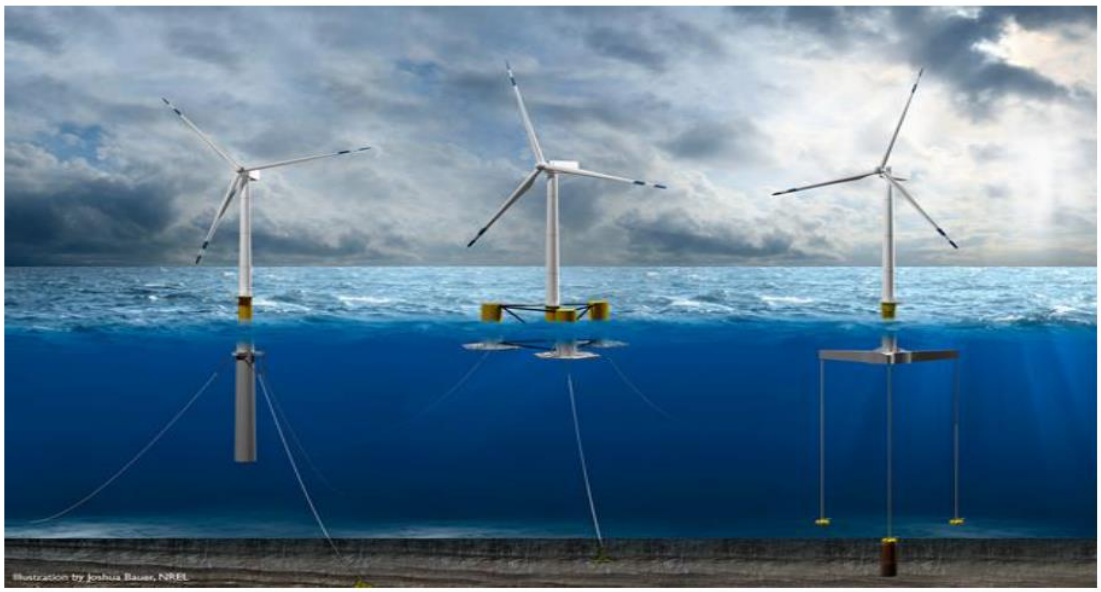


Figure 3 : de gauche à droite : SPAR, Semi-sub, TLP

Ces technologies ont déjà été éprouvées dans le cadre de structures flottantes de dimensions et poids beaucoup plus importants (plateforme pétrolière flottante). L'enjeu n'est donc pas tant technique qu'économique : laquelle de ces trois technologies offre les meilleurs coûts de fabrication, d'installation, d'ancrage, de maintenance… Cela pouvant dépendre pour grande part de la zone d'implantation des éoliennes, de la nature des sols et des moyens disponibles à proximité pour la fabrication et l'installation.

Ces technologies doivent tout de même être largement adaptées à l'éolien, et au mouvement exacerbés par la présence de l'éolienne. Le flotteur est soumis à 6 modes de mouvements qui doivent être pris en compte pour parvenir à la stabilité de la structure.

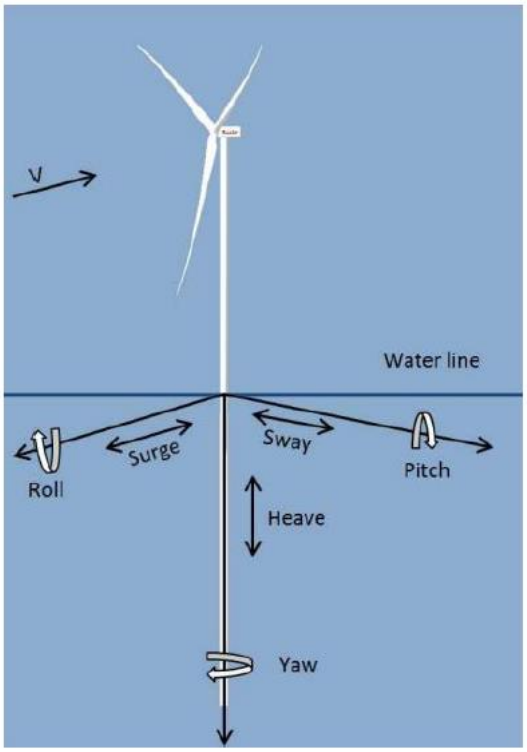


Figure 4 : Mouvements auquel est soumise une éolienne flottante

Afin de parvenir à un maximum de stabilité, des structures flottantes aux dimensions importantes sont nécessaires. Il existe trois manières de stabiliser une plateforme tel que présenté dans la figure suivante :

Surge - Cavalement	Translation le long de l'axe longitudinal (direction principale du vent) (X)
Sway – Embardée	Translation le long de l'axe latéral (Y, direction perpendiculaire au vent dominant).
Heave – Pilonnement	Translation le long de l'axe vertical (Z)
Roll – Roulis	Rotation le long de l'axe longitudinal (X)
Pitch – Tangage	Rotation le long de l'axe latéral (Y)
Yaw – Lacet	Rotation le long de l'axe vertical (Z)

- Stabilisation par Ballast,
- Stabilisation par lignes de mouillages,
- Stabilisation par flottabilité,

Les solutions sont souvent un mélange de ces 3 méthodes.

2.2. La technologie semi-submersible

Les plateformes semi-submersibles sont constituées de large colonnes verticales reliées les unes aux autres par des entretoisements, en béton ou métal. Les colonnes peuvent servir de ballasts et procure la flottabilité de la structure. Le tirant d'eau est généralement assez faible (<10m).

Ces flotteurs sont maintenus en position par les lignes de mouillages, généralement lignes caténaires ou tendues. Le nombre et emplacements de ces lignes dépend de chaque concept, généralement entre 3 et 6 lignes sont nécessaires.

La construction peut se faire à terre, sur cale sèche. L'éolienne peut être assemblée sur le flotteur à quai puis l'ensemble est ensuite remorqué sur site, via un remorqueur classique, ne demandant pas de moyen de tirage et levage en mer lourds.

Les plateformes semi-submersibles sont probablement les flotteurs les plus universels, en raison de leur faible tirant d'eau et de leur faible dépendance aux conditions de sol (contrairement aux TLP). Par contre, les semi-submersibles sont sensibles aux mouvements de la houle et subissent d'importants déplacement en cas de houles extrêmes.

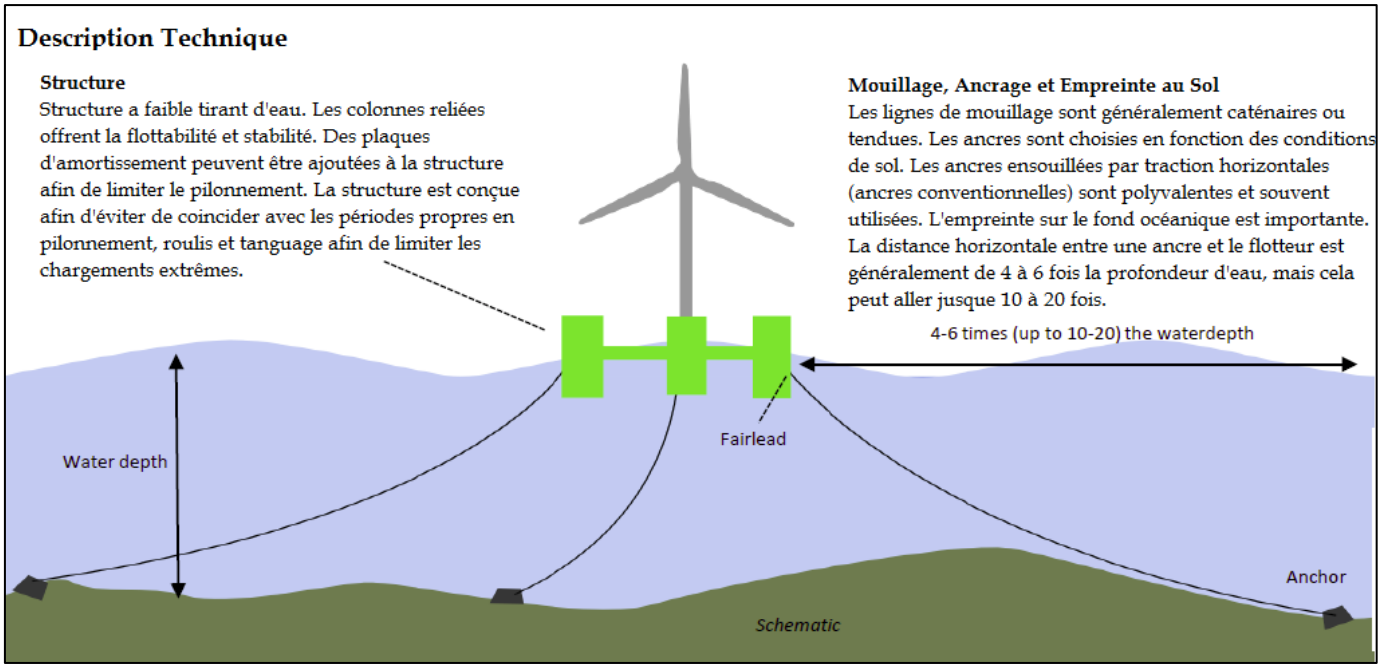
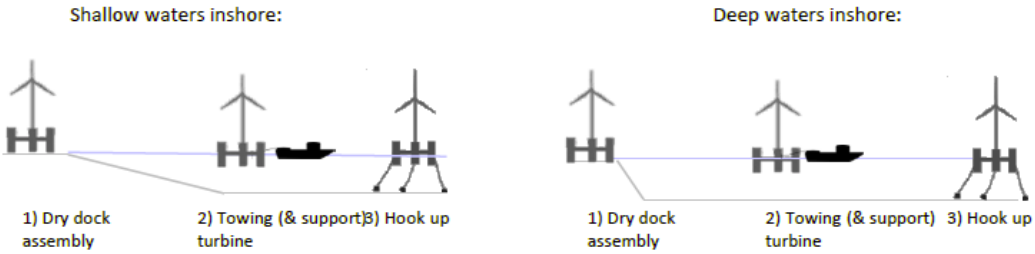


Figure 5 : Principe technologie semi-submersible

Fabrication et installation :

La fabrication et l'assemblage se fait à terre ou sur une cale sèche. L'acheminement sur le site se fait par remorquage. Les plateformes complètement équipées peuvent flotter avec des tirants d'eau inférieurs à 10m.



Opération et Maintenance :

La plupart des opérations de maintenance peuvent être réalisées à terre, après remorquage de la structure. L'accès à la plateforme depuis les colonnes est également possible pour le la maintenance sur site et le service.

Actuellement, deux prototypes à échelle 1 ont été installés et testés en pleine mer :

- WindFloat développé par Principle Power au large du Portugal, éolienne Vestas de 2MW
- Fukushima FORWARD (1ère phase), consortium mené par Marubeni, au large du Japon, éolienne de 2MW

Figure 6 : A gauche, WindFloat (Portugal), à droite Fukushima Forward (Japon).

2.3. La technologie SPAR

Les flotteurs SPAR sont constitués d'un cylindre en métal ou béton, avec peu d'emprise sur le plan d'eau ballasté avec de l'eau et/ou un ballast solide afin de conserver le centre de gravité sous le centre de flottabilité. La stabilité de la structure est assurée par l'important tirant d'eau, permettant également de limiter les mouvements de pilonnement.

Les lignes de mouillage sont généralement caténaires ou tendues. Les lignes peuvent être en chaines ou câbles acier ou synthétique ou encore mixte.

En raison de l'important tirant d'eau, la SPAR nécessite d'être remorqué jusqu'au site d'installation en position horizontale. Une fois sur place, le flotteur est redressé stabilisé puis la turbine est installée grâce une barge équipée de moyens de levage.

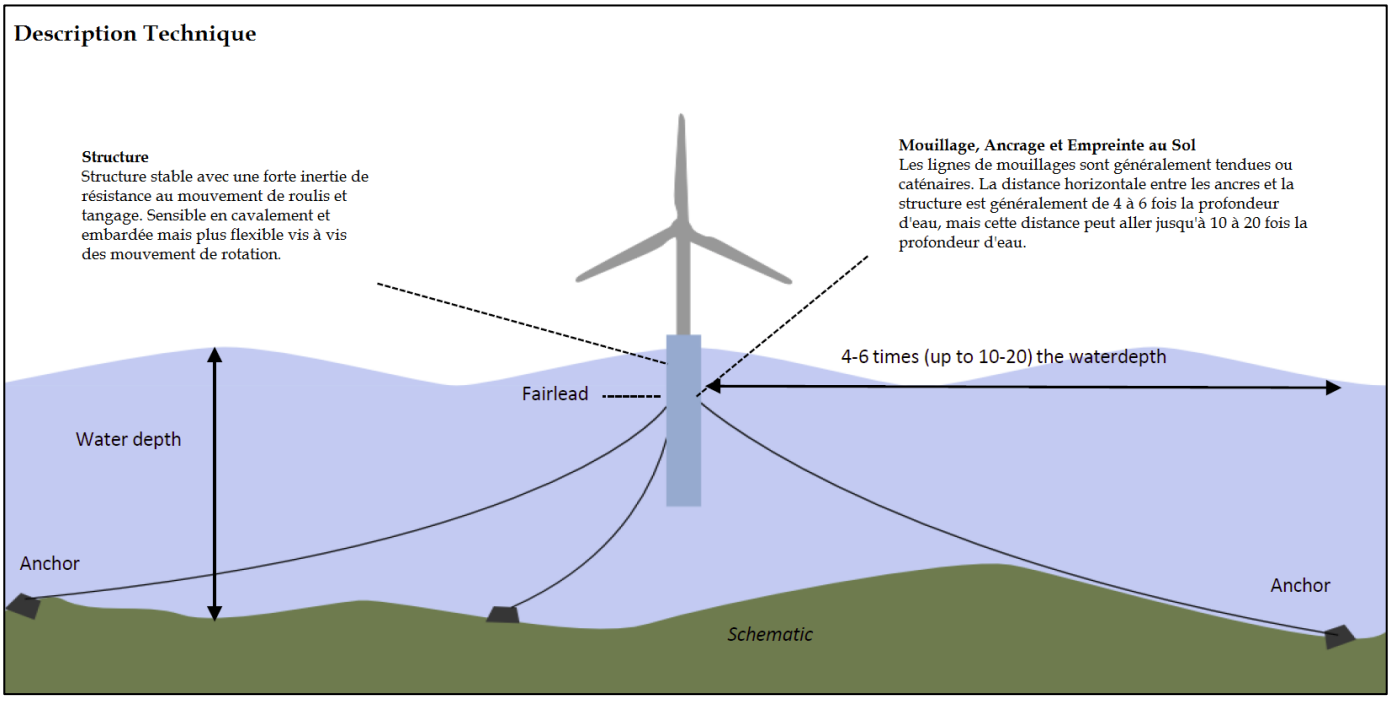
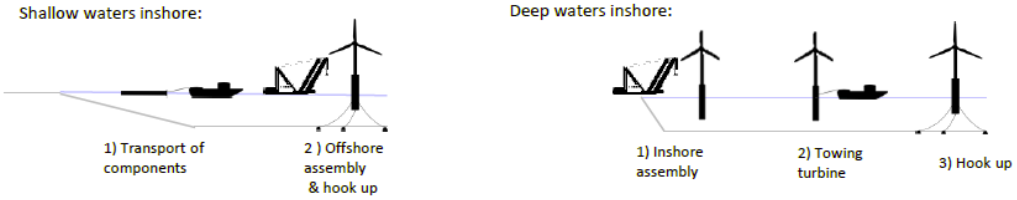


Figure 7 : Principe technologie SPAR

Fabrication et installation :

En raison de l'important tirant d'eau du flotteur, la SPAR nécessite d'être remorquée en eau profonde en position horizontale. Une fois sur site, elle est redressée, stabilisé puis attachée aux ancrages (Hook-up). La turbine est alors installée sur le flotteur grâce à une barge équipée de moyens de levage. Dans le cas où un site d'assemblage en eau profonde est disponible, la construction et assemblage de la plateforme peuvent être fait à terre puis la structure est remorquée sur site.



Opération et Maintenance :

Les opérations devront généralement être faîtes sur le site de l'éolienne en mer.

Comme pour les plateformes semi-submersibles, deux prototypes à échelle 1 ont été installés et testés en pleine mer :

Figure 8 : A gauche, Fukushima Forward (Japon), A droite Hywind (Norvège)

2.4. La technologie TLP (Plateforme à ancrages tendus)

Les structures TLP sont bâties à partir d'une large colonne centrale, entourée d'un certain nombre « bras » immergés auxquels sont accrochés les lignes d'ancrages tendues. La flottabilité des TLP est importante, et sont retenues par des câbles tendus, des pipes de tension ou encore des tiges rigides. Cela permet de réduire le point de la structure ainsi que le moment de renversement. Les ancres peuvent être gravitaires, ancres à succion ou encore des pieux forés et dirigés.

Une plateforme TLP peut être assemblée à terre ou en cale sèche. Il est probable que des navires spéciaux, capable de maintenir l'assemblage flotteur et éolienne stable lors du transfert depuis le port jusqu'au site d'installation bien que certains développeurs annonce pouvoir remorquer simplement l'ensemble jusqu'au site.

La maintenance et le remplacement des pièces peuvent être faits à la côte ou à terre dans la mesure ou un système simple de décrochage du flotteur est mis en place. La procédure de décrochage est complexe puisqu'il est nécessaire de gérer les phases de transition pour le passage d'une TLP à une plateforme flottante. Les TLP imposent peut de contraintes vis-à-vis de la profondeur d'eau mais la nature des sols doit répondre à certains critères spécifiques à cette technologie.

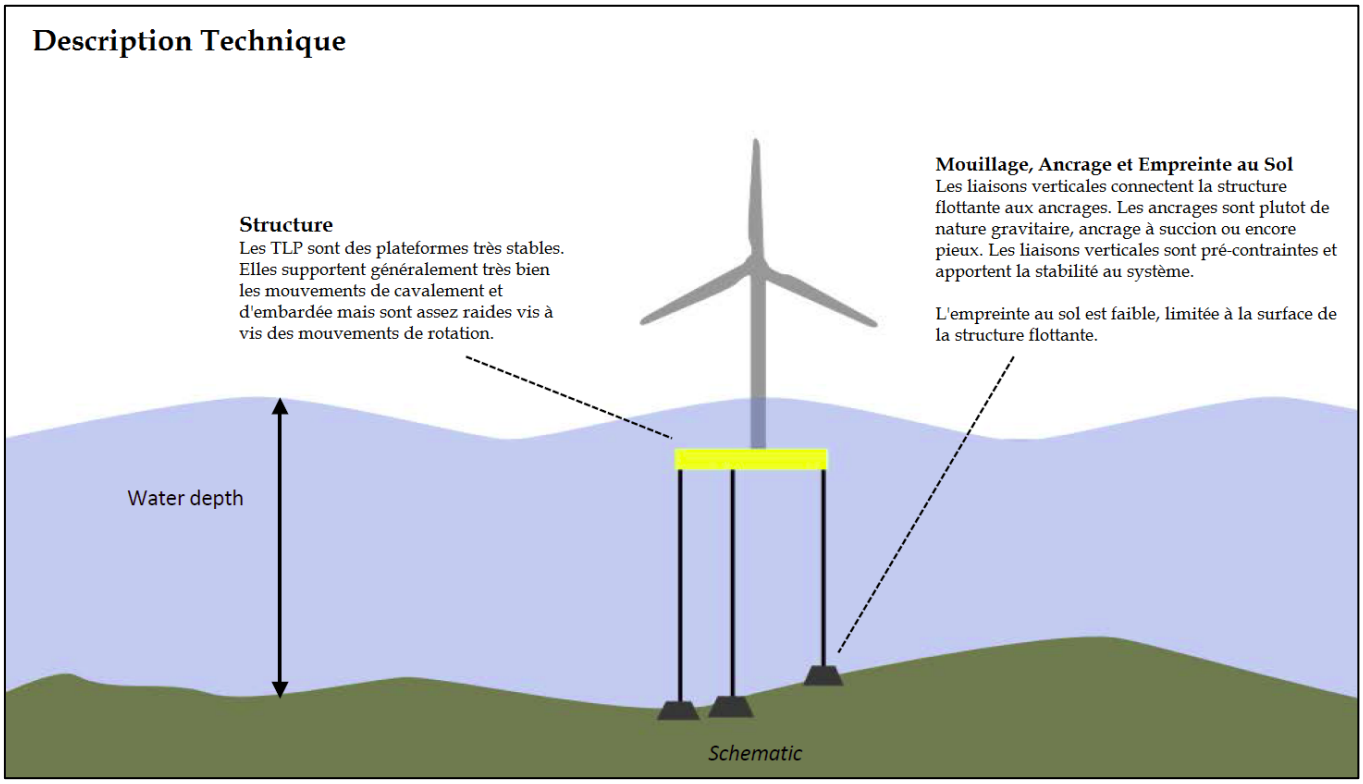
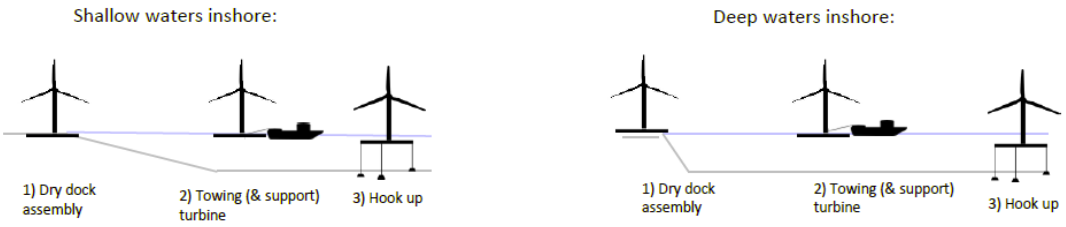


Figure 9 : Principe technologie TLP

Fabrication et installation :

Une plateforme TLP peut être assemblée à terre ou en cale sèche. Le transport peut être effectué jusqu'au site par remorquage à l'aide de navires spécifiques. Différentes solutions de remorquages sont à l'étude mais restent à être démontrées en pratique.



Opération et Maintenance :

Le remplacement d'un équipement peut être fait à terre ou en zone côtière, tant qu'un système simple de décrochage du flotteur est mis en place. La procédure de décrochage est complexe puisqu'il est nécessaire de gérer les phases de transition pour le passage d'une TLP à une plateforme flottante. Cela peut être fait en ajoutant des éléments de stabilité à la structure.

Aucun prototype n'est installé à ce jour. Un des concepts en cours de développement est Pelastar, par la société Golden Associates.

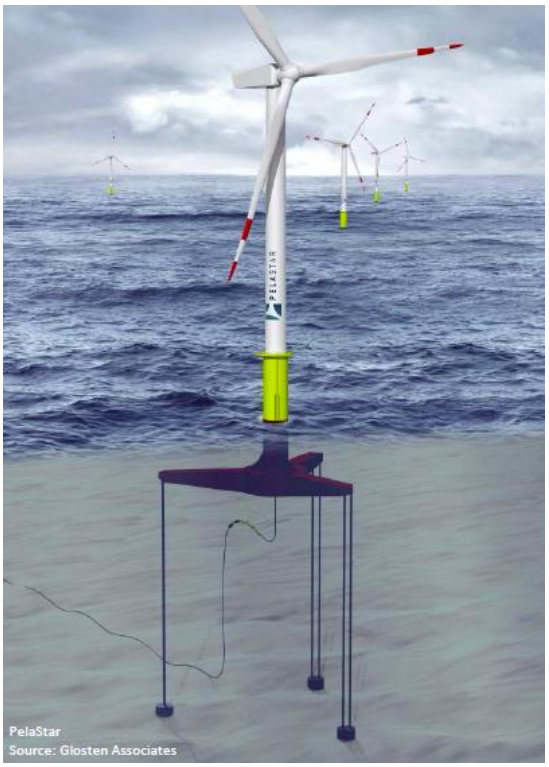


Figure 10: Pelastar, Golden Associates

2.5. Synthèse des données techniques relatives aux différentes technologies éoliennes flottantes.

Créocéan et Akuo ont été rencontrer différents acteurs de l'éolien flottant français afin d'obtenir des informations concernant les exigences techniques et environnementales relatives à chaque technologie.

Les développeurs de technologie rencontrés sont les suivants :

- Idéol (Flotteur de type semi-submersible),
- Nénuphar (Eolienne à axe verticale et flotteur SPAR),
- DCNS et ALSTOM (Eolienne à axe horizontal et flotteur semi-submersible),
- Eolfi (Eolienne à axe vertical et flotteur semi-submersible).

Suite à chaque rencontre, les industriels ont renseignés les données d'entrées demandées dans la fiche ci-dessous.

Pour les besoins de l'étude, ces données ont ensuite été synthétisées (voir figure 11) en prenant pour chaque entrée les valeurs majorantes afin que les moyens portuaires et zones identifiées puisse potentiellement accueillir tous les types de technologies.

Ce sont ces données d'entrées qui ont donc été utilisées durant la suite de l'étude comme critères de sélection des différentes zones.

Etude Eolien Offshore Flottant Guadeloupe Synthèse Données Entrées Technologies			
Généralités	Gamme de Profondeur		**> 30 m** pour des Semi-Submersibles
	Nature sédimentaire		Toutes
	Vague extrême		**22 m**
	Cyclonique ?		Conception adaptable aux zones cycloniques
Caractéristiques Flotteur	Type de flotteur		**SPAR** ou **Semi-Submersible**
	Poids Flotteur		Entre **2500** et **8000** tonnes
	Dimensions min/max		Semi-Submersible : entre **40** et **60**m de large
	Quantité Béton		Selon les technologies : 1**00% Béton** ou **100% Acier**
	Quantité Acier		
	Tirant eau en exploitation		De **7** à **20 m** pour une semi-submersible Entre **80** et **120 m** pour les SPAR
Caractérisitques Installation Portuaires	Tirant d'eau à quai et en remorquage		Supérieur au tirant d'eau maximum et le pied de pilote : **10 m** environ pour une semi-submersible Le site d'immersion doit être protégé de la houle et du vent
	Densité de Quai		Construction: **5 t/m²**;
	Linéaire à Quai		Le linéaire de quai dépend de la stratégie de construction / stockage des flotteurs / intégration des éoliennes
	Surface à quai		Cas 1 machine: **6500 m²** pour la construction, **2800 m²** pour l'integration de la machine
	Type de Quai ? Dry Dock ?		Le quai doit pouvoir accueillir les convois exceptionnels routiers, le supply chain se fait sans interruption (béton,
	Durée de mobilisation		Cas 1 machine = **6 mois**
	Caractéristiques Grues de Levage		de **300** à **800** tonnes à **70-120 m**
	Autres moyens portuaires		Puissance électrique, eau potable, traitement Eaux Usées, air 7 bars. Nombre de sous-traitants seront sélectionnés a proximité du port de construction (soudage, chaudronnerie, inspection,
Caractéristiques Ancrage	Ballastage		Dépend des technologies
	Type d'ancrage		Sol sédimentaire / sableux: ancres "drag embedment"
	Ancrage		Dépend des conditions de site: **chaines, câbles acier, lignes nylon**
	Rayon d'ancrage		Dépend des conditions de site, typiquement **1000 m.**
	Offset max du flotteur		Depend des conditions de site et du système d'ancrage. On cherchera à réduire l'offset pour la bonne tenue du cable
	Espacement entre machines		Généralement **8 fois le diamètre** du rotor dans l'axe du vent dominant. Typiquement entre **800m et 1200m.**
Caractéristiques Turbine	Type de Turbine		Turbine à axe vertical (**VAWT**) et Turbine à axe horizontal (**HAWT**) sont possibles
	Vitesses de vent au démarrage		**3m/s**
	Vitesse de vent entrainant une coupure		**25 m/s**
	Poids Nacelle		Pas de nacelle sur les turbines à axe vertical.
	Hauteur de mât		Entre **70** et **100m**
	Diamètre de Pâles		Entre **100m** et **150m**
	Puissance Nominale		Entre **3 MW** et **8 MW**
Economics et Autres	CAPEX Flotteur		Dans le cadre des premières fermes : **1,5 M€/MW**
	CAPEX Turbine		Environ **1,1 M€/MW**
Projets et Planning	Objectif Premiere eolienne raccordée		Nénuphar : **2017** Idéol : Printemps **2016**
	Taille mini parcs commerciaux envisagés		**30 MW**
	Objectif Premiere ferme commerciale		Nénuphar : **2020** Idéol : **2020** au Japon

Figure 11: Synthèse données techniques

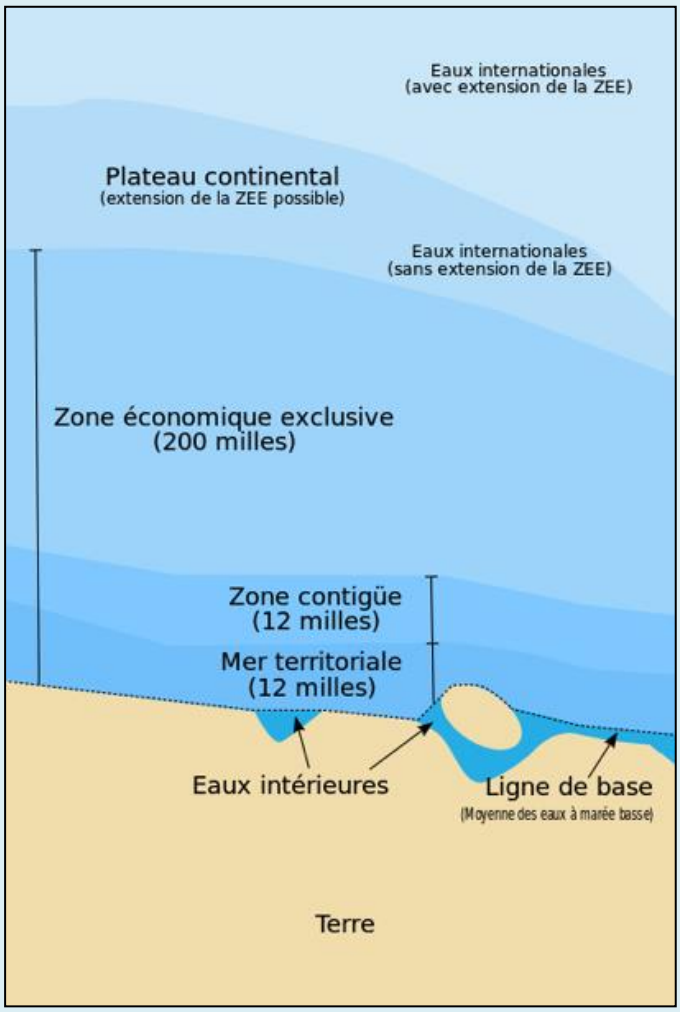
3. Contexte socio-économique

3.1. Situations administratives et foncières

3.1.1. Autorisations nécessaires

L'article R. 421-8-1 du code de l'urbanisme dispense les éoliennes offshore implantées sur le domaine public maritime immergé au-delà de la laisse de basse mer de toute formalité au titre du code de l'urbanisme. Cette dispense concerne également les ouvrages de raccordement au réseau public d'électricité.

De même, si la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) vise les éoliennes terrestres à travers la rubrique 2980, les éoliennes en mer échappent totalement à cette législation. Le Conseil d'Etat a justifié cette différence de traitement en raison d'une "*différence de situation en ce qui concerne les effets de ces installations et les dangers ou inconvénients qu'elles présentent*".



Les différentes zones du droit de la mer, définies par la convention de Montego Bay (1982).

- La mer territoriale s'étend jusqu'à 12 miles des côtes. L'État exerce sa souveraineté sur les eaux territoriales : sur la nappe d'eau, mais aussi sur le fond et le sous-sol ainsi que sur l'espace aérien surjacent. Les navires étrangers, qu'il s'agisse de navires de commerce ou de navires de guerre, ont un droit de passage inoffensif dans la mer territoriale.
- La zone économique exclusive est d'une largeur maximale de 200 milles (370 km) au-delà des lignes de base. L'État côtier dispose de « droits souverains aux fins d'exploration et d'exploitation, de conservation et de gestion des ressources naturelles, des eaux surjacentes aux fonds marins, des fonds marins et de leur sous-sol ». De plus, l'État côtier détient les droits souverains en ce qui concerne les autres activités tendant à l'exploitation et à l'exploration de la ZEE à des fins économiques comme la production de l'énergie via le vent ou les courants marins. L'État côtier possède également le droit exclusif de procéder à la construction et d'autoriser et de réglementer la construction, l'exploitation et l'utilisation d'îles artificielles, installations et ouvrages.
- Au-delà de la ZEE se trouve la haute mer. L'ordre juridique qui s'y applique est celui des autorités de l'État dont le navire bat le pavillon.

Source : Wikipédia.

Au final deux autorisations administratives seulement doivent être en principe délivrées en vue d'installer un parc éolien offshore : d'une part, une autorisation d'occupation du domaine public et, d'autre part, une autorisation au titre de la protection de l'eau, des milieux aquatiques et marins.

- Concession d'utilisation du domaine public maritime :

Les éoliennes offshore étant implantées sur le sol et le sous-sol de la mer territoriale qui font partie du domaine public maritime, les maîtres d'ouvrage doivent obtenir une concession d'utilisation du domaine public approuvée par arrêté préfectoral. L'objectif de cette autorisation est de contrôler la compatibilité de l'implantation avec l'affectation et la conservation de cet espace.

Ces concessions ne peuvent être conclues pour une durée supérieure à 30 ans. La demande de concession doit comprendre l'étude d'impact exigée par le code de l'environnement, ainsi que les modalités de suivi de l'installation et la nature des opérations de remise en état en fin d'utilisation. Le CGPPP (Code Général de la Propriété des personnes publiques) prévoit la

possibilité pour l'Etat d'exiger la constitution de garanties financières dont le montant est établi compte tenu du coût estimé des opérations de remise en état, de restauration ou de réhabilitation du site.

Le projet doit faire l'objet d'une série de consultations : préfet maritime, service chargé des affaires maritimes, autorités militaires intéressées, directeur départemental des finances publiques, commission nautique, communes intéressées… Il doit également faire l'objet d'une enquête publique préalablement à son approbation par arrêté préfectoral.

- Autorisation au titre de la loi sur l'eau :

La deuxième autorisation requise relève de la législation sur l'eau. La rubrique 4.1.2.0 de la nomenclature "eau" soumet en effet à autorisation les ouvrages d'un montant supérieur ou égal à 1.900.000 euros "*réalisés en contact avec le milieu marin et ayant une incidence directe sur ce milieu*". Les éoliennes offshore peuvent également être concernées par la rubrique 4.1.3.0 qui vise le rejet de sédiments en milieu marin.

Le dossier de demande d'autorisation réalisé à ce titre doit comporter un document d'incidence. Conformément à l'article R. 214-6 du code de l'environnement, l'étude d'impact exigée au titre du code de l'environnement peut tenir lieu de document d'incidence exigé par la législation sur l'eau, dès lors qu'elle contient les informations demandées. Le projet est également soumis à enquête publique au titre de l'article R. 214-8 du code de l'environnement.

- D'autres procédures potentiellement exigibles

Le premier avis rendu par l'Autorité environnementale du CGEDD sur un projet de parc éolien en mer, celui de Courseulles-sur-Mer (Calvados), montre que d'autres procédures peuvent être exigées par le projet. En l'espèce, une déclaration d'utilité publique (DUP) valant mise en conformité du plan local d'urbanisme (PLU) des différentes communes concernées a été nécessaire. Une demande de dérogation au titre des espèces protégées est également prévue par RTE, à qui l'Etat a confié la maîtrise d'ouvrage et la gestion du raccordement des parcs éoliens offshore.

- Des installations soumises à étude d'impact et enquêtes publiques

L'annexe de l'article R. 122-2 du code de l'environnement soumet à étude d'impact toutes les installations maritimes de production d'énergie, donc les éoliennes offshore, de même que les ouvrages de transport et de distribution d'électricité.

En ce qui concerne l'information du public, les parcs éoliens sont concernés à la fois par la procédure du débat public et par celle de l'enquête publique. En vertu de l'article R. 121-2 du code de l'environnement, la Commission nationale du débat public (CNDP) est saisie de droit

des projets d'équipements industriels, dont le coût des bâtiments et des infrastructures, est supérieur à 300 millions d'euros.

Un débat public a effectivement eu lieu autour des trois premiers parcs éoliens offshore français entre le 20 mars et le 20 juillet 2013.

En ce qui concerne l'enquête publique, celle-ci est exigée dans le cadre tant de la procédure d'autorisation au titre de la loi sur l'eau, que de la concession du domaine public maritime ou de la déclaration d'utilité publique si elle se révèle nécessaire. Tout comme pour les études d'impact, se pose toujours la question d'une jonction effective des différentes enquêtes publiques nécessitées par ces procédures.

3.1.2. Projet d'autorisation unique

Face à la multiplicité des démarches administratives nécessaires pour la réalisation de projet EMR, un projet de loi a été présenté en juin 2014 afin de proposer une autorisation unique en matière d'urbanisme et d'environnement en mer.

L'ordonnance autorisera les préfets à délivrer une décision unique pour tous les projets "*situés sur le domaine public maritime, les liaisons électriques intérieures aux installations correspondantes et les postes de livraison d'électricité qui leur sont associés*"[1].

Elle déterminera les conditions dans lesquelles cette décision préfectorale pourra tenir lieu des autorisations, déclarations, approbations et dérogations requises pour le projet au titre du code de l'environnement, du code forestier, du code de l'urbanisme, du code de l'énergie, du code général de la propriété des personnes publiques et, le cas échéant, de l'autorisation unique au titre de la loi sur l'eau. Le texte précisera également les conditions de contrôle, les sanctions administratives et pénales en cas de non-respect de ces dispositions, ainsi que les possibilités de recours contre la décision du préfet.

L'ordonnance devra être prise par le Gouvernement dans un délai de 18 mois à compter de la publication de la loi. Un projet de loi de ratification devra être déposé devant le Parlement dans un délai de cinq mois après la publication de l'ordonnance.

[1] Projet de loi relatif à la simplification de la vie des entreprises, présenté en assemblée le 25 juin 2014.

3.2. Servitudes et réglementations maritimes

3.2.1. Epaves et obstructions

Un projet de cartographie archéologique a été confié au Centre d'étude du et de Recherches Caribéennes (CERC) sous la direction de l'Université des Antilles. Les reconnaissances réalisées dans ce cadre ont permis d'inventorier 72 sites et plus de 500 épaves. Néanmoins la localisation de ces sites n'est pas disponible à ce jour (AAMP, 2013).

Les sites particulièrement prospectés sont situés à l'Anse à la Barque et au Moule. L'Anse à la Barque comporte des épaves napoléoniennes (7 localisées et 4 ou 5 restantes à découvrir d'après les archives) et plusieurs canons. Le port du Moule, 1er port sucrier de Guadeloupe, comporte des objets de la vie courante du début XVIIIe siècle, témoignant des échanges entre la métropole et les colonies.

D'autres sites archéologiques sont présents à l'entrée du port de Pointe-à-Pitre, près de la côte du Gosier (*voir figure ci-dessous*).

Quelques projets relatifs au patrimoine archéologique sous-marin sont à l'étude (AAMP, 2013) :

- Chantier école à l'entrée du port de Pointe-à-Pitre ;
- Diagnostic de la rade de Pointe-à-Pitre par le GPMG, dans le cadre du Programme de Développement Durable ;
- Site archéologique artificiel proposé par l'association PREPASUB dans le périmètre du Parc National de Guadeloupe. Localisation non connue à ce jour.

Notons également la présence d'épaves coulées volontairement pour l'attrait touristique (plongée sous-marine). Ainsi 3 épaves ont été coulées sur le littoral de Bouillante.

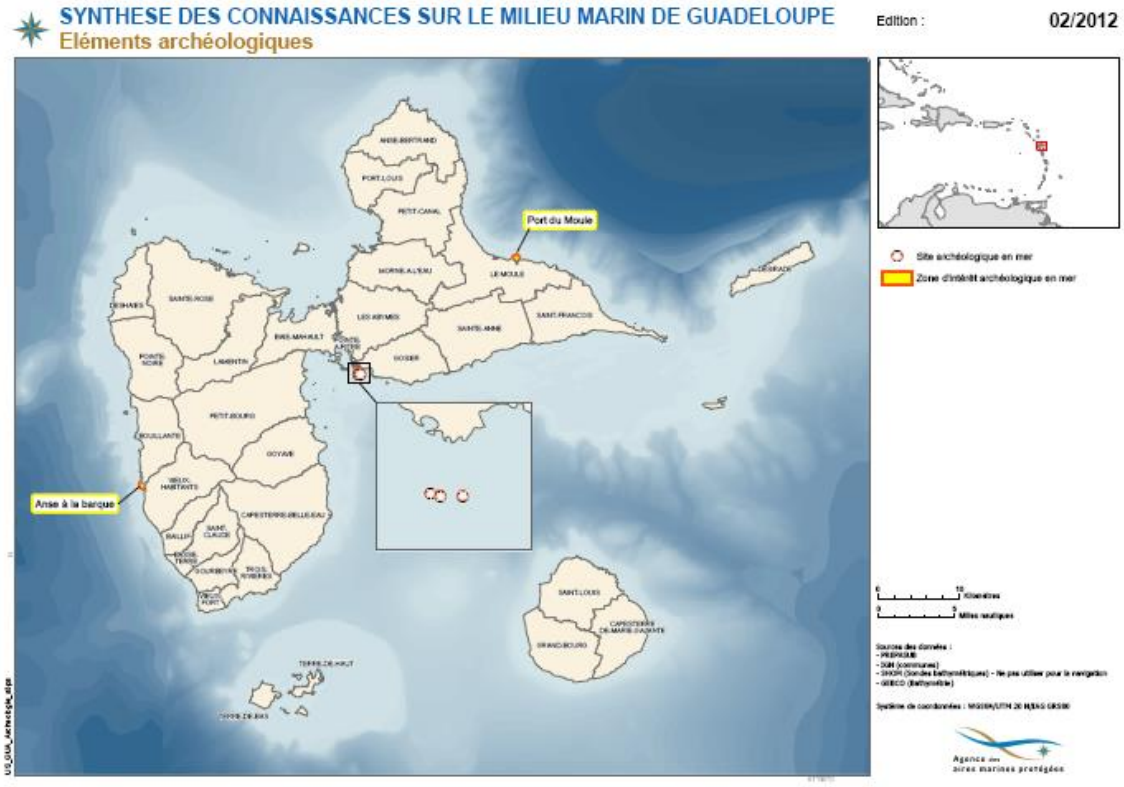


Figure 12 : localisations des zones d'épaves

3.2.2. Câbles et conduites sous-marins

Des conduites sous-marines d'alimentation en eau potable ainsi que des câbles sous-marins connectent les différentes îles de l'archipel guadeloupéen entre elles (SHOM, SIEAG, 2011, SMVM, 2011 et CREOCEAN, 2013).

Une canalisation d'alimentation en eau potable relie Trois-Rivières aux Saintes (Terre-de-Haut). Elle a été mise en service en 1994. Toujours en service, elle descend au point le plus bas sur -320 m de profondeur et mesure environ 13 830 m de long. Deux câbles sous-marins connectent également Trois-Rivières à Terre-de-Haut, l'un est en service, l'autre est hors-service.

Une canalisation d'alimentation en eau potable relie Terre-de-Haut à Terre-de-Bas (Les Saintes), elle est posée au plus profond sur environ - 25 m et mesure environ 1 650 m. Deux câbles sous-marins relient également Terre-de-Haut et Terre-de-Bas, ils sont tous deux en service.

Une canalisation d'alimentation en eau potable relie La Pointe des Châteaux (Saint-François) et La Désirade, elle a été mise en service en 1991. Elle descend au plus profond sur environ – 65 m et mesure environ 14 560 m de long. Un câble électrique sous-marin, en service, relie également la Pointe des Châteaux et La Désirade.

Trois câbles électriques sous-marins, relient Marie-Galante (Saint-Louis) et la Basse-Terre (Capesterre-Belle-Eau), l'un passant au Nord du Banc Colombie, les deux autres passant au Sud du Banc Colombie. Ces câbles sont toujours en service.

Une zone de câbles sous-marins est présente au départ de l'let du Gosier, en direction du Sud. La terminaison de ces câbles n'est pas précisée sur les cartes SHOM. Elle est néanmoins située au niveau de l'isobathe - 200 m au Sud de l'îlet. Dans cette zone, le mouillage est interdit.

Un câble en service part du Bourg de Sainte-Marie vers le Sud de l'archipel guadeloupéen. Il passe à l'Ouest du Banc Colombie et à l'Est des Saintes, par des fonds de plus de 200 m de profondeur.

Un câble sous-marin en service relie Baie-Mahault (Jarry) et Baillif, au Nord de la Pointe des Pères. Celui-ci quitte le Petit-Cul-de-Sac Marin en passant au Nord de la Caye à Dupont, contourne le Sud de la Basse-Terre sur des fonds de plus de 300 m de profondeur, empruntant le Canal des Saintes avant de rejoindre Baillif.

Un câble sous-marin au départ de Baillif (Pointe des Pères) se dirige au large vers le Nord-Est en direction de Monserrat.

Un câble sous-marin relie Sainte-Rose (entre les pointes Nogent et Madame), passant pas la Passe de la Grande Coulée puis se dirige au large vers le Nord-Est et Montserrat.

Un projet de câble électrique est actuellement en projet devant relié Capesterre à Folle Anse.

3.3. Servitudes et radars

Les éoliennes sont susceptibles d'interférer avec le fonctionnement des radars.

Les éoliennes n'émettent pas d'ondes électromagnétiques dans les gammes des fréquences utilisées par les radars considérés et ne sont donc pas des brouilleurs actifs. Ce sont les pièces fixes ou mobiles massives des éoliennes qui provoquent passivement une dégradation des performances des radars lorsqu'elles sont dans leur rayon de visibilité. Par ailleurs, le cas des éoliennes est particulier comparé à l'impact que pourraient créer d'autres obstacles (immeubles, pylônes,..) principalement à cause de leur taille, des schémas de déploiement de ces aérogénérateurs, des caractéristiques des matériaux utilisés et surtout du caractère mobile des pales, susceptibles d'engendrer un effet assimilable à un rotor d'hélicoptère ou un champ de vents. Les perturbations engendrées sont aléatoires en fonctions de très nombreux paramètres :

- Site (dégagé ou non) ;
- Hauteur de l'éolienne ;
- Éléments conducteurs des pâles ;

- Rotation des pâles ;
- Rapport longueur de pâle/ longueur d'onde du signal ;
- Surface des pâles ;
- Matériaux utilisés.

Ces perturbations électromagnétiques concernent particulièrement les radars de l'Aviation Civile, de la Défense Nationale, des ports et les radars de Météo France, et peuvent donc altérer la détection des mouvements aériens, marins et phénomènes météorologiques dangereux. Il s'agit donc d'un enjeu de sécurité publique.

3.3.1. Radar Météo-France

Les effets des éoliennes sur les radars météorologiques sont de 3 types (*Rapports Perturbations du fonctionnement des radars météorologiques par les éoliennes – rapport CCE5 n°1, 2005, ANFR et Guide de la perturbation du fonctionnement des radars par les éoliennes, 2007 , ANFR*) :

- Blocage du faisceau d'ondes électromagnétiques et diminution ou perte de détection du signal utile reçu,
- Echos fixes résultant des signaux réfléchis par les éoliennes,
- Perturbations des mesures Doppler et données erronées de vent.

Un seul radar météorologique est présent sur le territoire la Guadeloupe. Il est situé sur la commune du Moule. Il s'agit d'un radar de bande de fréquence S (plage de fréquence 2-4GHz, longueur d'onde 3,75-7,5cm).

L'article 4 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 6 novembre 2014 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent fixe les distances minimales d'éloignement des radars de l'aviation et des radars météorologiques.

Pour le radar Météo France du Moule, de bande de fréquence S, la distance minimale d'éloignement est de 30 km.

Toutefois, les distances minimales d'éloignement pourront être moindres, si l'exploitant fournit une étude des impacts cumulés sur les risques de perturbations des radars météorologiques par les aérogénérateurs implantés en deçà des distances minimales d'éloignement.

	DISTANCE de protection en kilomètres	DISTANCE MINIMALE d'éloignement en kilomètres
de bande de fréquence C	5	20
Radar de bande de fréquence S	10	30
Radar de bande de fréquence X	4	10

A ce stade de l'étude, il est préférable d'exclure **tous projets dans un rayon de 30 km autour du radar.**

3.3.2. Servitudes légales de l'Aviation Civile

3.3.2.1.Servitudes aéronautiques

3.3.2.1.1.*Le plan de servitudes aéronautiques (PSA)*

L'espace aérien environnant un aérodrome doit être protégé vis-à-vis des obstacles afin de permettre aux aéronefs amenés à l'utiliser d'évoluer avec la sécurité voulue. Des procédures aériennes tenant compte de nombreux paramètres, parmi lesquels l'environnement physique de l'aérodrome, sont établies et publiées à l'attention des usagers aériens. Le respect de ces procédures garantit donc le franchissement des obstacles avec les marges de sécurité requises pendant la phase non visuelle du vol.

Les servitudes aéronautiques ont pour rôle d'éviter que de nouveaux obstacles ne viennent remettre en cause ce qui avait été accepté au moment de leur établissement. Le plan de servitudes aéronautiques (PSA) fait l'objet d'une procédure administrative d'instruction et d'approbation lourde comportant notamment une enquête publique. Il est établi sur la base du dispositif de piste(s) et de son mode d'exploitation qui a été défini pour garantir le développement au stade ultime de l'aérodrome. Le PSA s'adresse aux riverains de l'aérodrome qui ne pourront pas librement aménager ou construire de nouveaux équipements qui ne respecteraient pas les cotes altimétriques définies.

- L'art. D.242-7 du Code de l'Aviation Civile stipule que les constructions, les plantations et les obstacles de toute nature, dont l'implantation est projetée dans une zone grevée

de servitudes aéronautiques de dégagement, doivent être conformes aux prescriptions établies en application de l'article D.241-4, aux dispositions particulières du plan de servitudes aéronautiques de dégagement (PSA) et aux mesures provisoires de sauvegarde.

- L'art. D.241-4 précise les spécifications techniques à la base de l'établissement des servitudes fixées par arrêté du Ministre chargé de l'Aviation Civile ou du Ministre des armées.

Approuvées par arrêté ou décret, ces servitudes aéronautiques de dégagement sont représentées sur un plan de servitudes de dégagement, sur fond de carte IGN, qui délimite des zones à l'intérieur desquelles la hauteur des constructions est réglementée.

En Guadeloupe, ce plan de servitudes aéronautiques de dégagement est actuellement en cours de révision. Il n'est pas validé et le sera d'ici fin 2012.

Ce plan n'est donc communicable à ce jour. L'arrêté du 7 juin 2007 fixe les spécifications techniques destinées à servir de base à l'établissement des servitudes aéronautiques, à l'exclusion des servitudes radioélectriques.

Après enquête publique et approbation par arrêté ministériel du plan de servitude de dégagement aéronautique, il devient opposable aux tiers et ne peut donc faire l'objet d'une quelconque dérogation.

A l'aide de ce plan de servitudes aéronautiques de dégagement, l'Aviation Civile étudie la compatibilité des projets éoliens avec la sécurité de la navigation aérienne sur le territoire et formule ensuite un avis favorable ou non au projet.

Le porteur de projet est donc invité à se rapprocher des services de la DGAC de manière à prendre connaissance de ce plan de dégagement aéronautique et de s'assurer de la faisabilité de son projet.

3.3.2.1.2.*Servitudes aéronautiques de balisage*

Certains obstacles, comme les éoliennes, doivent obligatoirement mettre en place des dispositifs visuels ou radioélectriques destinés à signaler leur présence aux navigateurs aériens (article L6351-6 à L6351-9 du Code des Transports).

3.3.2.2.Servitudes radioélectriques

Pour obtenir un bon fonctionnement des télécommunications radioélectriques, il faut prendre certaines précautions pour les garantir des obstacles, des perturbations électromagnétiques ou des interférences, en tenant compte des particularités de propagation des ondes des diverses fréquences utilisées.

Des servitudes radioélectriques sont donc établies. Ces servitudes sont de deux sortes : celles qui protègent les réceptions radioélectriques contre les perturbations électromagnétiques et celles qui protègent les télécommunications radioélectriques contre les obstacles.

3.3.2.2.1.*Servitudes radioélectriques de protection contre les obstacles*

Les équipements radioélectriques de communication, navigation et de surveillance permettent de garantir la sécurité des vols et la régularité au trafic.

Cependant, la sécurité des vols peut être affectée par la perturbation des rayonnements émis ou reçus à cause d'obstacles (dont les éoliennes peuvent faire partie).

Des servitudes radioélectriques de protection contre les obstacles réglementent ou interdisent les obstacles potentiels aux transmissions radioélectriques liées à la navigation et la sécurité aérienne.

Ces servitudes répondent aux dispositions édictées par le Code des Postes et des Communications électroniques (articles L. 54 à L. 56 et R. 21 à R. 26).

Le décret du 10 août 1994 fixe l'étendue des zones et servitudes de protection contre les obstacles applicables au voisinage du centre radioélectrique de Pointe à Pitre-aérodrome.

Dans les zones et secteurs de dégagement créés par ces servitudes, la création d'obstacles est soumise, sauf autorisation du Ministre chargée de l'Aviation Civile, à différentes obligations. Ces obligations portent sur les hauteurs des constructions et rendent donc les projets éoliens peu compatibles avec ces zones de servitudes radioélectriques de protection contre les obstacles.

3.3.2.2.2.*Servitudes radioélectriques de protection contre les perturbations électromagnétiques*

Ces servitudes visent à éviter les brouillages provoqués par des appareils électriques ou émetteurs radioélectriques. Elles prévoient, des obligations à respecter, dans un rayon de 1000 m autour des équipements sensibles.

Ces servitudes répondent aux dispositions édictées par le Code des Postes et des Communications électroniques (articles L. 57 à L 62 et R. 27 à R. 38).

Le décret du 23 septembre 1994 fixe l'étendue des zones et les servitudes applicables au voisinage du centre radioélectrique de Pointe à Pitre - aérodrome pour la protection des réceptions radioélectriques contre les perturbations électromagnétiques.

Dans la zone de protection radioélectrique, il est interdit aux propriétaires ou usagers d'installations électriques de produire ou de propager des perturbations se plaçant dans la gamme d'ondes radioélectriques reçue par le centre et présentant pour les appareils du centre un taux de gravité supérieur à la valeur compatible avec l'exploitation du centre.

Dans la zone de garde radioélectrique, il est interdit de mettre en service du matériel électrique susceptible de perturber les réceptions radioélectriques du centre ou d'apporter des modifications à ce matériel, **sans l'autorisation du Ministre** dont les services exploitent ou contrôlent le centre.

La localisation dans une zone urbanisée, et la faible emprise de ces servitudes radioélectriques liées à l'Aviation Civile, ne constituent pas un obstacle majeur au développement de parcs éoliens offshore sur le territoire guadeloupéen.

3.3.2.3.Radars de l'aviation civile

Sur le territoire guadeloupéen, l'Aviation Civile dispose de 2 radars :

- Un radar secondaire à Chazeau ;
- Un dispositif type VOR situé au Raizet.

L'Aviation Civile dispose également d'une balise située sur la commune du Lamentin, à Blachon.

L'article 4 de l'arrêté du 26 août 2011 fixe, pour les radars de l'Aviation Civile, des distances minimales d'éloignement :

- De 15 km autour du radar de type VOR du Raizet,
- De 16 km autour du radar secondaire de Chazeau.

Cela signifie qu'un projet éolien à l'intérieur d'un de ces périmètres nécessitera l'avis favorable écrit du ministère en charge de l'aviation civile ou de l'autorité portuaire en charge de l'exploitation du radar.

3.3.3. Servitudes militaires

L'Armée de l'Air n'est plus présente sur le territoire de la Guadeloupe depuis juillet 2011.

La Base aérienne 365 du Lamentin en Martinique ne présente aucune restriction pour la Guadeloupe.

Les servitudes de la Défense Nationale concernent les systèmes de télécommunications, c'est-à-dire les transmissions radios et satellitaires.

Deux types de servitudes liées à la Défense Nationale existent en Guadeloupe, autour du point de référence situé au Camp Dugommier à la Jaille :

- Les servitudes radioélectriques contre les perturbations électromagnétiques, établies conformément aux dispositions du Code des postes et télécommunications électroniques (art. L57 à 62 etR27 à 38).

  Il est créé autour du centre :

  - Une zone de protection radioélectrique de 1000 m de rayon ;
  - Une zone de garde radioélectrique de 500 m de rayon.

- Les servitudes radioélectriques contre les obstacles, établies conformément aux dispositions du Code des postes et télécommunications électroniques (art. L57 à 62 et R27 à 38).

  Il est créé autour du centre :

  - Une zone primaire de dégagement de 250 m de rayon ;
  - Une zone secondaire de dégagement de 300 m de rayon.

Dans le périmètre de zone de protection radioélectrique (contre les perturbations radioélectriques, 1000 m de rayon autour du centre), défini plus haut, il est interdit aux propriétaires ou usagers d'installations électriques de produire ou de propager des perturbations se plaçant dans la gamme d'ondes radioélectriques reçues par le centre et présentant pour le appareils du centre un degré de gravité supérieur à la valeur compatible avec l'exploitation du centre.

Dans la zone de garde radioélectrique (contre les perturbations radioélectriques, 500 m de rayon autour du centre), il est interdit de mettre en service du matériel électrique susceptible de perturber les réceptions radioélectriques du centre ou d'apporter des modifications à ce matériel, sans l'autorisation du Ministre dont les services exploitent ou contrôlent le centre.

Dans les zones de dégagement contre les obstacles définies plus haut, il est interdit, sauf autorisation du Ministère de la Défense, de créer ou de conserver des obstacles fixes ou mobiles dont la partie la plus haute excède les côtes définies ci-après :

- Point A de référence pris comme origine des côtes : 7 m NGG
- Côtes maximales autorisées dans la zone primaire de dégagement (250 m autour du
- centre): 17 m NGG

- Côtes maximales autorisées dans la zone secondaire de dégagement (300 m autour du centre) : 22 m NGG.

En l'absence de base aérienne militaire en Guadeloupe, les servitudes liées à la défense Nationale restent limitées à des servitudes de protection radioélectrique contre les perturbations électromagnétiques et les obstacles.

Pour tout projet à l'intérieur de ces zones de servitudes, l'autorisation du Ministre de la Défense, après étude des impacts potentiels du projet, est nécessaire.

La localisation dans une zone urbanisée, et la faible emprise de ces servitudes liées à la Défense, ne constituent pas un obstacle majeur au développement de parcs éoliens offshore sur le territoire guadeloupéen.

3.4. Usages maritimes et récréatifs

3.4.1. Routes maritimes

3.4.1.1.Transport de marchandises

Le trafic maritime de Guadeloupe est concentré dans le Sud de l'île, avec environ 70 navires commerciaux qui font escale en Guadeloupe chaque mois, **à l'heure actuelle** (*voir le paragraphe relatifs aux ports pour les changements en cours*).

Le GPMG concentre l'essentiel de l'activité portuaire de l'île. Celle-ci s'étend sur 5 sites :

- Le port de Jarry – Baie-Mahault (transport de marchandises et transport d'hydrocarbures pour EDF et la SARA). Ce port est en extension actuellement ;
- Le port de Pointe-à-Pitre (transport de passagers et cabotage – inter-îles et croisiéristes) ;
- Le port de Basse-Terre (passagers inter-îles, cargos, rouliers, croisiéristes) ;
- L'appontement de Folle-Anse à Marie-Galante (transport de sucre, rouliers) ;
- Le port de plaisance de Bas-du-Fort (plaisanciers).

Les autres ports disposants d'infrastructures dédiées au trafic de marchandise sont les ports départementaux de Terre de haut et Terre-de-Bas (Les Saintes) ainsi que de La Désirade.

3.4.1.2.Transport de passagers

Le transport de passagers se scinde en deux types :

- le transport inter-île : rotations entre les îles de Guadeloupe, Martinique, Saint-Martin Sainte-Lucie et Dominique. Les départs se font depuis Pointe-à-Pitre ;
- Le transport intra-archipel : rotations entre les îles de Grande-Terre, Basse-Terre, Petite-Terre, La Désirade, Marie-Galante et Les Saintes. Ces rotations se font au départ de Pointe-à-Pitre, Le François, Sainte-Anne, Trois-Rivières, Basse-Terre, Grand-Bourg de Marie-Galante, La Désirade, Terre-de-Haut et Terre-de-Bas.

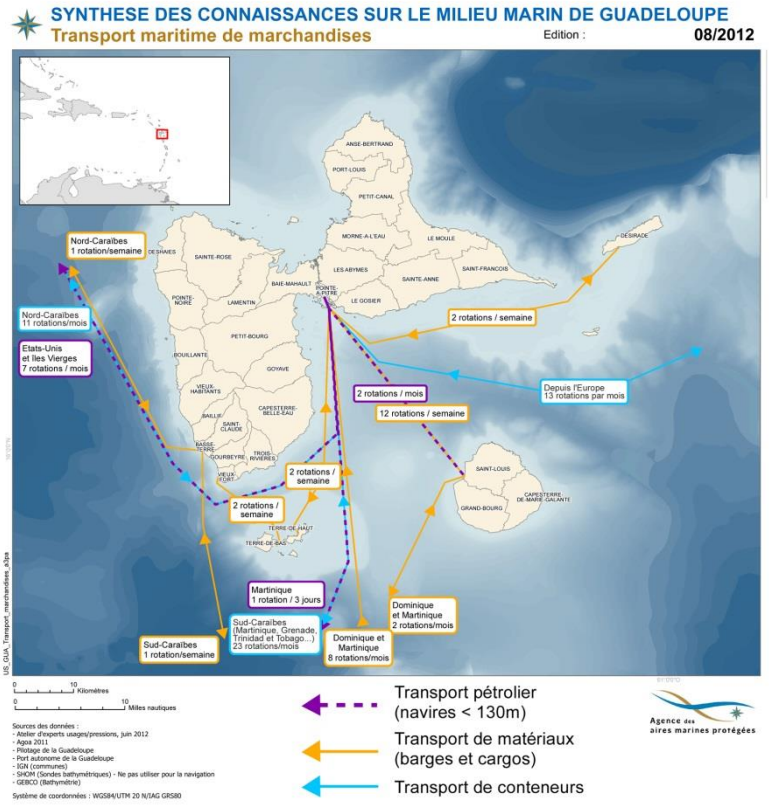
  Le transport intra-archipel concentre 71,7% du transport de passagers de Guadeloupe (IEDOM, 2010 dans AAMP, 2013)

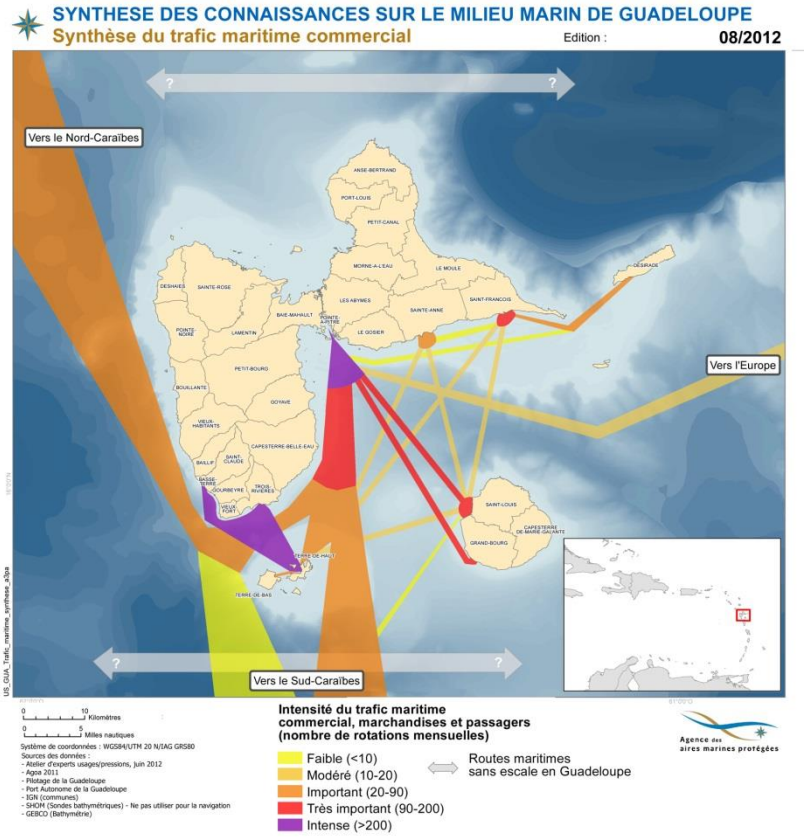
3.4.1.3.Croisiéristes

Peu de croisiéristes font escale en Guadeloupe à l'heure actuelle, avec 29 escales programmées en 2010/2011 plus 17 bateaux faisant escale aux Saintes chaque saison et 3 ou 4 escales programmées dans la baie de Saint-Louis de Marie-Galante chaque année également.

Les cartes ci-dessous présentent succinctement les axes de transport de marchandise, de passagers et croisiéristes dans les eaux de Guadeloupe.

A noter que le trafic est plus intense dans le triangle formé par le Petit-Cul-de-Sac Marin, la commune de Basse-Terre et les Saintes ainsi que sur la route du Petit-Cul-de-Sac Marin vers Grand-Bourg de Marie-Galante et Saint-François.


SYNTHESE DES CONNAISSANCES SUR LE MILIEU MARIN DE GUADELOUPE
Transport maritime de marchandises
Edition : 08/2012
Nord-Caraïbes
1 rotation/semaine
Nord-Caraïbes
11 rotations/mois
Etats-Unis
et Iles Vierges
7 rotations / mois
2 rotations / semaine
Depuis l'Europe
13 rotations par mois
2 rotations / mois
12 rotations / semaine
2 rotations / semaine
2 rotations / semaine
Martinique
1 rotation / 3 jours
Dominique
et Martinique
2 rotations/mois
Sud-Caraïbes
(Martinique, Grenade,
Trinidad et Tobago...)
23 rotations/mois
Dominique et
Martinique
8 rotations/mois
Sud-Caraïbes
1 rotation/semaine
Transport pétrolier
(navires < 130m)
Transport de matériaux
(barges et cargos)
Transport de conteneurs
Agence des aires marines protégées


SYNTHESE DES CONNAISSANCES SUR LE MILIEU MARIN DE GUADELOUPE
Synthèse du trafic maritime commercial
Edition : 08/2012
Vers le Nord-Caraïbes
Vers l'Europe
Vers le Sud-Caraïbes
Intensité du trafic maritime
commercial, marchandises et passagers
(nombre de rotations mensuelles)
Faible (<10)
Modéré (10-20)
Important (20-90)
Très important (90-200)
Intense (>200)
Routes maritimes
sans escale en Guadeloupe
Agence des aires marines protégées

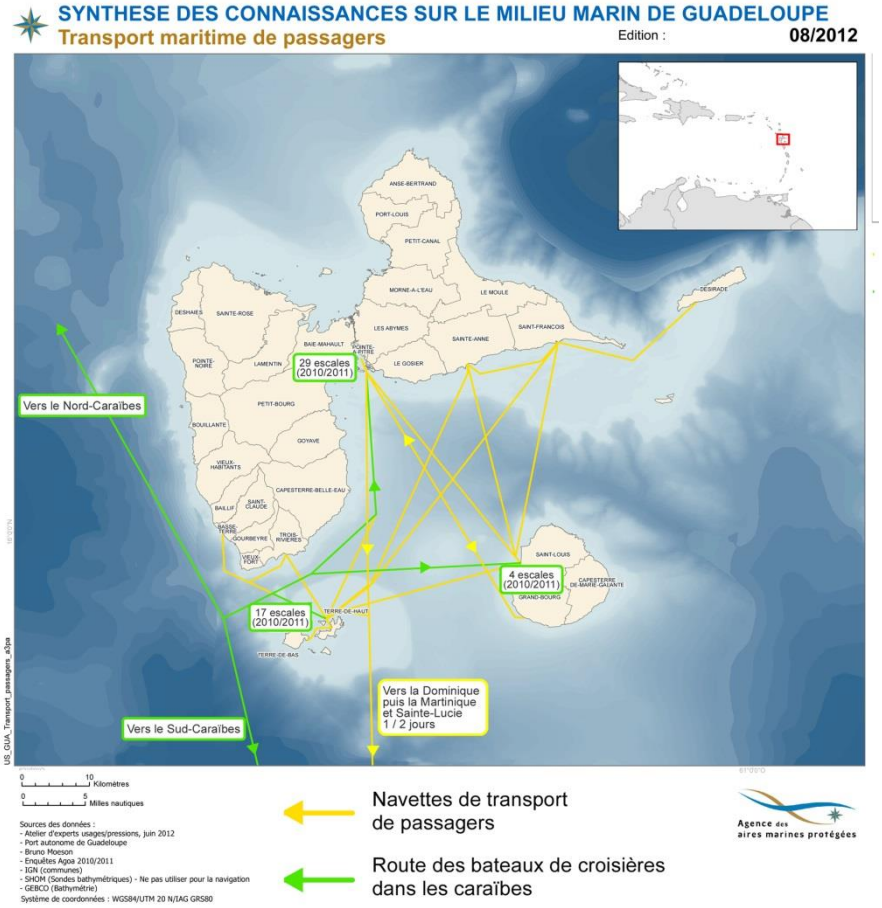


Figure 13 : synthèse des connaissances sur le milieu marin de Guadeloupe

3.4.2. Activité nautiques

3.4.2.1.Activités nautiques hors plaisance

Le littoral guadeloupéen fait l'objet de nombreuses activités nautiques (AAMP, 2013) :

- Plongée sous-marine :

  La plongée sous-marine se pratique sur toutes les cotes de Guadeloupe sauf les cotes battues de Grande-Terre et de Marie-Galante ;

- Baignade :

  Les plages les plus fréquentées sont celles du Moule, de la Riviera, de Bouillante, les Saintes, Marie-Galante et Ilet Caret ;

- Voile légère (catamarans, dériveurs, planche à voile) :

Les zones de pratique importante sont le Petit-cul-de-sac Marin (Goyave), Sainte-Anne, et Saint-François. La planche à voile est plus particulièrement pratiquée le long du littoral de Gosier à Saint-François et près de Vieux-Fort ;

- Voile traditionnelle :

  Des courses de voile traditionnelle de Guadeloupe ont lieu tout autour de la Guadeloupe. Les circuits sont variables, mais les secteurs les plus fréquentés sont ceux de Gosier - François, Goyave, Nord Basse-Terre et Nord Grande Terre, Les Saintes et la Désirade ;

- Sports de glisse :

  Les sites les plus fréquentés sont situés au Moule, à l'Anse Bertrand, à Port-Louis, sur le littoral du Gosier à Saint-François ;

- VNM :

  Le scooter des mers est surtout développé sur le littoral Sud de la Grande-Terre et dans le Grand-Cul de Sac Marin

- Kayak, aviron :

  Activité essentiellement développée entre la Pointe Mahault et Malendure (Basse-Terre) et au Moule. Mais aussi dans la rade de Pointe-à-Pitre, sur le littoral de Goyave et Sainte-Anne ainsi qu'aux Saintes.

- Excursions en mer :

  Pour le whale-watching les excursions sont principalement menées sur la cote sous le vent de la Basse-Terre. Mais aussi, de manière plus anecdotique dans le Sud de l'archipel.

  Les excursions touristiques se font essentiellement dans le Grand-Cul de Sac Marin, autour des ilets Pigeons de la Basse-Terre et sur Petite Terre.

Les activités nautiques ne sont pas un frein en soit au développement d'un parc éolien offshore sur la région Guadeloupe car elles se pratiquent essentiellement aux abords des côtes. Sauf pour les excursions en mer dont le but est de voir des cétacées, dans ce cas elles seront dépendantes de la présence des cétacés (*voir plus loin*).

Néanmoins, se trouvant sur des secteurs présentant des attraits touristiques, le développement de l'éolien y sera plus contraints par l'intérêt paysager de ces sites.

3.4.2.2.La plaisance

En décembre 2011, 14 533 bateaux de plaisance étaient enregistrés à la direction de la Mer de Guadeloupe, soit 1 645 voiliers, 2311 VNM (véhicules nautiques à moteurs ou jet ski) et 10 577 bateaux à moteur.

Trois marinas d'importance sont présentes dans l'archipel guadeloupéen :

- La marina de Bas-du-Fort a la plus grande capacité d'accueil de la Caraïbe (1086 places). Cette marina est remplie à 90%. Le passage dans cette marina est estimé à 1500-2000 bateaux par an dont une majorité de voiliers et de petits bateaux à moteur (6-8 m).
- La marina de Saint François pouvant accueillir environ 200 bateaux.
- La marina de Rivière-Sens (300 places) qui est le seul port de plaisance de la Basse-Terre et qui se situe sur un axe nautique très fréquenté entre les îles Vierges au nord et les îles Grenadines au sud.

Les zones les plus fréquentées par la navigation de plaisance sont en Guadeloupe :

- le Grand cul de-sac Marin,
- le Petit cul-de-sac Marin,
- le lagon de Saint François,
- Deshaies et la côte au droit des îlets Pigeon à Bouillante,
- les dépendances :
  - les Saintes (Terre-de-haut),
  - les îlets de Petite-Terre,
  - la baie de Saint Louis.

L'activité de plaisance n'est pas un frein au développement d'un parc éolien offshore sur la région Guadeloupe. En effet, la pratique de la plaisance s'effectue principalement aux abords des côtes et sur des secteurs présentant des intérêts touristiques.

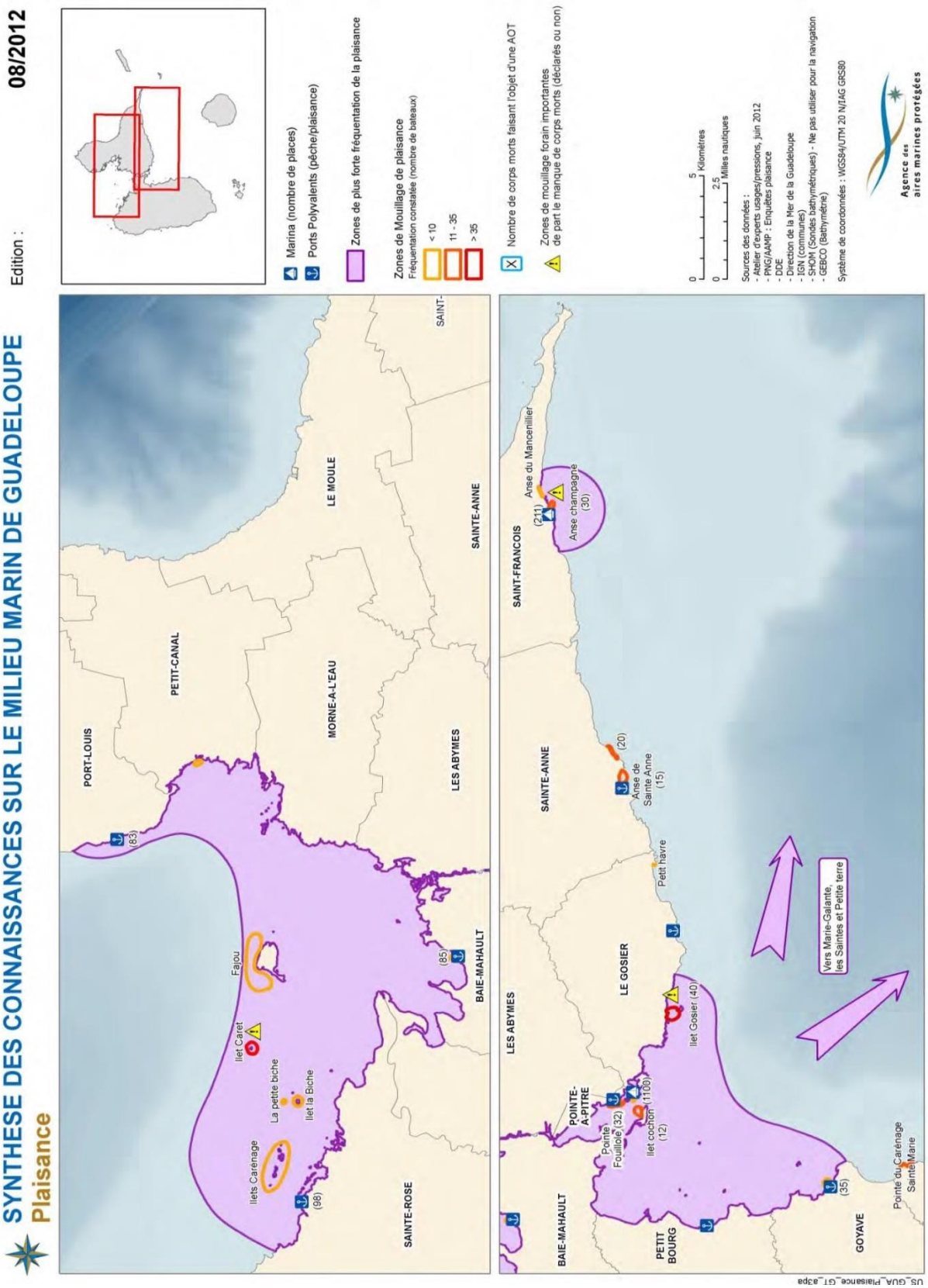


Figure 14 : Synthèse des connaissances sur le milieu marin de Guadeloupe : plaisance

3.5. Activité halieutique

3.5.1. Types de pêche

3.5.1.1.La pêche côtière

La pêche côtière se pratique sur le plateau insulaire entre 0 et 100 m de profondeur. Les engins qui lui sont associés sont peu sélectifs et capturent une grande variété d'espèces (plus de 70 espèces d'intérêt commercial). Les principales espèces visées sont les poissons de récifs, aussi appelés « poissons rouges », tels que le poisson perroquet, le poisson chirurgien, la carangue, le vivaneau, etc...

- La pêche des espèces benthiques ou démersales du plateau insulaire

  Ces activités sont pratiquées de manière importante sur la quasi-totalité du plateau et plus particulièrement sur les côtes des Saintes, de Marie-Galante, entre la Désirade et les îlets de Petite Terre et dans le secteur allant de la pointe de la Grande Vigie au nord de Basse-Terre.

  Les techniques de pêches utilisées sont les suivantes :

  - Le casier ou nasse,
  - Les filets de type sennes et droits,
  - Les palangres et les lignes.

- La pêche des petits poissons pélagiques sur le plateau insulaire

  La pêche des petits pélagiques est surtout pratiquée sur les côtes de Basse Terre, des Saintes et dans le secteur barrière du Grand cul-de-sac marin / Pointe de la Grande Vigie.

  Les techniques de pêches utilisées sont les suivantes :

  - Les sennes à balaous et à orphie,
  - Les sennes à coulirou.

- La pêche des invertébrés

La pêche des invertébrés marins sur le plateau insulaire est pratiqué dans les secteurs de Pointe de la Grande Vigie / barrière du Grand cul-de-sac Marin, des Saintes, de Marie Galante, de Bouillante à Basse-Terre, entre la Désirade et les îlets de Petite Terre et autour de la commune de Saint François.

Les pêches pratiquées sont les suivantes :

- La pêche des lambi,
- La pêche à la langouste,
- La pêche aux oursins.

3.5.1.2.La pêche au large

Les ressources pélagiques exploitées en Guadeloupe sont composées principalement de Scombridés (thazards, thon noir, albacore,…), Coryphénidés (dorade coryphène), Istiophoridés (marlins) et Xiphiidés (espadon).

Les principales espèces pêchées en 2008, en termes de production, sont l'albacore, la coryphène commune et le marlin bleu (ou makaire bleu).

Très peu de pêcheurs pratiquent uniquement la pêche au large ciblant les grands pélagiques. Ces pêcheurs alternent fréquemment la pratique de plusieurs métiers. Les secteurs les plus prospectés se situent dans un périmètre allant de 12 à 24 milles autour de la Guadeloupe. Le secteur Est au-delà des 24 milles est également intensément prospecté.

Les techniques de pêches utilisées sont les suivantes :

- La pêche sur les Dispositifs de Concentration de Poissons (DCP). **Notons que les DCP publics référencés et actuellement en place sont présents majoritairement sur la cote sous le vent** (Cote Caraïbes). Quelques autres se situent dans le **canal entre Grande-Terre et Marie-Galante et un se situe au Sud de Marie-Galante** (cf. cartographie en pages suivantes),
- La pêche à la traîne et la pêche au bidon.

3.5.1.3.La pêche profonde

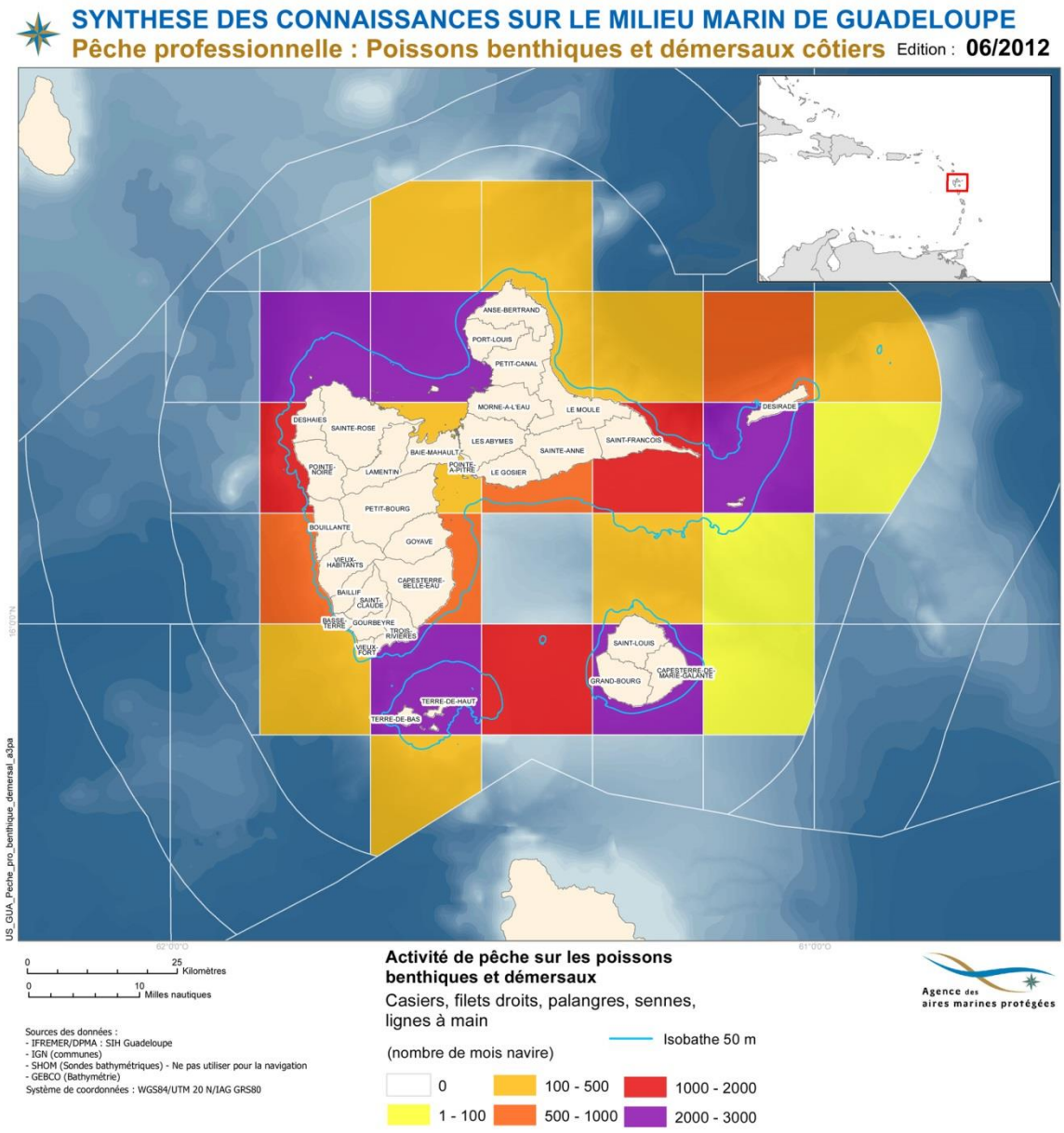
Les métiers liés à ce type de pêche ciblent principalement les vivaneaux et sont peu pratiqués en Guadeloupe à l'exception du secteur compris entre Vieux-Fort et les Saintes.

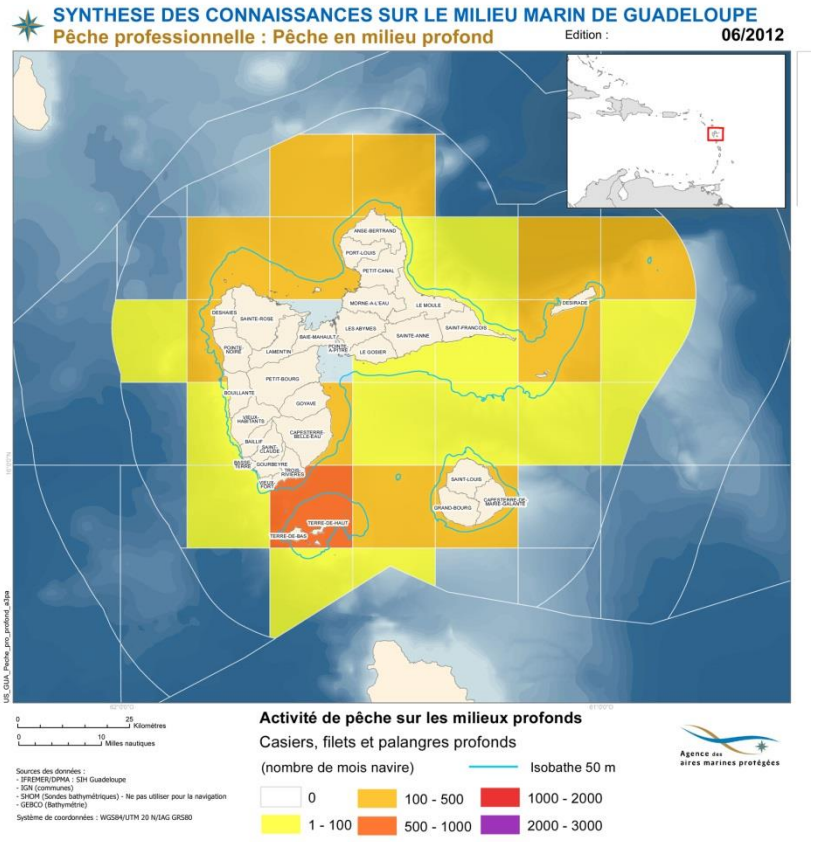
Les techniques de pêches utilisées sont les suivantes :

- Les filets profonds,
- Les palangres de fond,

- Les casiers profonds.

Les cartographies suivantes sont issues de la base de données Cartomer (AAMP, 2013) et présentent l'emprise des différentes techniques de pêches sur le littoral guadeloupéen.





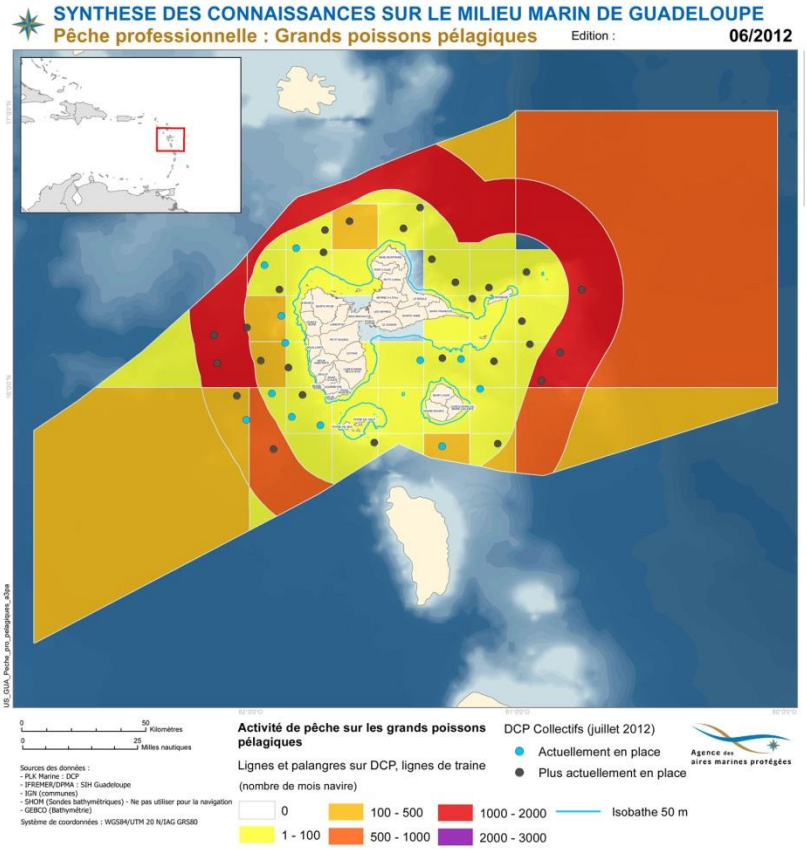


Figure 15 : Synthèse des connaissances sur le milieu marin de Guadeloupe : plaisance

L'implantation d'un parc éolien flottant pourrait entrer en interaction avec certaines activités de pêche sur la zone d'implantation.

Les structures flottantes créeraient a priori un effet de concentration du poisson qui pourrait être un atout pour la pêche.

3.6. Activités aquacoles

Les activités aquacoles sont naissantes à ce jour.

Une seule entreprise, OCEAN SA, produit actuellement une espèce marine : l'ombrine ocellée – *Sciaenops ocellatus* (appelée commercialement loup caraïbe). Cette entreprise est également la seule écloserie de l'île pour les ouassous et le rouget créole (deux espèces d'eau douce). Celle-ci se situe à Pointe-Noire.

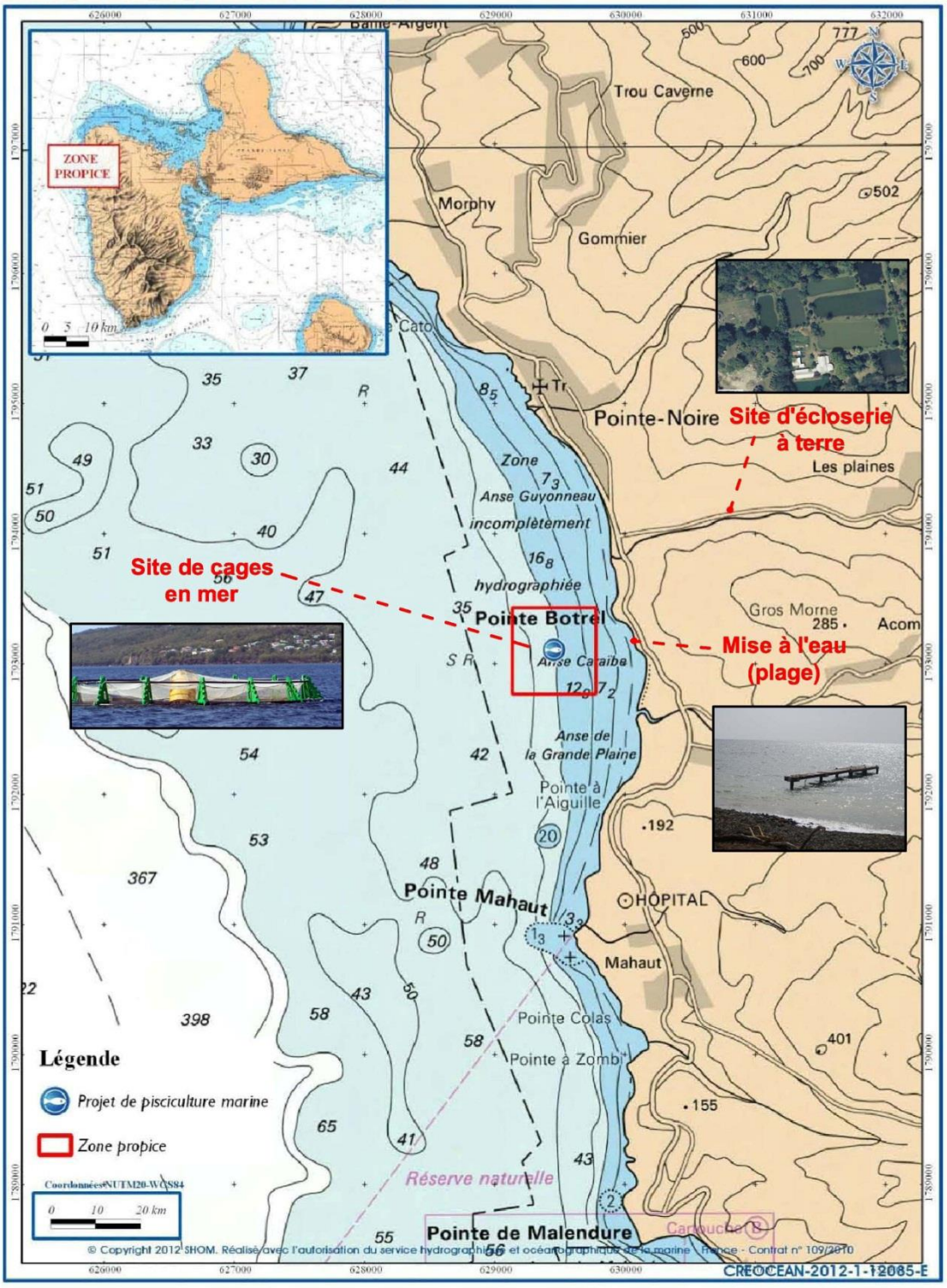
La société OCEAN S.A. dispose de 4 cages submersibles résistant aux conditions cycloniques. Ces cages sont des cages circulaires en PEHD d'un diamètre de 10m, équipées de filets d'une profondeur de 2m à 7m. Elles sont situées sur la côte de Pointe-Noire (SRDAM Guadeloupe - CREOCEAN, 2013).

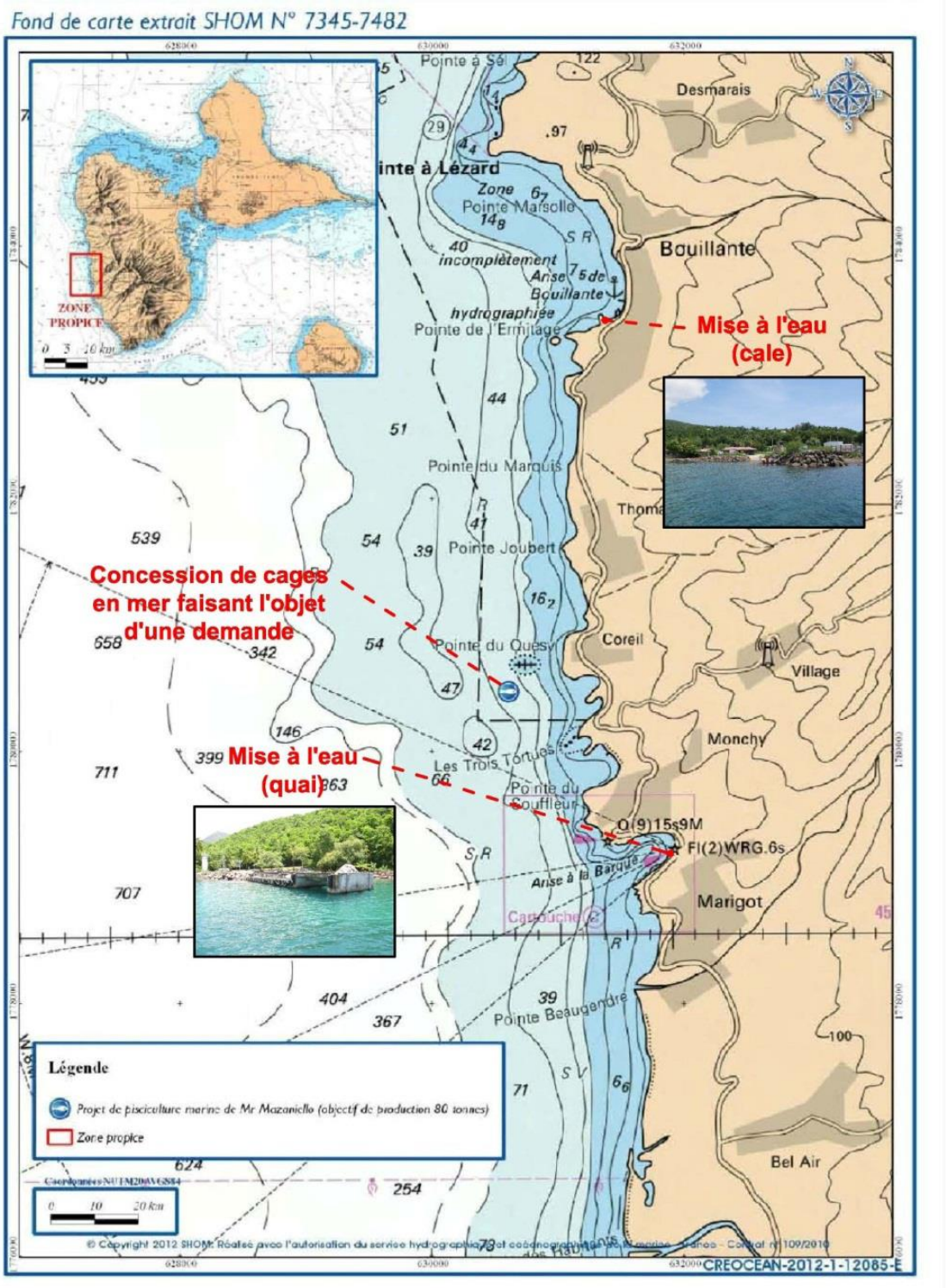
Plusieurs projets existent actuellement, sans qu'ils aient été validés à ce jour (demandes de concessions en cours), en voici les principaux (extrait du SRDAM Guadeloupe - CREOCEAN, 2013) :

- Projet de la société NACRE CARAÏBES : Captage et production d'huîtres Pinctada radiata dans le but de produire des isotopes de calcium compatibles avec les greffes osseuses. Ce site se situerait sur les Saintes ;
- POSEIDON FARMS : l'ombrine (Scianops ocellatus) et le cobia (Rachycentron canadum). Ce site se situerait sur la cote sous le vent de la Bass-Terre ;
- DIPAGUA : l'ombrine (Sciaenops ocellatus) en cages en mer. Ce site se situerait dans le périmètre du Parc National, dans le Grand-Cul de Sac Marin ;
- Mme ROZAS : produire des macro-algues en filières en mer. Aucune demande de concession en mer n'a pour le moment été déposée par Mme Rozas. En revanche, plusieurs localisations sont envisagées en fonction du type de culture : grand cul de sac marin ou Pointe Noire notamment.

Les cartographies ci-dessous situent l'entreprise existante ainsi que les projets en cours (issus du SRDAM de Guadeloupe (CREOCEAN, 2013).

Fond de carte extrait SHOM N° 7345-7482




Fond de carte extrait SHOM N° 7345-7482
ZONE PROPICE
Mise à l'eau (cale)
Concession de cages en mer faisant l'objet d'une demande
Mise à l'eau (quai)
Légende
Projet de pisciculture marine de Mr Mazaniello (objectif de production 80 tonnes)
Zone propice
Desmarais
Bouillante
Pointe du Marquis
Pointe Joubert
Pointe du Quesy
Coreil
Village
Monchy
Les Trois Tortues
Pointe du Souffleur
Arise à la Barque
Marigot
Pointe Beaugendre
Bel Air
Pointe de l'Ermitage
Pointe Marsolle
Arise de Bouillante
CREOCEAN-2012-1-12085-E

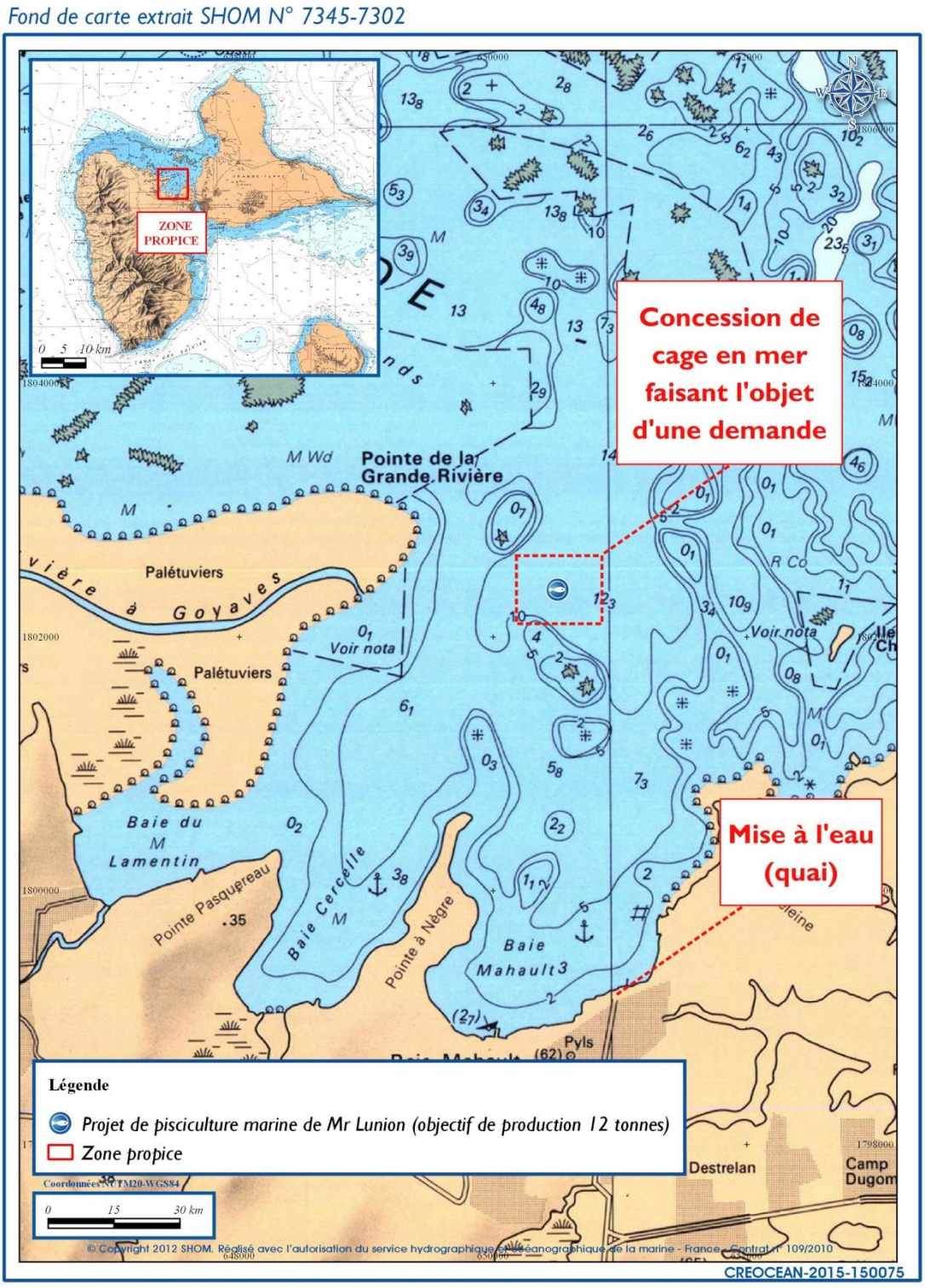


Figure 16 : Synthèse des connaissances sur le milieu marin de Guadeloupe : projets aquacoles

3.7. Réintroduction du Lamentin

Le lamantin des Antilles (Trichechus manatus manatus), mammifère marin classé « en danger » d'extinction sur la Liste Rouge de l'UICN, a disparu depuis le XXème des eaux de Guadeloupe. Il fait aujourd'hui l'objet d'un projet de réintroduction dans la baie du Grand Cul-de-Sac marin. Ce projet est porté par le Parc National de la Guadeloupe.

A ce jour, un centre d'élevage et de reproduction ainsi qu'un bassin semi-naturel alimenté en eau par la mer, ont été construit sur le site de Blachon (commune du Lamentin), pour accueillir les premiers lamantins (5). Ces premiers individus seront majoritairement non relâchables du fait d'un temps très long de détention en captivité mais reproducteurs avérés, le projet s'oriente donc en partie sur un programme de reproduction visant à terme la réintroduction de la progéniture dans le milieu naturel.

A terme cette progéniture sera susceptible d'être présente sur l'ensemble du Grand-Cul-de-Sac Marin entre Port-Louis et Sainte-Rose (Impact Mer et al., 2013).

La venue des premiers lamantins est actuellement toujours en attente.

3.8. Dragage/immersion

Plusieurs zones d'immersions sont en cours d'utilisation ou en projet (dossiers en cours d'instructions par les services de l'Etat), il s'agit des sites d'immersion :

- Du Grand Port Maritime de Guadeloupe : 5 sites, en cours d'utilisation, sont situés dans le Petit-Cul-de-Sac Marin, sur des profondeurs comprises entre -200 et -500m. Ces sites ont vocation à être utilisés seulement pendant la durée des travaux (14 mois – début en mars 2015). Ils sont situés sur la figure ci-après, extraite de l'Arrêté préfectoral n°2014-193 du 16/07/2014 portant autorisation des travaux de la tranche 1 du Grand Projet de Port ;
- Du Conseil Général de la Guadeloupe : 5 sites sont en cours d'instruction. Ceux-ci sont situés :
  - Un site au Sud et un site à l'Est de la Désirade,
  - Un site à l'Ouest et un site au Sud de Grand-Bourg de Marie-Galante,
  - Un site au Sud-Ouest de Vieux-Fort.

Ces sites seraient utilisables, si l'immersion y est autorisée par les services de l'Etat, comme sites d'immersion pendant une durée de 10 ans.

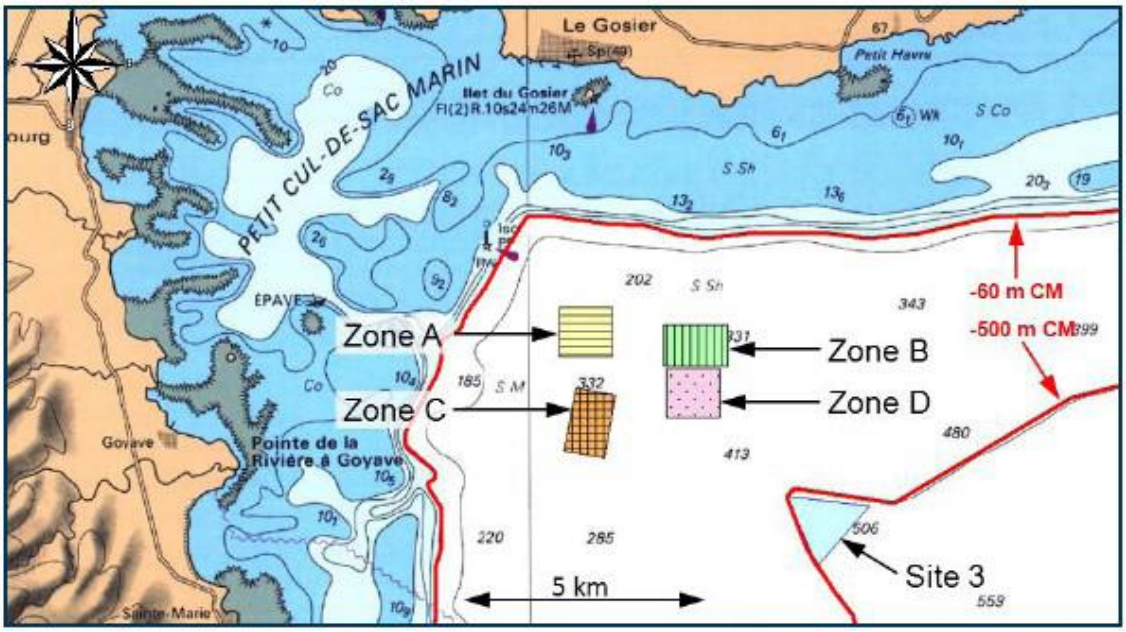


Figure 17 : Sites d'immersion du Grand Port Maritime de Guadeloupe

3.9. Zone d'exploitation de granulats marins

Une zone d'extraction de granulats marins est en exploitation par la SAG (Station Antillaise de Granulats) est présente sur le littoral Guadeloupéen.

La zone d'exploitation se situe à environ 1,5 km au sud du Petit Havre sur le territoire de la commune du Gosier, à une dizaine de kilomètre à l'est de Pointe-à-Pitre.

Le gisement, d'une superficie de 0,66 km², s'étend parallèlement à la côte sur une longueur de 2,2 km.

3.10. Transplantation de coraux

Dans le cadre du grand projet de port et de l'extension portuaire de GMPG, deux zones qui allaient être détruite par les travaux ont fait l'objet d'une transplantation corallienne. Les coraux issus des zones allant être détruites ont été transplantés sur deux sites non impactés par les travaux : Caye à Dupont et Ilet du Gosier.

L'emplacement de ces deux sites est visible sur la carte en page suivante.

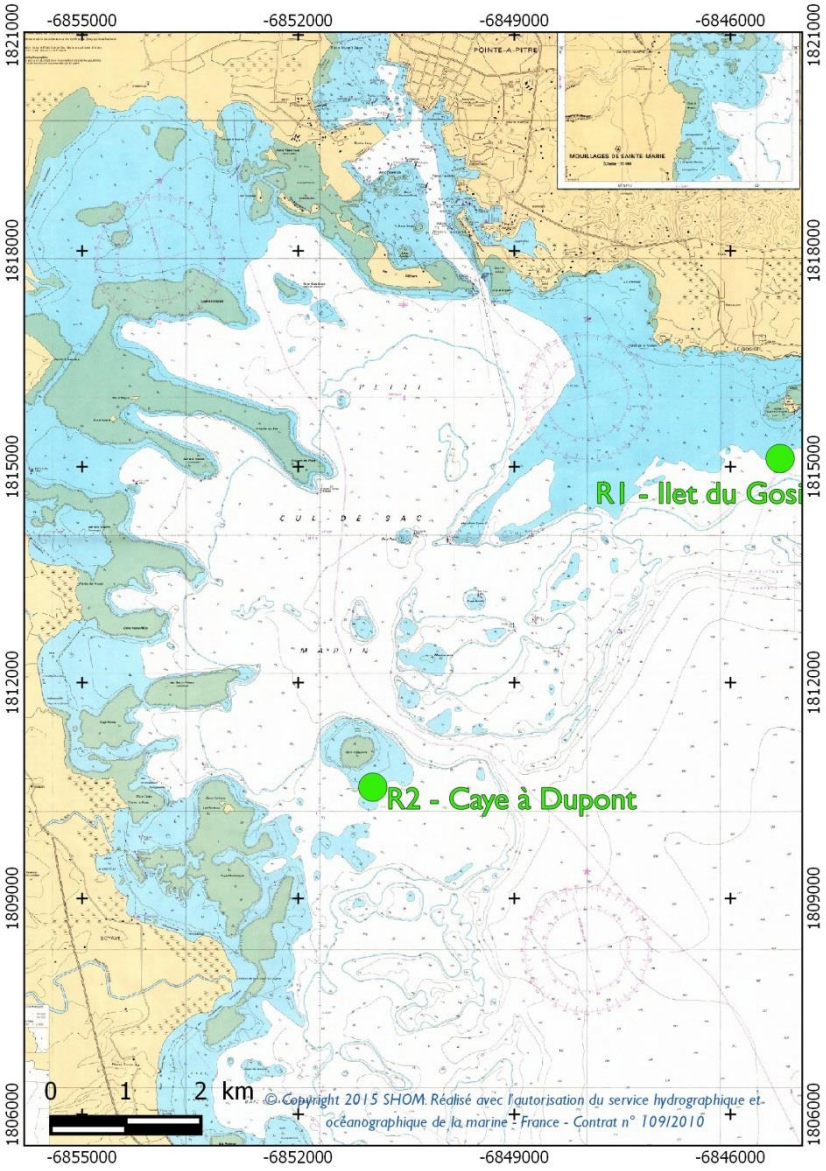


Figure 18 : Sites de transplantations de coraux

4. Contraintes environnementales

4.1. Les paysages de Guadeloupe

L'Atlas des paysages de l'archipel Guadeloupe (2013) identifie **25 unités paysagères** réparties dans **huit grands ensembles paysagers** sur le territoire Guadeloupéen. L'archipel Guadeloupéen :

- Comporte 6 îles principales et de nombreux ilets ;

- Est situé sur deux arcs volcaniques, structurant un relief et une géologie particuliers ;
- Est soumis à un climat variable selon les îles : une île humide (Basse-Terre) et des îles sèches (Grande-Terre, Marie-Galante, Les Saintes, Petite-Terre et La Désirade) influençant le développement d'une végétation naturellement très diversifiée ;
- Présente une agriculture diversifiée, liée à l'histoire de l'île et des Antilles. Trois grands secteurs se distinguent : bananier, cannier et forestier ;
- Dispose d'une *bipolarité urbaine* entre la capitale historique et administrative (Basse-Terre) et la capitale économique (Pointe-à-Pitre). La pression urbaine est forte sur le centre de l'île principale (Pointe-à-Pitre et alentours) et faible sur les îles annexes.

Les particularités susmentionnées font de l'archipel Guadeloupéen une **véritable mosaïque de paysages, compartimentés et nettement délimités par l'espace maritime**.

Parmi les sites paysagers singuliers de Guadeloupe relevons :

- **Le** *Grand***-Cul-de-Sac Marin**, qui constitue à lui seul une unité paysagère à part entière avec ses 175 km² de paysage maritime ;
- **Les Sites classés et inscrits** (*voir paragraphe s'y référent*) : c'est la seule protection, avec la **protection** au titre du L. 146-6 (cantonnée aux espaces littoraux), où le caractère paysager soit un critère de base.

Les forêts soumises à la gestion de l'ONF, le Parc National de Guadeloupe, les sites du Conservatoire du Littoral et les Réserves Naturelles sont également des sites où les paysages ont une valeur forte. Même s'ils n'ont pas été créés à des fins paysagères, ces sites contribuent à la préservation des paysages, notamment par le biais de leur gestion durable et règlementée.

Dans le cadre de projets d'aménagements, comme la mise en place d'un parc éolien, **la prise en compte des paysages est essentielle dans le choix de l'implantation des sites**.

Les paysages de l'archipel guadeloupéen constituent un atout patrimonial, culturel et touristique majeur, à préserver et valoriser. Notamment, **une grande partie du tourisme sur l'ile est tourné vers les paysages balnéaires et naturels. Les paysages représentent donc une valeur économique pour l'archipel**.

Parmi les recommandations transmises par l'Atlas des paysages de l'archipel Guadeloupe, les suivantes peuvent être relevées :

- Appliquer les schémas directeurs existants pour les grandes thématiques d'aménagement de façon à sélectionner les sites d'implantation les plus appropriés et à mieux anticiper les éventuels impacts paysagers (Ex.: Schéma éolien, Schéma photovoltaïque, Schéma régional des carrières, etc.)
- Veiller à la pleine prise en compte de la thématique du paysage dans les études d'impact des grands projets (équipements, infrastructures, etc.), avec la mise en œuvre effective des mesures réductives et compensatoires définies, y compris lors de

travaux d'extension de structures existantes (Ex. : extensions du PAG à la Pointe Jarry, du CSDND de Sainte-Rose, de la carrière de Deshaies, etc).

- Prendre en compte les zones de « covisibilité » depuis les sites remarquables et les cônes visuels couverts par les panoramas des points de vue patrimoniaux dans la détermination des secteurs sensibles à l'implantation de grands projets.

L'Atlas décrit chaque unité paysagère, sa composition spatiale, ses sites remarquables et emblématique et ses enjeux.

4.2. Protection et inventaire de l'espace naturel

Le littoral guadeloupéen ainsi que le milieu marin présentent une forte valeur écologique et patrimoniale au niveau régional et national. Celle-ci est notamment traduite par la présence de différents inventaires du patrimoine et outils de protection des milieux, à savoir :

- Parc National ;
- Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope ;
- Réserves Naturelles ;
- Espaces littoraux remarquables ;
- Ainsi que les Sites Classés et Sites Inscrits à l'inventaire des monuments historiques.

Enfin, même s'il ne s'agit pas d'espaces protégés, l'archipel guadeloupéen présente également des zones d'inventaires (ZNIEFF) ainsi qu'une Réserve de Biosphère et une zone RAMSAR.

4.2.1. Espaces naturels inventoriés : ZNIEFF et ZICO

Plusieurs Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristiques (ZNIEFF) sont présentent sur le littoral guadeloupéen et en mer (zones d'inventaires).

Concernant les ZNIEFF marines plus précisément, elles sont au nombre de 8 en Guadeloupe :

- 5 en Basse-Terre (Pointe à Lézard, Pointe Mahault, Ilets Pigeon, Gros Morne à Deshaies et la Caye à Dupont) ;
- 2 en Grande-Terre (Anse de la Guérite à Anse du Canal et Anse de la Guérite à Anse Gris-Gris)
- Les îles de Petite-Terre.

Les sites éligibles au titre de Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) de l'archipel de Guadeloupe ont fait l'objet d'un recensement en 2008 par l'association AMAZONA (Levesque et al., 2008) à la demande de Birdlife International (par le biais de la LPO). 9 zones ont été identifiées, s'étendant sur plus de 50 000 ha. Certaines zones font déjà l'objet d'une protection (Parc National, réserve, site classé, etc.).

Les 9 zones sont les suivantes :

- GP001 - ÎLET TETE A L'ANGLAIS
- GP002 - MASSIF FORESTIER DE L'ÎLE DE BASSE-TERRE
- GP003 - FALAISES DU NORD GRANDE-TERRE
- GP004 - BARRAGE DE GASCHET
- GP005 - MANGROVES ET FORETS MARECAGEUSES DE L'EST DU GRAND CUL-DE-SAC MARIN
- GP006 - DIGUE DU PORT DE PECHE DE SAINT-FRANÇOIS
- GP007 - POINTE DES CHATEAUX
- GP008 - ÎLETS DE PETITE-TERRE
- GP009 - FALAISES NORD ET ÎLET DE VIEUX-FORT DE MARIE-GALANTE

Les directives Habitats et Oiseaux n'étant pas en vigueur en Guadeloupe ces sites ne constituent pas des ZICO à proprement parler et la réglementation s'y appliquant n'y est donc pas relayée. Elles ont donc un statut d'IBAs (Important Bird Area) tel que défini par le programme .BirdLife - Important Bird and Biodiversity Area (Com. pers. DEAL Guadeloupe – Mai 2015).

Ces zones ont été recensées afin de mettre en avant leur importance dans la protection et la conservation des oiseaux.

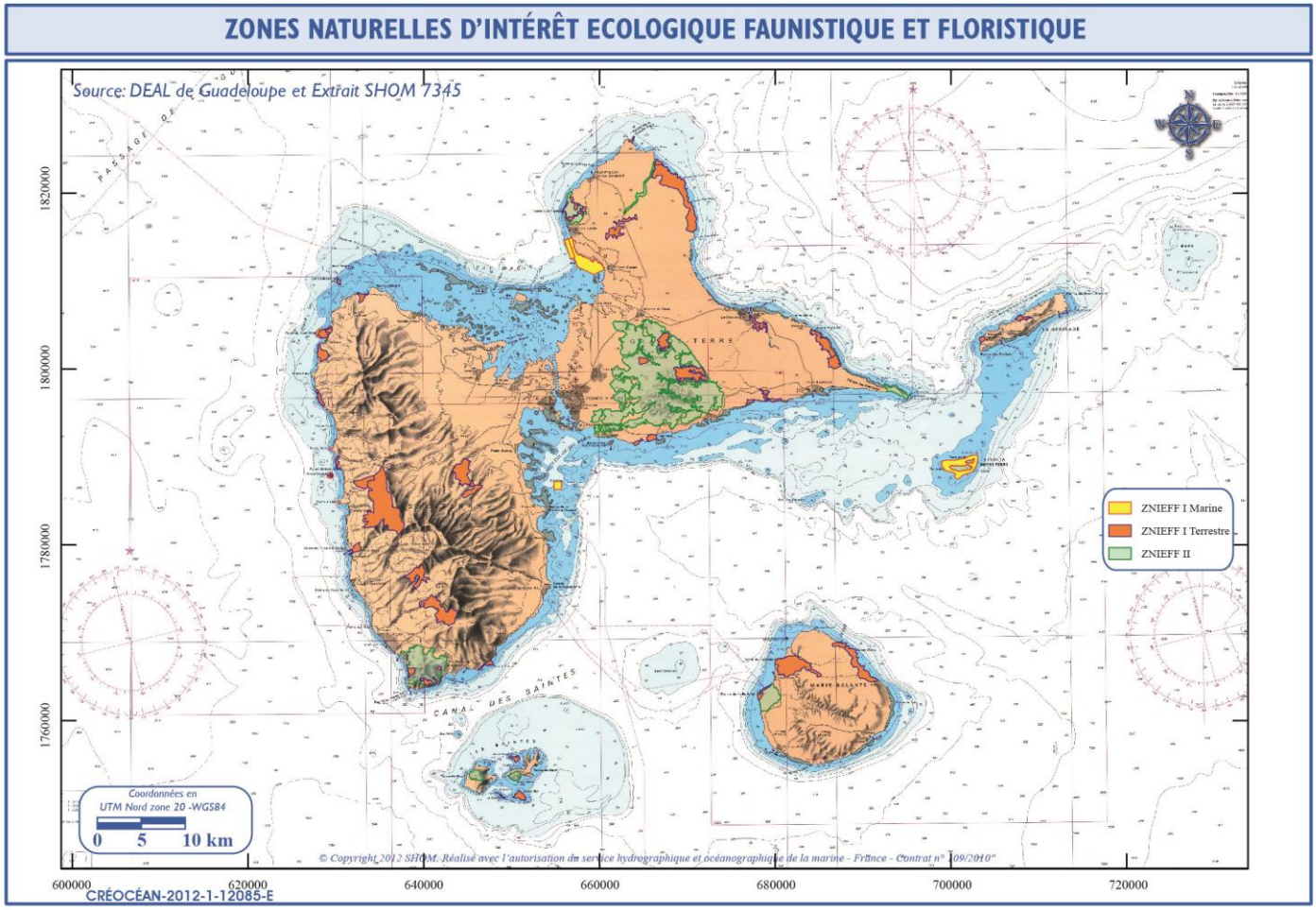


Figure 19 : ZNIEFF terrestres et marines de Guadeloupe (CARTELI,2012 – Dans CREOCEAN, 2013)

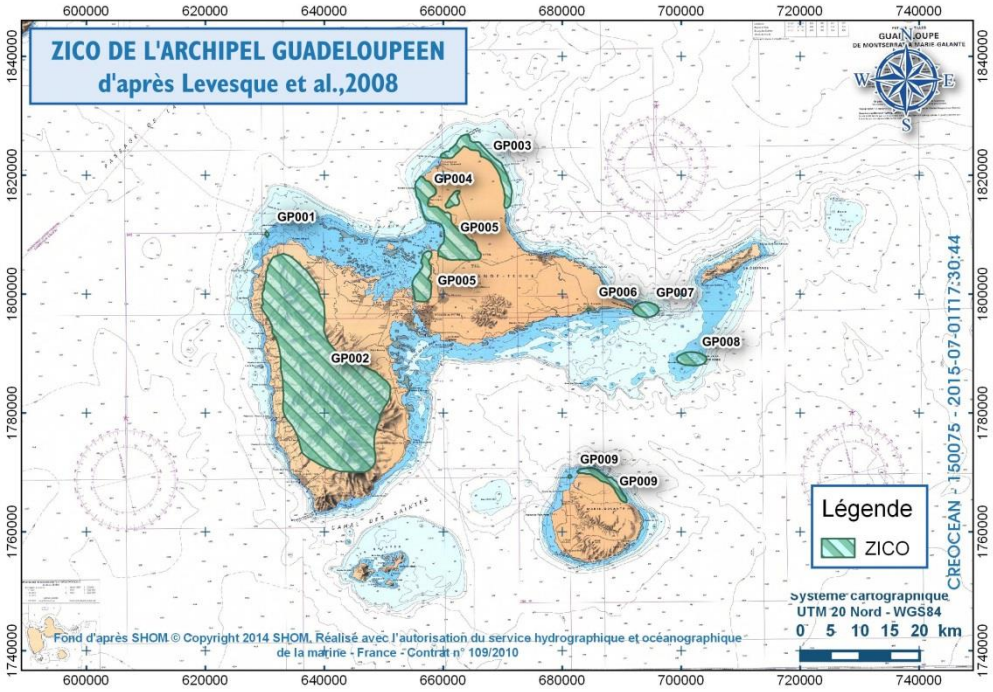


Figure 20 : Zico : de l'Archipel guadeloupéen (Levesque et al., 2008)

4.2.2. Opération Grand-Site de la Pointe des Châteaux

L'Opération Grand Site de la Pointe des Châteaux s'étend sur une superficie de 141,1 ha. Cette procédure en vigueur depuis 2002 vise à protéger l'intérêt paysager du site, la végétation caractéristique des zones sèches, les colonies d'oiseaux marins et les limicoles présents sur les différentes salines.

4.2.3. Grand Cul-de-Sac Marin : RAMSAR, PNG, Réserve

Le Parc National et la réserve naturelle du Grand Cul-de-sac Marin, ont été classés **Réserve de Biosphère par l'UNESCO** au titre du programme MAB (Man and Biosphère) en novembre 1992, et le Grand cul-de-sac marin a également été ratifié par la **Convention RAMSAR** relative aux zones humides d'importance internationale (particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau) le 8 décembre 1993.

La convention de Ramsar sur les zones humides est un traité intergouvernemental adopté le 2 février 1971 à Ramsar en Iran. La convention est entrée en vigueur en 1975. Elle regroupe aujourd'hui 159 pays.

La Convention adopte une optique large pour définir les zones humides qui relèvent de sa mission, à savoir marais et marécages, lacs et cours d'eau, prairies humides et tourbières,

oasis, estuaires, deltas et étendues à marée, zones marines proches du rivage, mangroves et récifs coralliens, sans oublier les sites artificiels tels que les bassins de pisciculture, les rizières, les réservoirs et les marais salants.

La désignation de sites au titre de la Convention de Ramsar constitue un label international qui récompense et valorise les actions de gestion durable des ces zones et encourage ceux qui les mettent en œuvre.

Cette convention engage ses membres, dont la France, à :

- prendre en compte les zones humides dans l'aménagement et l'utilisation de leur territoire ;
- identifier les zones humides d'importance, les inscrire sur la liste Ramsar et assurer leur conservation ;
- préserver l'ensemble des zones humides ;
- coopérer avec les pays frontaliers pour favoriser la conservation des zones humides transfrontalières.

La Guadeloupe ne recense qu'une seule zone Ramsar qui est située dans le Grand Cul de Sac Marin.

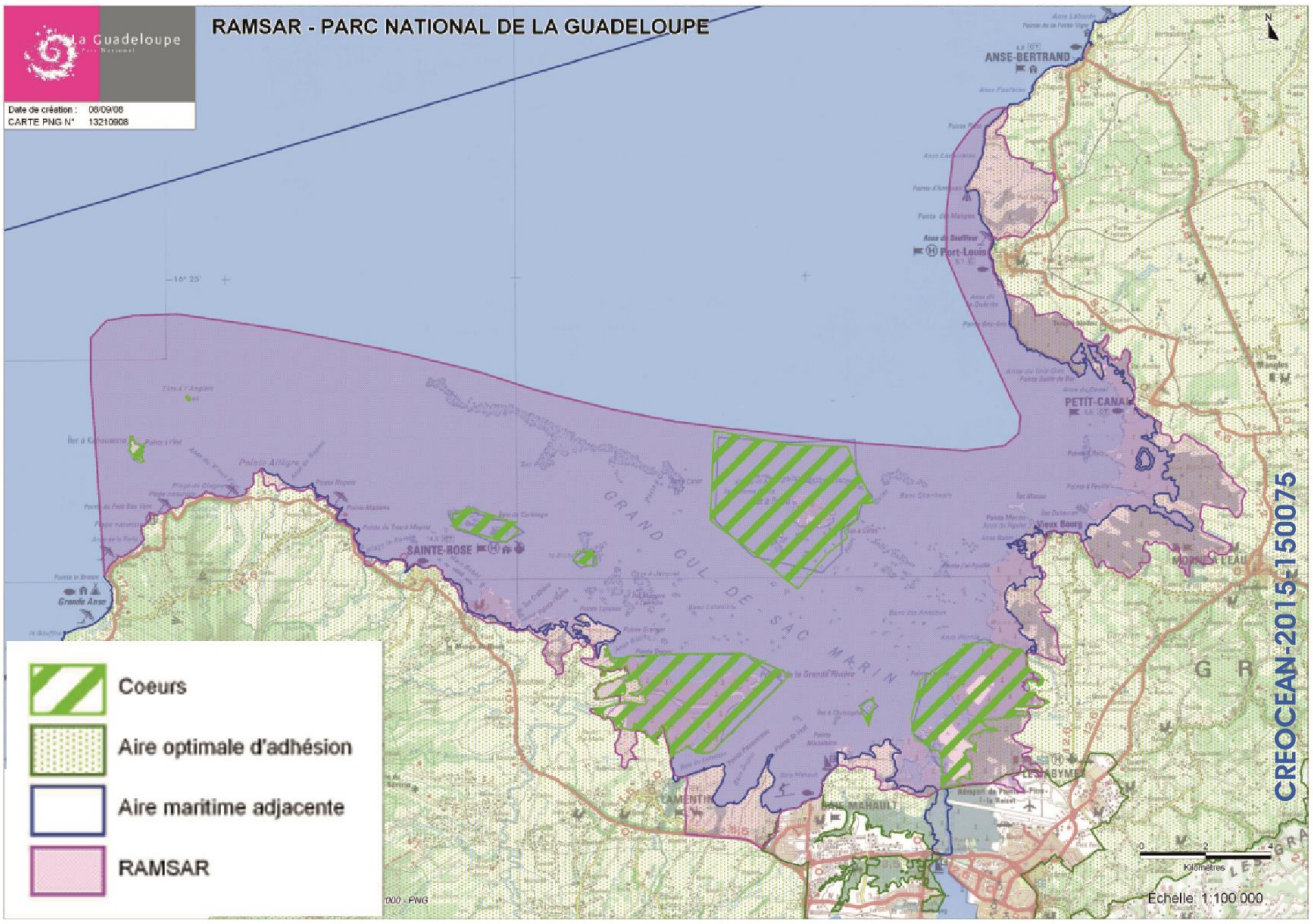


Figure 21 : Zone RAMSAR et Parc Naturel de Guadeloupe dans le Grand Cul-de-Sac Marin (site du PNG)

4.2.4. Réserve naturelle de Petite-Terre

Les îlets de Petites Terre font l'objet d'un **Arrêté préfectoral de Protection de Biotope (APB)**, depuis le 3 octobre 1994. Quelques années plus tard, la **réserve naturelle de Petite-Terre** est créée, en 1998.

Elle comporte 990 ha dont 148 ha terrestres et **842 ha maritime**.

Elle se compose de deux îlets : Terre de Haut et Terre de Bas.

Propriété du Conservatoire du Littoral, elle est cogérée par l'ONF et l'association Ti-Té.

4.2.5. Parc National de Guadeloupe

Les articles du code de l'environnement (Art. L 331-1 à 25) relatifs au classement en parc national s'appuient sur des enjeux de protection et de gestion tenant compte de diverses caractéristiques : la faune, la flore, les paysages, le sol, le sous-sol, les eaux… et le patrimoine culturel qui doivent être préservés des dégradations et atteintes susceptibles d'en altérer la diversité, la composition, l'aspect et l'évolution.

La charte du parc national définit un projet de territoire traduisant la solidarité écologique entre deux types d'espace : le cœur du parc et ses espaces environnants :

- pour les espaces du cœur, elle définit les objectifs de protection du patrimoine naturel, culturel et paysager ;
- pour l'aire maritime adjacente, elle définit les orientations de protection, de mise en valeur et de développement durable et indique les moyens de les mettre en œuvre.

Actuellement le PNG est amené à porter un avis simple sur les dossiers d'aménagement (ICPE, Loi sur l'eau, études d'impacts…). Dans le cadre de l'actualisation de la Charte du Parc, cet avis sera rendu conforme pour les communes adhérant à la charte.

La carte suivante situe le cœur de parc ainsi que l'aire maritime adjacente.

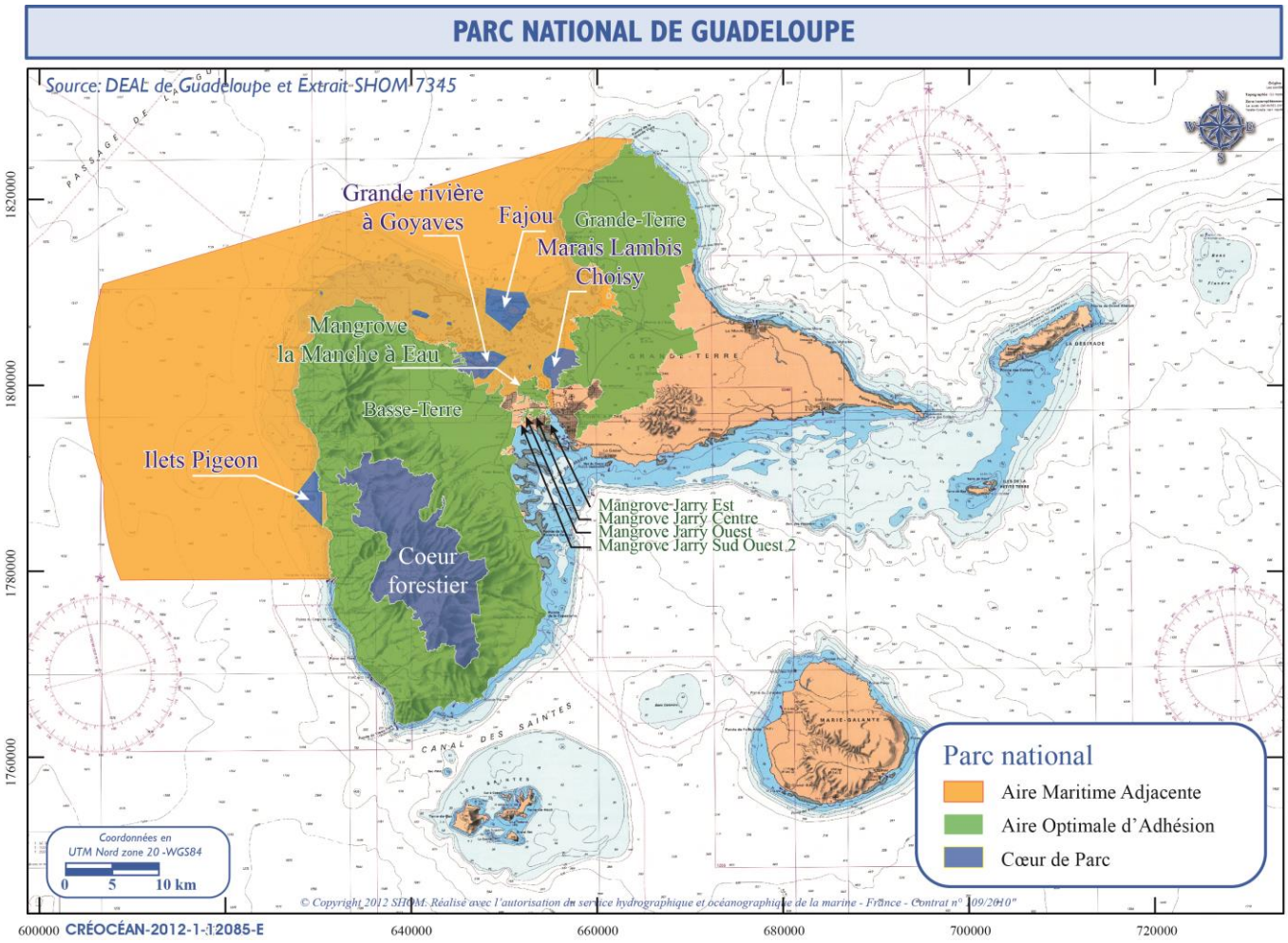


Figure 22 : Parc National de Guadeloupe (CARTELI,2012 – Dans CREOCEAN, 2013)

4.2.6. Sites classés et inscrits

Les sites classés sont au nombre de 5 en Guadeloupe :

- Grande Anse et Gros Morne (partie marine et terrestre) sur la commune de Deshaies ;
- Anse à la Barque (partie marine et partie terrestre) ;
- Baie de Pont Pierre et Pain de Sucre (partie terrestre et marine) (aux Saintes) ;
- Pointe des Châteaux (partie marine et partie terrestre) sur la commune de Saint-François ;
- Falaises Est de Marie Galante ;

Un « site classé » est un site de caractère naturel, artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque, dont la préservation ou la conservation présentent un intérêt général.

Cette procédure est utilisée en particulier en vue de la protection d'un paysage remarquable, naturel ou bâti. L'objectif de la protection est le maintien des lieux dans les caractéristiques paysagères ou patrimoniales qui ont motivées le classement.

Toute modification de l'état des lieux est soumise à l'autorisation spéciale du ministre chargé de l'environnement ou du préfet de département pour les travaux de petite envergure, après avis de la commission départementale des sites et, si le ministre le juge utile, de la commission supérieure des sites.

Les sites inscrits sur la zone d'étude sont au nombre de 5 en Guadeloupe. Ils sont tous situés sur la Basse-Terre et Les Saintes :

- Anse à la Barque (site terrestre) ;
- Batterie de la sucrerie de la Grande Pointe (Trois-Rivières) ;
- Bassin versant de la rivière Grande-Anse (Deshaies) ;
- Terre-de-Haut, Ilet à Cabrit, Grand Ilet, Ilet de la Redonde (terrestres, en plusieurs entités) aux Saintes.

Un « site inscrit » est un site inscrit à l'inventaire des sites présentant un intérêt général du point de vue artistique, naturel, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque. Il peut être naturel ou bâti. Il est susceptible d'être transformé à terme en site classé (notamment les sites naturels) ou en ZPPAUP (principalement les sites bâtis). L'inscription a pour objectif de permettre à l'État d'être informé des projets concernant le site, et d'intervenir de façon préventive, soit en vue de l'amélioration de ces projets, soit si nécessaire en procédant au classement du site. Toute modification de l'état ou de l'aspect des lieux est soumise à déclaration.

Tout projet de modification de l'état des lieux, à l'exception des travaux d'entretien normal des constructions ou d'exploitation courante des fonds ruraux, doit être porté à la connaissance de l'Administration 4 mois à l'avance. L'architecte des bâtiments de France (SDAP) émet sur le projet un avis simple. Si l'intérêt du site est menacé, le ministre chargé de l'environnement peut se saisir du dossier et procéder au classement du site.

4.2.7. Espaces remarquables du littoral au titre de l'article L146-6

L'atlas des espaces littoraux remarquables (SMVM, 2010) révèle la présence d'une centaine d'espaces classés en espaces remarquables du littoral au titre de l'article L146-6 du Code de l'Environnement.

Ces sites sont répartis sur l'ensemble du littoral de l'archipel guadeloupéen avec une densité plus importante de sites dans le Grand Cul-de-Sac Marin.

4.2.8. Arrêté préfectoraux de protection de biotope

Les arrêtés préfectoraux de protection de biotope sont au nombre de 8 sur l'Archipel guadeloupéen, ils sont situés sur les communes de :

- Trois-Rivières ;
- Terre de Haut (2 APB) et Terre de Bas aux Saintes ;
- Désirade ;
- Grand-Bourg ;
- Capesterre de Marie-Galante ;
- Saint-François

Un arrêté préfectoral de conservation de biotope s'applique à la protection de milieux peu exploités par l'homme et abritant des espèces animales et/ou végétales sauvages protégées. Les objectifs sont la préservation de biotope (entendu au sens écologique d'habitat) nécessaires à la survie d'espèces protégées et plus généralement l'interdiction des actions pouvant porter atteinte à l'équilibre biologique des milieux.

L'arrêté fixe les mesures qui doivent permettre la conservation des biotopes. La réglementation édictée vise le milieu lui-même et non les espèces qui y vivent. Par ailleurs, la destruction, le dérangement ou le déplacement des espèces protégées par la loi sont interdits.

Les APB concernent des espaces littoraux, et non marins. Toutefois, la création d'activité en mer (et d'aménagements sur le littoral) sont à réaliser en conformité avec les arrêtés de chaque site.

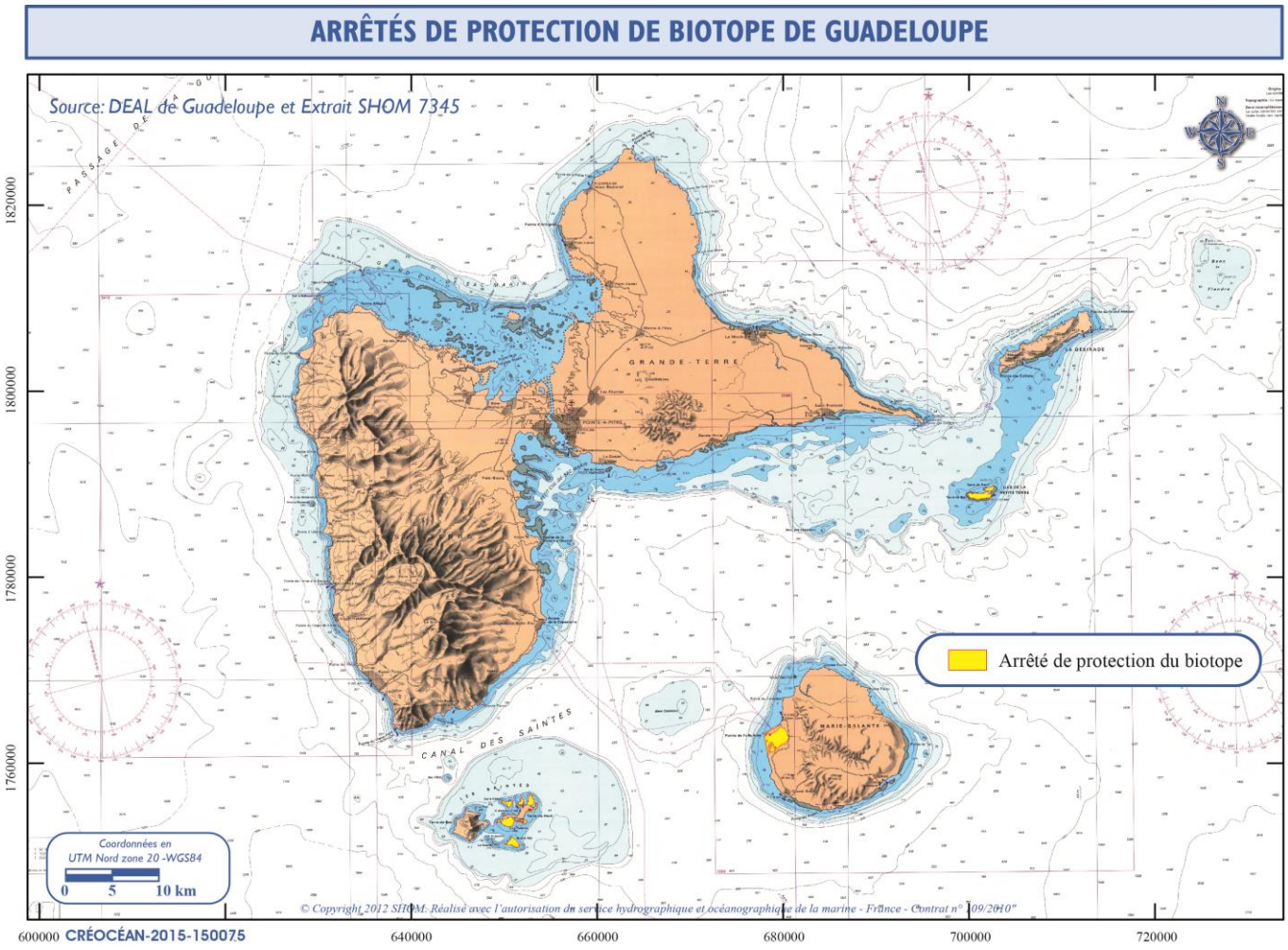


Figure 23 : APB de Guadeloupe (CARTELI,2012 – Dans CREOCEAN, 2013)

4.2.9. Projet de réserve à Marie-Galante

La mise en place d'une Réserve Naturelle Nationale (RNN) terrestre et maritime est actuellement en projet, depuis 2005, sur Marie-Galante.

Actuellement l'Office National des Forêts mène une étude pour préciser ce projet, à la fois en terme d'objectifs, de gestion de site ainsi que de statut de protection du site (Com. pers. DEAL Guadeloupe, mai 2015).

Son périmètre projeté est ci-dessous illustré.

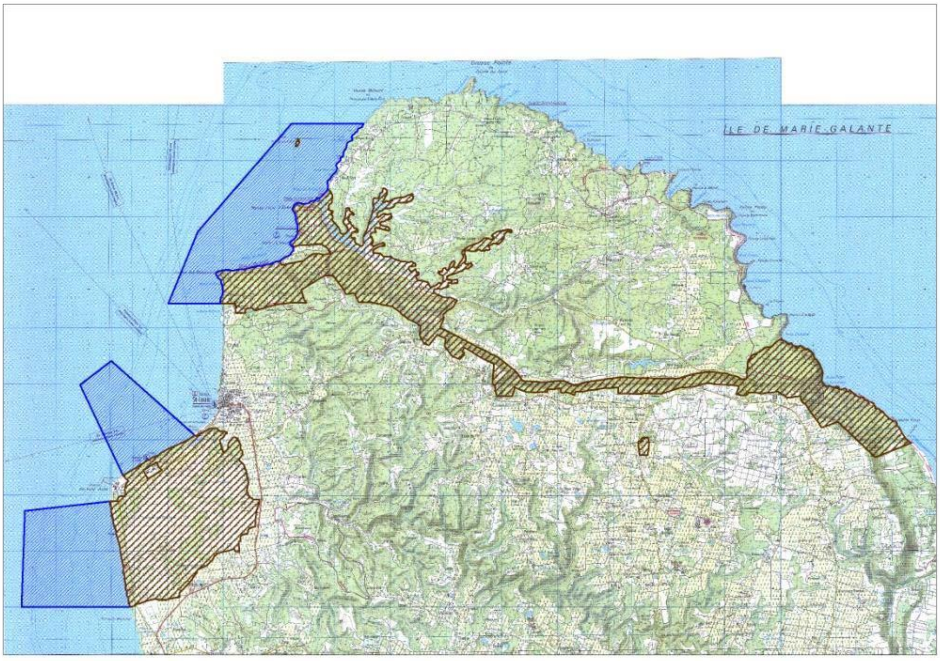


Figure 24 : **Périmètre du projet de RNN terrestre et maritime à Marie-Galante (Source : DEAL, 2012)**

Figure 24

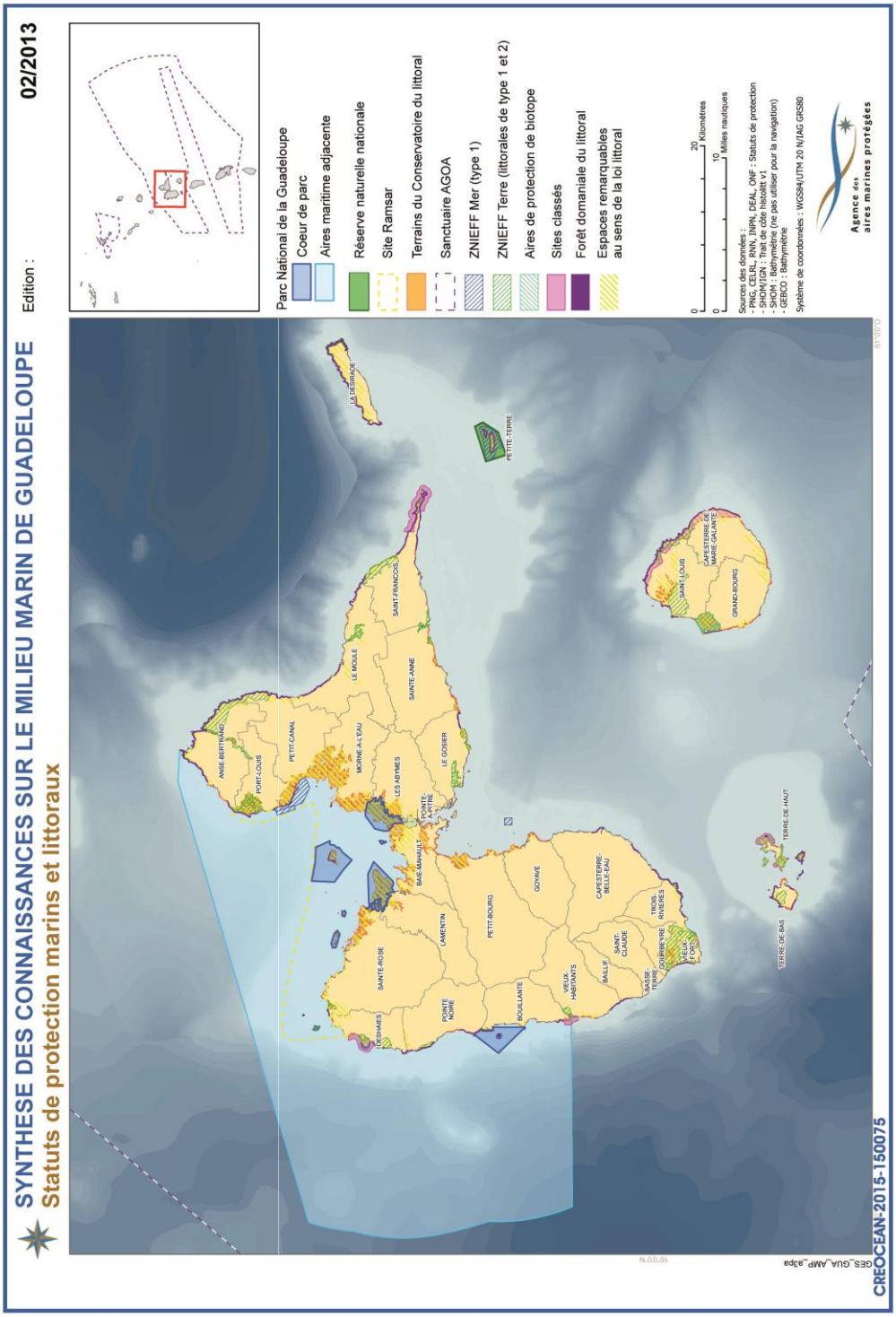


Figure 25 : Aires Marines protégées

4.3. Ichtyofaune et ressources conchylicoles

4.3.1. Les poissons côtiers

Près de 350 espèces de poissons ont été recensées dans les eaux côtières de la Guadeloupe dont près de 250 observées sur des zones coralliennes, 120 dans les herbiers de Phanérogames marines et 130 dans les mangroves (Bouchon-Navaro Y. com. pers. 2011, Vaslet A. com. pers. 2011).

4.3.1.1.Statut des espèces

Au total 24 espèces des eaux côtières de Guadeloupe sont classées sur liste rouge par l'UICN. Sept espèces sont classées « vulnérables », une en danger (*Epinephelus striatus*) et une en danger critique d'extinction (*Epinephelus itajara*). L'hippocampe *Hippocampus erectus* est une espèce classée vulnérable par l'UICN et est inscrite à l'Annexe II de la CITES.

Toutes ces espèces font l'objet d'une exploitation halieutique à but de consommation ou d'aquariophilie.

4.3.1.2.Distribution des peuplements

Dans des études portant sur l'ichtyofaune de Guadeloupe, Bouchon-Navaro (1997) et Bouchon-Navaro et al. (2005) distinguent différents peuplements de poissons selon la nature de l'habitat :

- Les peuplements de substrat meuble qui diffèrent selon le type de biotope (fonds de sable, mangroves, herbiers) ;
- Les peuplements de communauté corallienne observés sur les platiers et les pentes externes récifales.

4.3.1.2.1.*Peuplements des fonds sablo-vaseux*

La diversité des peuplements de poissons des fonds meubles sablo-vaseux est globalement plus faible (inférieure à 45 espèces) par rapport aux zones d'herbiers et de récifs coralliens situées à proximité (Bouchon et al. 1997, 2001.

Certaines espèces sont inféodées à ces milieux, par exemple *Heteroconger halis,* dont des abondances particulièrement élevées ont été observées dans les zones sableuses de la baie

des Saintes (Bouchon et *al.,* 1997) et de Delgrès sur la commune de Basse-Terre (Mazéas, com.pers., 2012).

Les inventaires réalisés sur 12 stations montrent que les richesses spécifiques sont très variables et qu'elles peuvent être assez élevées comme c'est le cas à l'Anse du Bourg aux Saintes (43 espèces). D'un point de vue fonctionnel, il est important de noter que les fonds meubles abritent principalement des juvéniles qui trouvent de nombreux abris dans les formations coralliennes situées à proximité (Bouchon et al. 2001).

4.3.1.2.2.*Peuplements d'herbiers*

Près de 120 espèces de poisson sont recensées dans les herbiers de phanérogames marines (Aliaume 1990, Baelde 1990, Kopp 2003, Bouchon-Navaro et al. 2004, Rocklin 2004, Bugajny 2007).

Dans le lagon du Grand cul-de-sac Marin, on distingue aussi différents assemblages selon que les herbiers se situent ou non à proximité d'autres habitats (Aliaume 1990, Baelde 1990, Bugajny 2007) (Figure 26) :

- des peuplements mixtes composés d'espèces d'herbiers, de récifs et de mangroves observés dans les îlets de mangrove de Fajou et de Carénage ;
- des peuplements d'herbiers et de récifs influencés par la proximité de formations coralliennes à l'îlet Caret (73 espèces), au sud de l'îlet Fajou (61 espèces) et aux îlets La Biche (25 espèces). Les faibles diversités observées dans les herbiers des îlets La Biche peuvent être dues aux apports d'eau douce de la Rivière Moustique ;
- des peuplements de stations côtières sous l'influence des mangroves. Ces peuplements de poissons présentent de façon générale des diversités élevées (67 espèces dans les herbiers de la Pointe St Vaast, 57 espèces dans les herbiers de la Pointe à Lambi et de la Grande Rivière à Goyaves) qui peut être reliée à la disponibilité en habitats créées par les racines de palétuviers situées à proximité.

A l'instar des mangroves, les juvéniles sont très largement représentés dans les peuplements des herbiers (Aliaume 1990, Kopp 2003, Bouchon-Navaro et al. 2004). Les feuilles de *Thalassia* servent d'abri et la faune d'invertébrés des herbiers constitue une source de nourriture pour ces poissons qui sont à dominance carnivore (Calichiama 2002, Kopp 2003, Bouchon-Navaro et *al*.2004).

Les diversités particulièrement élevées sont observées dans les herbiers à proximité des mangroves (Embouchure de la Rivière Salée : 52 espèces) ou des récifs (Ilet Caret : 73 espèces) et sont dues à la présence de peuplements mixtes influencés par la présence d'espèces de mangrove d'une part et d'espèces récifales d'autre part.

4.3.1.2.3.*Peuplements de substrat dur entre 0 et 55m*

Sur les récifs, 250 espèces ont été recensées entre 3 et 55 m de profondeur (Bouchon-Navaro 1997, Bouchon et al. 2006). D'un point de vue qualitatif, les peuplements de poissons des récifs coralliens diffèrent selon la profondeur et deux zones bathymétriques ont pu être mises en évidence (Bouchon-Navaro 1997, Bouchon-Navaro et al. 2005):

- Une zone supérieure située entre la surface et 5 m de profondeur
- Une zone inférieure en-deçà de 5 m de profondeur jusqu'à la limite des bioconstructions coralliennes (40 à 50 m).

Dans les sites d'inventaire, les diversités les plus importantes sont observées:

- Sur les récifs coralliens non bioconstruits de la **côte sous-le-vent de la Basse-Terre**, la diversité varie entre 33 espèces à la Pointe Malendure et 75 espèces à Baillif. La diversité particulièrement importante à Baillif est reliée à la présence des éboulis rocheux. Ces derniers situés en bordure de côte constituent de bons abris pour les bancs de poissons.
- Le long de la **barrière récifale du lagon du Grand cul-de-sac Marin**, de l'îlet Caret (entre 47 et 52 espèces) à proximité de la Passe à Colas (51 espèces).
- Les récifs de la **Pointe Folle Anse à Marie-Galante** (79 espèces) et de **Terre de Haut aux Saintes** (61 espèces).

Dans le **lagon du Petit cul-de-sac Marin**, les sites qui présentent les plus fortes diversités sont situés sur les récifs coralliens bien développés des Cayes Dupont (42 espèces) et Fortune (40 espèces) alors que les plus faibles diversités sont observées à l'Ilet Cochon situé en fond de baie (16 espèces).

4.4. Peuplement benthique

4.4.1. Herbiers de phanérogames marines

Un total de 7 espèces de phanérogames marines est recensé dans les Antilles, elles sont réparties en 4 genres : *Halophila, Halodule, Syringodium et Thalassia*. Les deux derniers sont les plus présents en Guadeloupe.

Thalassia testudinum occupe les fonds sableux et vaseux entre la surface et 10 m de profondeur environ. *Syringodium filiforme* peut descendre jusqu'à -30m.

L'espère *Halophila stipulacea* est observée en quantités plus importantes depuis 2010. Cette espèce invasive est originaire de Mer Rouge et de l'Océan Indien.

L'ensemble des herbiers de phanérogames présente un fort intérêt écologique (production primaire, stockage de carbone organique, nurserie, habitat, rétention des sédiments marins et piégeage des nutriments).

S'ils n'ont pas de statut de protection à l'heure actuelle, les herbiers des secteurs du Grand Cul-de-Sac Marin, de la Riviera et du Petit Cul-de-Sac Marin sont qualifiés d'intérêt prioritaire (AAMP, 2013).

4.4.2. Les peuplements coralliens

On recense 57 espèces de coraux en Guadeloupe qui sont toutes inscrites à l'Annexe III du protocole SPAW (Convention de Carthagène) et à l'Annexe II de la CITES.

La plupart des espèces de coraux observées en Guadeloupe sont inscrites sur la liste rouge UICN dont 2 classées « en danger critique d'extinction » (*Acropora cervicornis, A.palmata*), et 3 « vulnérables » (*Agaricia lamarcki, Dichocoenia stockesii, Dendrogyra cylindrus*).

L'espèce *Porites branneri* est classée comme espèce « quasimenacée » sur la liste UICN, néanmoins il est à noter que cette espèce est très rare en Guadeloupe.

Bien que non inscrites sur la liste UICN, les espèces de coraux du genre *Montastrea* (*Montastrea annularis* et M*. faveolata*) constituent, les principales espèces bioconstructrices des matrices récifales en Guadeloupe et peuvent être considérées comme des espèces remarquables.

L'arrêté préfectoral du 19 août 2002 (N°2002-1249), portant sur la réglementation de l'exercice de la pêche maritime côtière dans les eaux du département de la Guadeloupe, interdit la collecte et la vente de coraux en tout temps et en tout lieu, à l'exception de ceux trouvés à l'état d'épave sur le littoral.

La carte ci-après illustre les informations disponibles à ce jour sur les peuplements benthiques de Guadeloupe (AAMP, 2013).

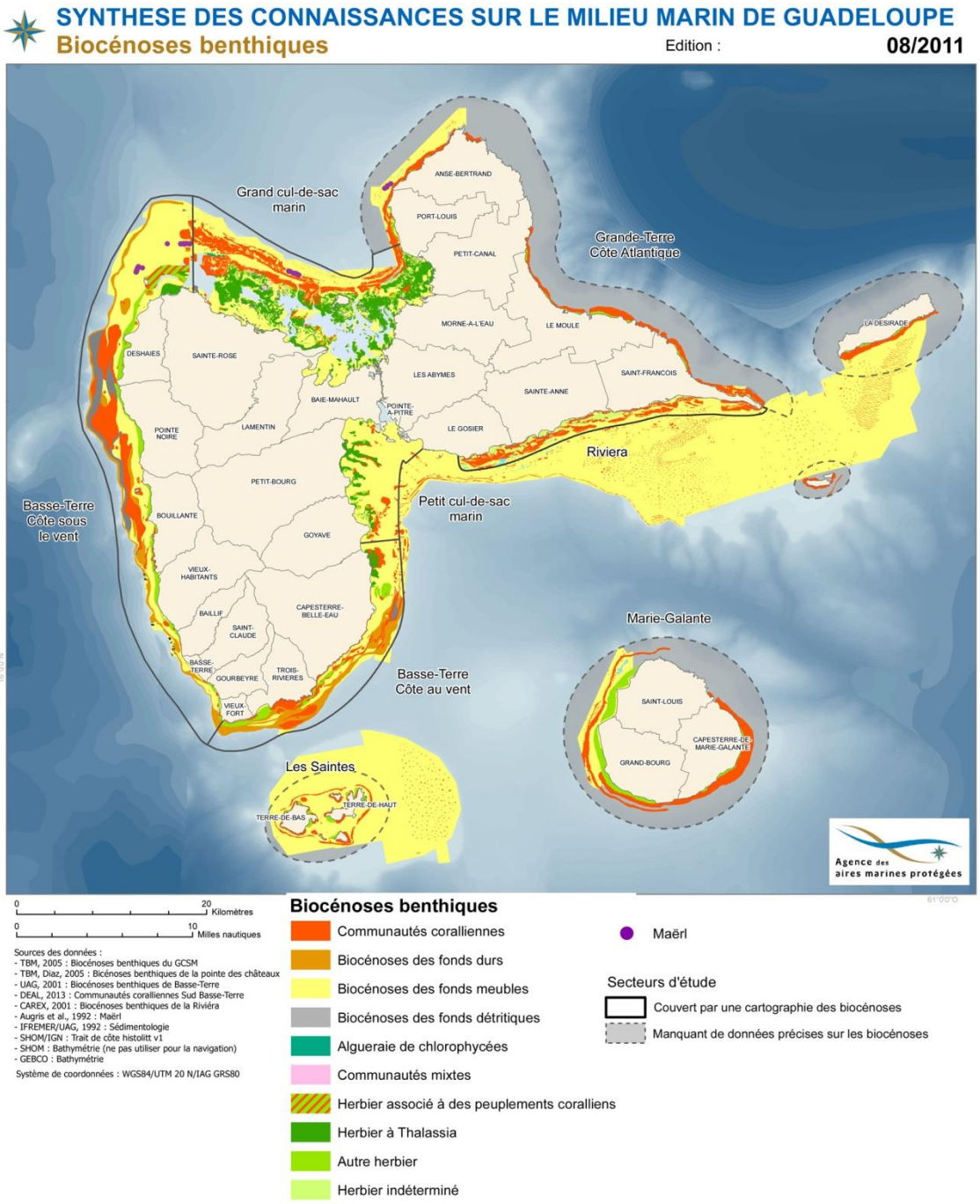


Figure 26 : biocénoses benthiques

4.5. Mammifères marins

Sur les 85 espèces de cétacés répertoriées dans le monde (Perrin, 2009), 34 espèces sont observées dans la région des Grande Antilles (Ward et Moscrop, 1999). Dans cet inventaire, 31 espèces sont associées aux cétacés, deux aux pinnipèdes et une aux siréniens.

23 espèces de cétacés auraient été observées dans les Antilles françaises. En Guadeloupe, selon l'état de la composition du peuplement dans le sanctuaire Agoa, 21 espèces ont été renseignées. 21 auxquelles s'ajoutent deux autres espèces qui ont été observées en Martinique ainsi qu'en Guadeloupe côtière ou hauturière : le dauphin de Clymene, Stenella Clymene (Watkins et al., 1985 ; Gandilhon, 2012) et le dauphin de Risso, Grampus griseus (Yoshida et al., 2010). Ce qui permet de comptabiliser 23 espèces pour la Guadeloupe (Tableau ci-dessous).

Concernant les autres mammifères marins, deux espèces autrefois présentes en Guadeloupe ont aujourd'hui disparues, il s'agit du Lamentin des Antilles Trichechus manatus manatus observé en Guadeloupe pour la dernière fois en 1950 et à Saint-Martin en 1988 et du phoque moine de la Caraïbe, Monachus tropicalis (Gray, 1850) récemment classé par Kovacs et al. (2008) en espèce éteinte dans la liste rouge de l'UICN.

En Guadeloupe, un projet de réintroduction du Lamentin dans le lagon du Grand-Cul-de-sac Marin est porté par le Parc national de Guadeloupe.

L'arrêté ministériel du 27 juillet 1995 fixant la liste des mammifères marins protégés sur le territoire national a été abrogé par l'arrêté du 1er juillet 2011. Ce dernier confirme la liste des mammifères marins protégés sur le territoire national et les modalités de leur protection comme dans la règlementation précédente.

Désormais, cet arrêté interdit la perturbation intentionnelle incluant la poursuite et le harcèlement des animaux dans le milieu naturel (article 2-I) et la destruction, l'altération ou la dégradation des sites de reproduction, d'alimentation et des aires de repos des animaux[…] et pour autant que la destruction, l'altération ou la dégradation compromette la conservation de l'espèce en remettant en cause le bon accomplissement des cycles biologiques.

Les 23 espèces de cétacés observées en Guadeloupe sont inscrites dans les Annexes de la CITES (dont 5 espèces en annexe I) et du protocole SPAW. Le rorqual de Rudolphi (*Balaenoptera borealis) est classé en danger,* le cachalot (*Physeter macrocephalus*) est classé comme espèce vulnérable sur la liste rouge de l'UICN.

Famille	Espèces répertoriées dans la région de la Grande Caraïbe	Espèces observées en Guadeloupe	Statut de résidence dans la région (Gandilhon, 2012)
Balaenopteridae	Rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*)	Présente en théorie	
	Rorqual commun (*Balaenoptera physalus*)	Présente en théorie	
	Rorqual boréal (*Balaenoptera borealis*)	Présente en théorie	
	Rorqual tropical (*Balaenoptera edeni*)	Vue	Non déterminé
	Baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*)	Vue Echouée	Semi-résident
	Petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*)	Vue	Non déterminé
Balaenidae	Baleine franche noire (*Eubalaena glacialis)*		
Physeteridae	Cachalot (*Physeter macrocephalus*)	Vue Echouée	Résident régulier
	Cachalot pygmée (*Kogia breviceps*)	Vue	
	Cachalot nain (*Kogia sima*)	Vue Echouée	Occasionnel
Ziphiidae	Baleine à bec de Cuvier *(Ziphius cavirostris)*	Vue Echouée	Occasionnel à rare
	Baleine à bec de Gervais *(Mesoplodon europeaus)*	Vue Echouée	Rare
	Baleine à bec de Blainville *(Mesoplodon densirostris)*	Vue Echouée	Non déterminé
	Baleine à bec de True *(Mesoplodon mirus)*	Vue Echouée	
	Baleine de Sowerby (*Mesoplodon bidens*)	Supposée	
Delphinidae	Orque (*Orcinus orca*)	Vue	Temporaire à rare
	Orque pygmée (*Feresa attenuata*)	Vue Echouée	Temporaire
	Pseudorque (*Pseudorca crassidens*)	Vue Echouée	Temporaire
	Globicéphale tropical (*Globicephala macrorhynchus*)	Vue Echouée	Semi-résident/temporaire
	Péponocéphale (*Peponocephala electra*)	Vue Echouée	Occasionnel à rare
	Dauphin de Fraser (*Lagenodelphis hosei*)	Vue	Résident régulier
	Dauphin tacheté pantropical *(Stenella attenuata)*	Vue Echouée	Résident permanent
	Dauphin tacheté de l'Atlantique *(Stenella frontalis)*	Vue	Temporaire
	Dauphin à long bec (*Stenella longirostris*)	Vue Echouée	Occasionnel à rare

	Dauphin de Clymène (*Stenella clymene*)	Vue	Rare
	Dauphin commun (*Delphinus delphis*)		
	Grand Dauphin (*Tursiops truncatus*)	Vue Echouée	Résident permanent
	Dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*)	Vue	Rare
	Dauphin de Risso (*Grampus griseus*)	Vue	Non déterminé
	Sténo rostré (*Steno bredanensis*)	Vue Echouée	Résident permanent
	Tuxuci (*Sotalia fluviatilis*)		

Figure 26

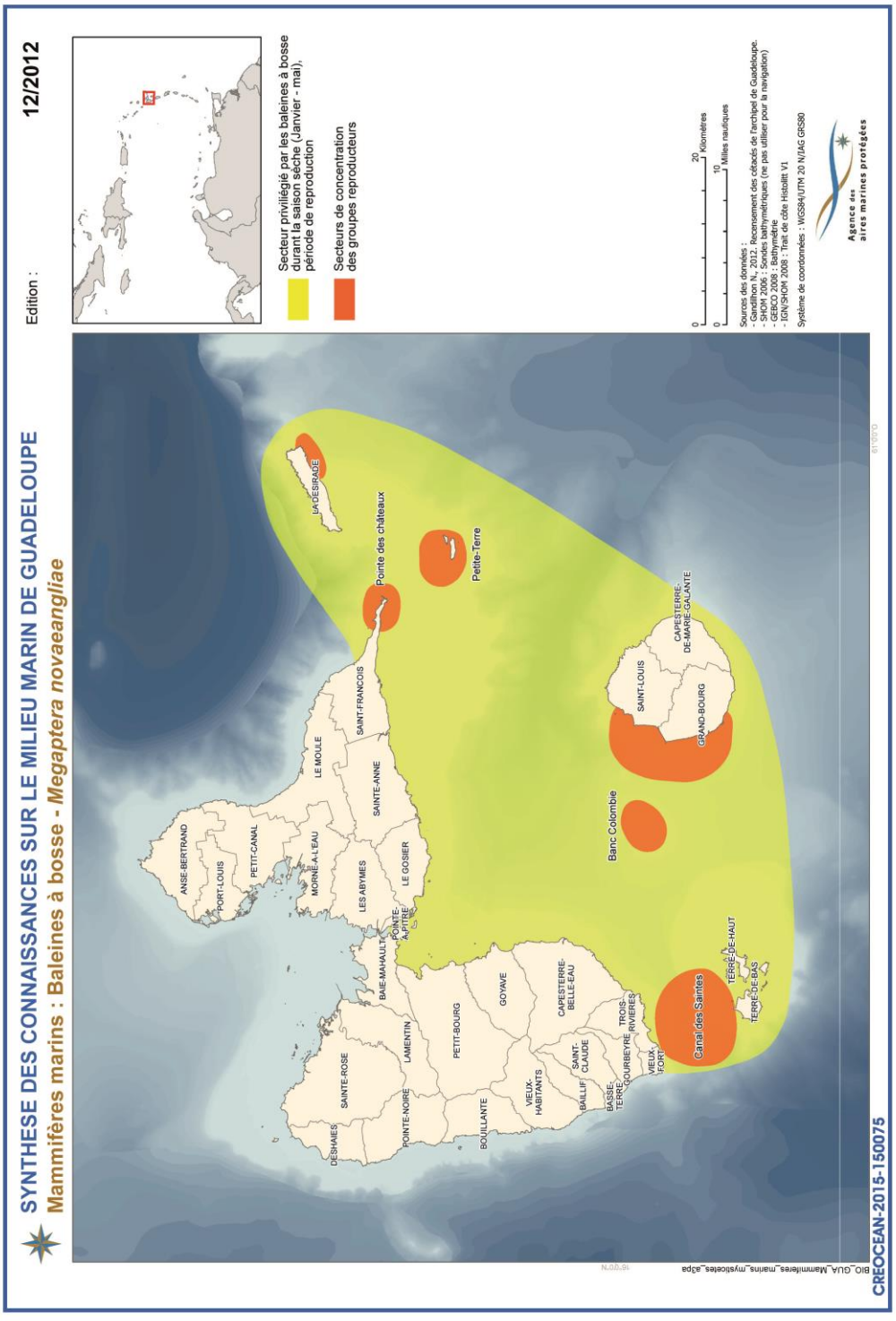


Figure 27 : Mammifères marins

Figure 26

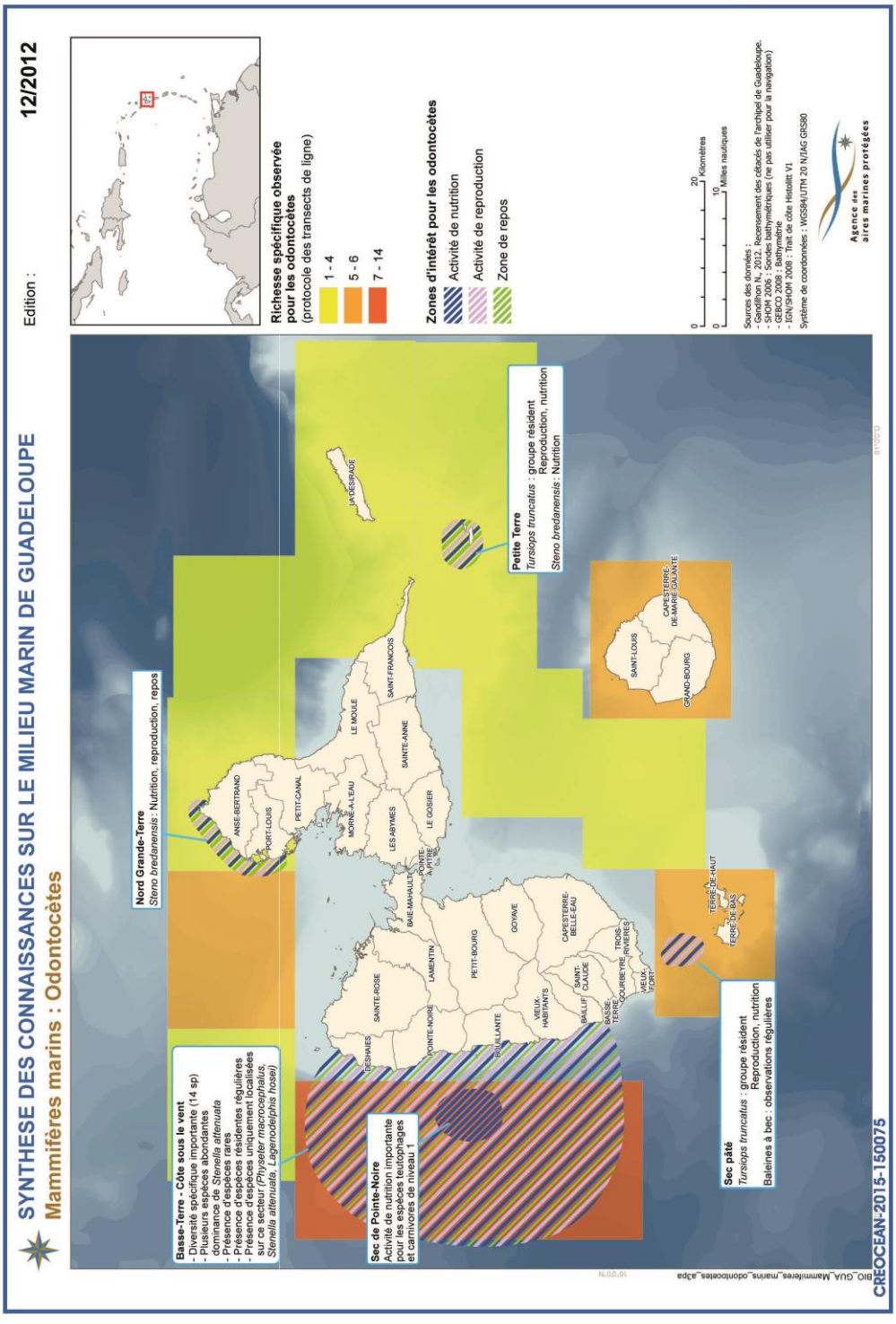


Figure 26b

4.6. Tortues marines

Cinq des sept espèces de tortues marines observées dans le monde sont recensées en Guadeloupe. Trois de ces espèces sont observées sur les plages pendant les saisons de ponte :

- La tortue verte (*Chelonia mydas*),
- La tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*),
- La tortue luth (*Dermochelys coriacea*).

Deux autres espèces viennent s'alimenter dans les eaux guadeloupéennes mais ne s'y reproduisent pas:

- La tortue caouanne (Caretta caretta),
- La tortue olivâtre (Lepidochelys olivacea).

Toutes ces espèces de tortues marines sont classées en danger d'extinction par l'UICN ou danger critique d'extinction.

Toutes les espèces, ainsi que leurs œufs et leurs habitats sont intégralement protégées par l'arrêté ministériel du 14 octobre 2005.

Les espèces de tortues marines sont inscrites aux Annexes I et II de la Convention de Bonn et en Annexe II du protocole SPAW. Les tortues verte, luth et imbriquée sont inscrites à l'Annexe I de la CITES, leur commerce est donc interdit. La tortue luth et la tortue imbriquée sont considérées « en danger critique d'extinction » et la tortue caouanne et la tortue verte sont classées « en danger » sur la liste rouge de l'UICN.

4.7. Avifaune

4.7.1. Les oiseaux marins

Les oiseaux marins s'alimentent en mer et peuvent avoir également des sites de dortoir et de reproduction sur le littoral (Leblond 2003).

Quatorze espèces nidifient dans l'archipel guadeloupéen (Leblond 2003)

Toutes ces espèces sont protégées par l'Arrêté préfectoral du 17 février 1989 qui réglemente les mesures de protection des oiseaux présents sur le département de la Guadeloupe. La destruction ou l'enlèvement des œufs et des nids des espèces d'oiseaux non domestiques sont interdits en tout temps et en tout lieu (Arrêté préfectoral du 17 février 1989

L'arrêté national du 17 avril 1981 présente la liste des espèces d'oiseaux protégées au niveau national.

Le Puffin de l'Herminier, le Pélican brun, la sterne de Dougall et la Petite sterne sont des espèces inscrites à l'annexe II du protocole SPAW. La sterne de Dougall est également inscrite à l'annexe II de la Convention de Berne assurant la conservation de la vie sauvage et des milieux naturels (tout comme toutes les espèces de pélican et la Sterne Pierregarin) ainsi qu'à l'annexe II de la Convention de Bonn sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage. Le Pétrel diablotin et le Puffin fuligineux sont inscrits sur la liste rouge de l'UICN en tant qu'espèces en danger et espèce quasi menacée.

Les principales zones de nidification sont indiquées sur la figure suivante.

La Pointe des Châteaux représente le seul site en Guadeloupe où on observe plus de 1000 couples d'oiseaux marins, regroupant les sternes fuligineuse et bridée, le noddi brun et le grand Paille en queue.

Les secteurs importants, en termes de nombre de couples, sont situés au niveau des ilots de l'archipel des Saintes, ainsi que sur les falaises du nord-est de la Grande-Terre et de Marie-Galante et l'ilet de la Tête à l'Anglais (Leblond 2003).

En dehors des sites de nidification, les zones de dortoirs sont également importantes pour les oiseaux marins. Ces sites accueillent des populations présentes en Guadeloupe ainsi que des populations passagères qui nidifient dans les Petites Antilles (Leblond G. com. pers. 2011).

Les zones de dortoirs sont des habitats variés, tels que des îlets de mangrove, des bouées ou des falaises. Les fous et les frégates se rassemblent en grand nombre à Grand Ilet ainsi que sur les îlets de mangrove de Petit-Canal (Leblond 2003, Leblond G. com.pers. 2011).

Un îlot près du Grand Ilet dans l'archipel des Saintes sert de dortoir aux fous bruns (200 à 250 individus) ainsi qu'aux frégates (plus de 200 individus). Signalons que les frégates utilisent un site de dortoir situé à Sainte Rosel. Les sternes utilisent l'ilet Caret et la Pointe Piton comme zones de dortoirs (Leblond 2003, Leblond G. com. pers. 2011).

4.7.2. Les limicoles

Près de 43 espèces de limicoles sont recensées en Guadeloupe (Levesque et al. 2007). L'arrêté du 17 février 1989 réglemente la chasse en Guadeloupe et autorise la chasse de certaines espèces de limicoles (non protégées par les arrêtés préfectoraux) entre le 14 juillet et le 1er dimanche de janvier.

Parmi les espèces de limicoles inscrites sur la liste rouge UICN, le bécasseau roussâtre (*Tryngites subruficollis*) est une espèce quasi menacée.

Les limicoles sont, de façon générale, des oiseaux au long cours qui migrent entre leurs aires de reproduction et d'hivernage. Trois espèces de limicoles nichent plus ou moins régulièrement en Guadeloupe : le Gravelot de Wilson (*Charadrius wilsonia*), l'Huîtrier d'Amérique (*Haematopus palliatus*) et l'Échasse d'Amérique (*Himantopus mexicanus*) (Levesque et al. 2008).

En Guadeloupe, les limicoles sont principalement observés à la Pointe des Châteaux, à La Désirade, aux ilets de Petite-Terre, à l'îlet Fajou, sur les marais de Port-Louis, à Bois-Jolan et au barrage de Gaschet. Les limicoles sont également présents dans les mangroves du lagon Grand cul-de-sac Marin, et sur les terres et prairies inondées (Levesque et al. 2008).

4.7.3. Impact des éoliennes sur l'avifaune

Les auteurs s'accordent dans leur ensemble pour évaluer un risque de collision oiseau/éolienne minime dans de bonnes conditions de visibilité (durant la journée, en absence de pluie ou de brouillard), bien que de grandes variations existent entre sites d'études.

Un taux de mortalité moyen de 33 oiseaux par éolienne et par an a cependant été constaté sur des axes migratoires importants. En outre, pour certaines espèces, le risque de collision peut augmenter en fonction de facteurs tels que le comportement de chasse pour les rapaces, les migrations nocturnes et l'emplacement des sites éoliens. Les perturbations engendrées par la présence des éoliennes (modification du milieu, dérangement humain qui leur sont liés) semblent avoir plus de conséquences que les turbines en elles-mêmes.

Les oiseaux semblent capables de percevoir si les éoliennes sont en fonctionnement et de réagir en conséquence. Les variations morphologiques et comportementales des espèces peuvent avoir une influence sur leur vulnérabilité vis-à-vis des turbines. Les principaux critères sont les hauteurs et types de vol, le comportement de chasse pour les rapaces et les phénomènes de regroupement pour les espèces en migration, principalement pour les migrateurs nocturnes. Ces deux dernières catégories (rapaces, migrateurs nocturnes) sont généralement considérées comme les plus exposées au risque de collision avec les turbines.

La moitié des cas de mortalité observés concernent, en général, les rapaces. Dans des conditions normales, les oiseaux ont manifestement la capacité de détecter les éoliennes à distance (environ 500 m) et adoptent un comportement d'évitement, qu'il s'agisse de sédentaires ou de migrateurs ; mais la distance de réaction est alors différente. Le comportement d'évitement le plus fréquent consiste à passer à côté des éoliennes et non au-dessus, au-dessous ou entre elles, ce qui montre l'importance d'éviter de former une barrière pour l'avifaune en positionnant les éoliennes en ligne.

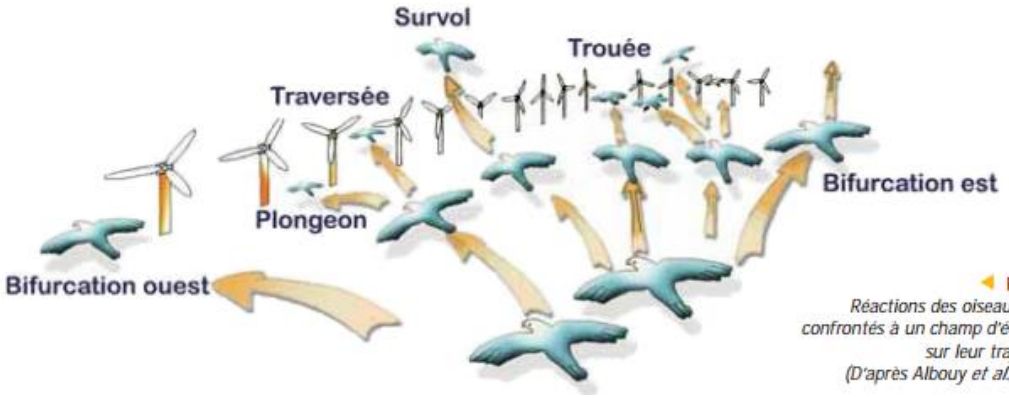


Figure 5
Réactions des oiseaux en vol confrontés à un champ d'éoliennes sur leur trajectoire. (D'après Albouy et al., 2001 [4])

Figure 27

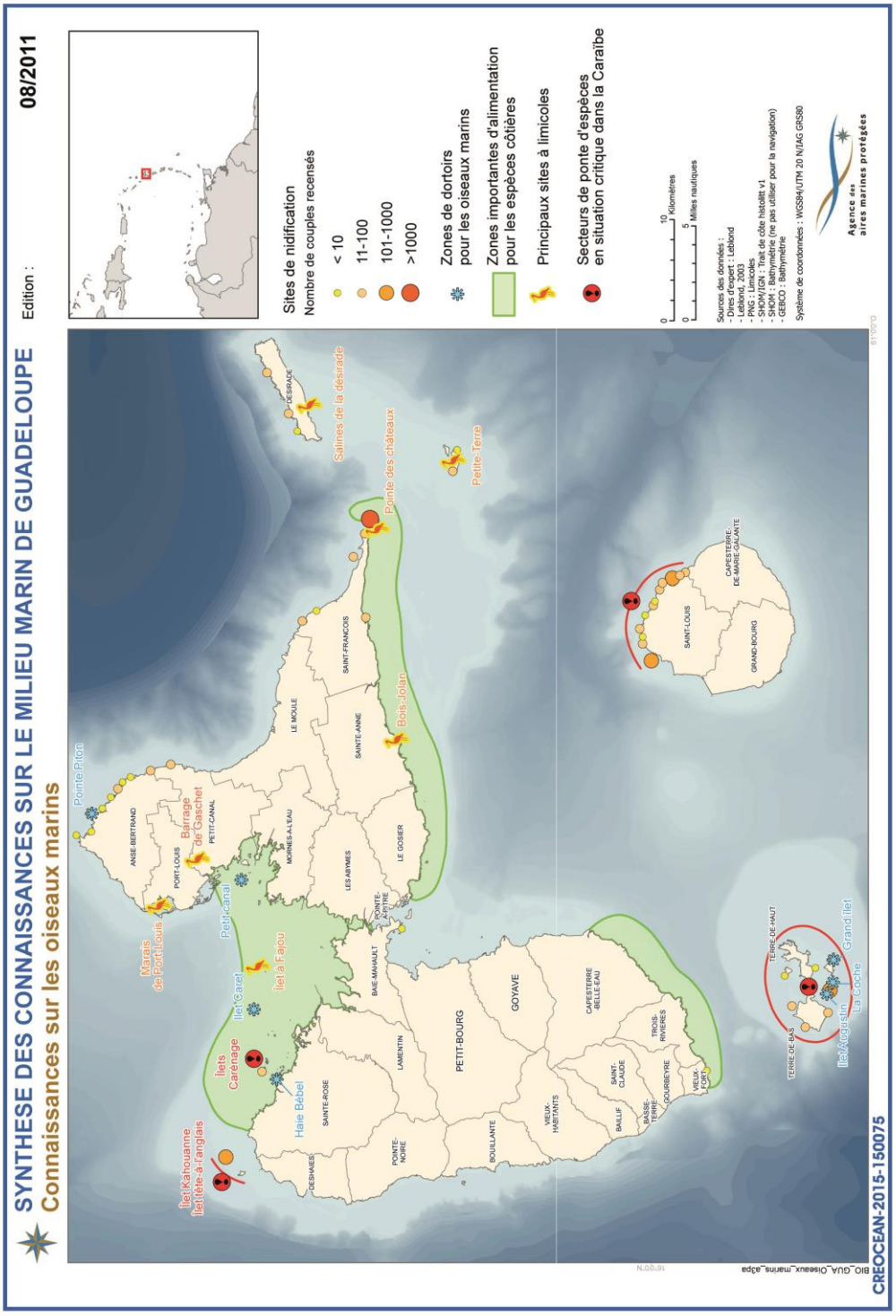


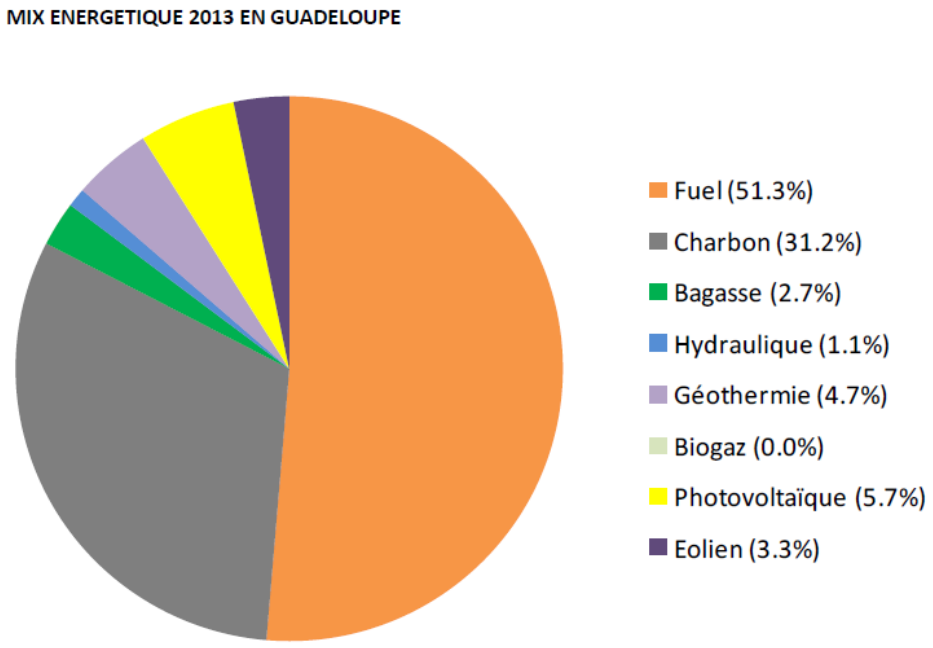
Figure 28 : Oiseaux marins

5. Contraintes logistiques et techniques

5.1. Réseau électrique

5.1.1. Etat des lieux

Le réseau électrique guadeloupéen présente la particularité d'être insulaire et non interconnecté à un réseau continental.
L'alimentation en électricité de la Guadeloupe est aussi fortement dépendante des énergies fossiles (à 88% environ) qui ne sont pas présentes sur le territoire.
Les énergies renouvelables représentent 26,5% de la puissance totale installée en Guadeloupe et en moyenne 17.5 % de la production totale (données EDF Guadeloupe 2013).



La consommation d'énergie en Guadeloupe était de 1 789 GWh pour l'année 2013. Cela représente une hausse de 0.2% par rapport à 2012. EDF projette une croissance annuelle continue de 2% jusqu'à 2020.

Scénario de référence	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Energie (GWh)	1 759	1 805	1 840	1 879	1 918	1 961
Taux de croissance annuel moyen en énergie sur la période	2,1 %					
Puissance de pointe atteinte pendant 1h (MW)	257	263	268	274	280	285
Taux de croissance annuel moyen en puissance sur la période	2,0 %					

Figure 29 : estimation du taux de croissance de la demande en énergie

En 2013, la puissance de pointe atteinte par le réseau était de 254 MW.

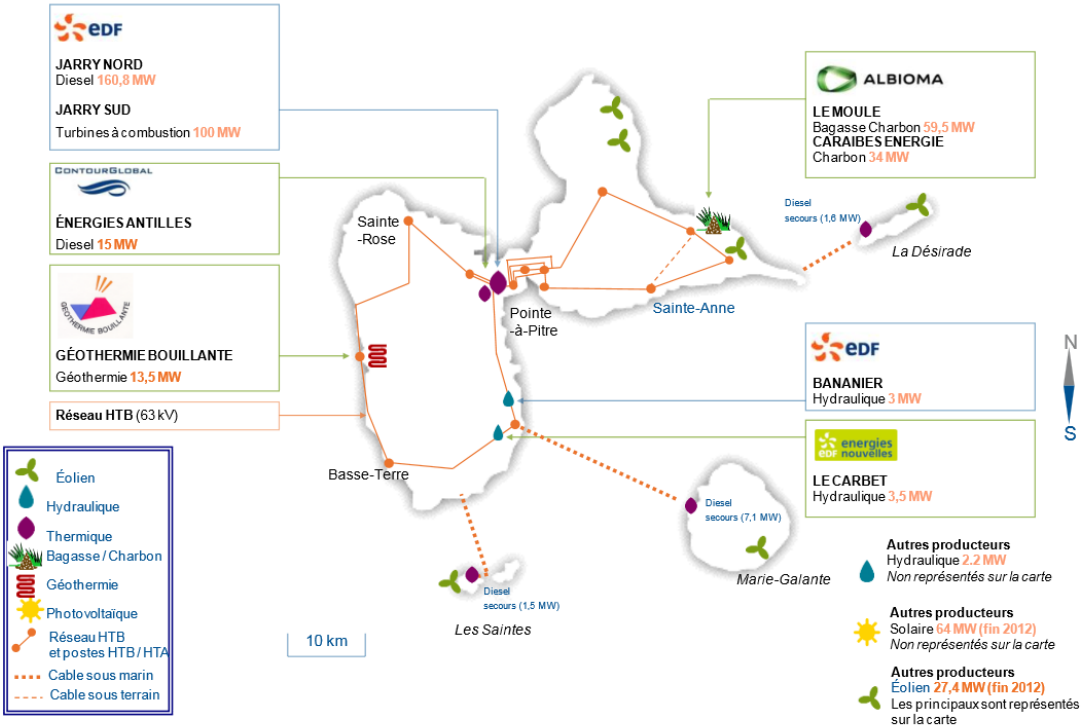


Figure 30: réseau Guadeloupéen de production d'électricité

Un certain nombre de projets électrique sont actuellement étudié en Guadeloupe :

- Projet Bouillante 3 : 30 MW ;
- Projet de valorisation de la biomasse Gabar'Belle ;
- Projet centrale bagasse/charbon à Marie-Galante : 13 MW ;
- Projet d'unité de canne à sucre combustible: 10 MW ;
- Projets hydroélectriques : 4 à 5 MW ;

5.1.2. Capacité d'accueil du réseau et contraintes

La capacité d'accueil du réseau 63 000V est limitée. Elle est évaluée en fonction de la consommation au niveau des différents postes sources, de la production raccordée et de la production en file d'attente.

Elle évolue également en fonction des projets de production d'électricité qui sont en file d'attente. Les données qui suivent sur les capacités d'accueil datent de janvier 2012.

La limitation de cette capacité d'accueil est due aux lignes électriques et postes de transformations 63 000/20 000 kV, qui ont chacun une capacité d'accueil maximale.

La capacité d'accueil totale de la Basse-Terre est de 70 MW. Mais, si on considère chaque poste source, les capacités d'accueil sont (capacités non cumulables) :

- Poste de Sainte-Rose : 48 MW ;
- Poste de Bouillante : 21 MW ;
- Poste de Rivière Sens : 58 MW ;
- Poste de Capesterre Belle-Eau: 58 MW.

La capacité de la Grande-Terre est nulle.

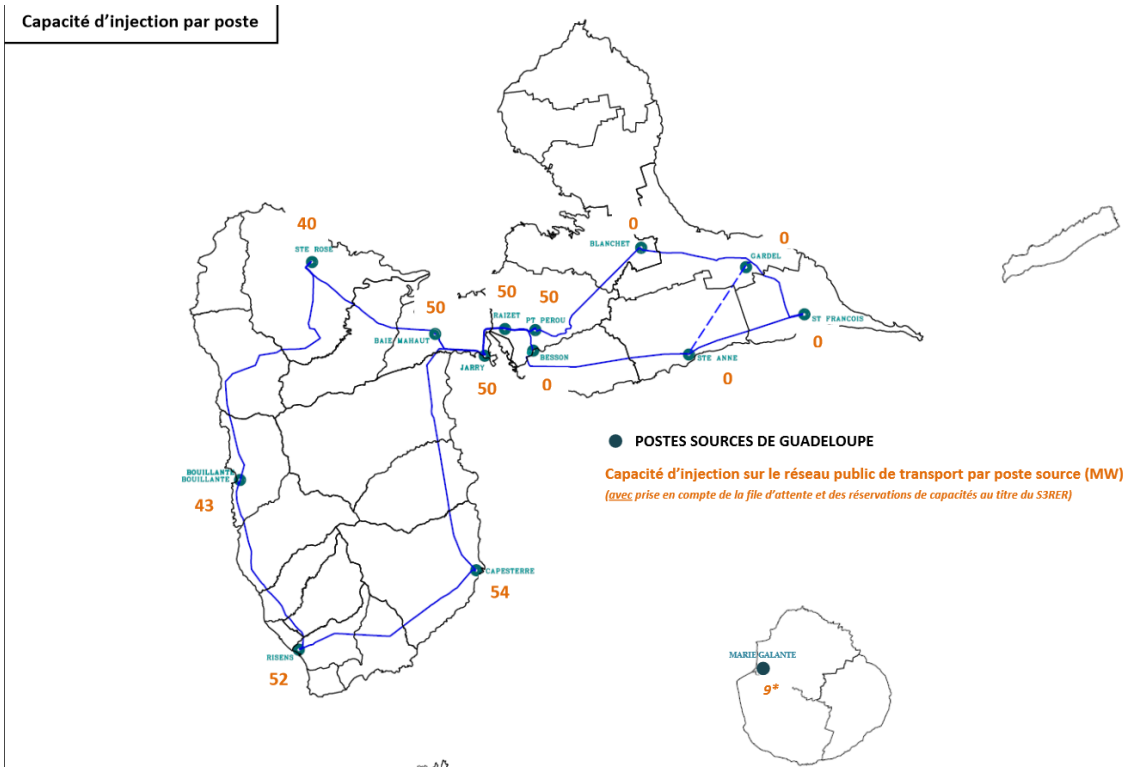


Figure 31 : postes sources du réseau électrique

L'augmentation de la production électrique nécessite des renforcements du réseau électrique pour qu'il soit apte à évacuer le supplément d'électricité. Ces renforcements sont déterminés par EDF, au travers du schéma de raccordement des énergies renouvelables, lui-même établi d'après le SRCAE et le schéma régional éolien.

Plusieurs projets de renforcement sont actuellement à l'étude en Guadeloupe, en lien avec des raccordements de production (source EDF):

- Renforcement de la liaison sous-marine Marie-Galante/Capesterre Belle-Eau ;
- Renforcements en lien avec le projet géothermie Dominique.
- Projets de renforcement sur les zones de Trois-Rivières et Petit Bourg;
- Projets éoliens : 20 MW (appel d'offre CRE).

5.1.3. Limite d'intégration des énergies intermittentes au réseau

Le taux de contribution des énergies renouvelables intermittentes est limité à **30%** de la puissance énergétique totale (arrêté ministériel du 23 avril 2008 modifié). Au-delà des 30% de

puissance d'énergies intermittentes, le gestionnaire réseau peut déconnecter les centrales de production de ces énergies intermittentes, dans l'ordre inverse de leur entrée dans la file d'attente pour le raccordement. Ceci constitue un risque économique pour les exploitants de parcs éoliens qui peuvent alors être déconnectés du réseau électrique à tout moment une fois ce seuil atteint et ne peuvent donc pas vendre assez d'électricité à EDF pour assurer la viabilité économique des parcs.

En effet, de par son caractère aléatoire, la production d'électricité de source éolienne peut varier brusquement et fortement, sans suivre la demande en électricité. Des moyens de production complémentaires doivent alors être mis en place pour compenser ces éventuelles baisses de production et éviter les coupures.

Ce seuil correspond à 80 MW d'énergies intermittentes. Selon EDF, il a déjà été atteint puisque fin 2011 la puissance installée en énergies renouvelables intermittentes était de 80 MW (27 MW d'éolien et 53 MW de photovoltaïque).

La Région Guadeloupe, au travers de la délibération du **20 juillet 2010** relative au développement des installations de production d'énergie électrique mettant en œuvre de l'énergie fatale à caractère aléatoire, prévoit des quotas de puissance en deçà desquels la déconnexion du réseau électrique par le gestionnaire est impossible.
Ce quota de puissance pour l'éolien est de 31 MW. Actuellement, la déconnexion par le gestionnaire de réseau électrique n'est pas possible. Ce seuil sera en revanche atteint si un autre projet éolien voit le jour en Guadeloupe. Il s'agit actuellement d'une des principales contraintes pour le développement de l'énergie éolienne. Il est à noter que les projets éoliens avec stockage d'énergie, tel que le projet Ménard porté par AKUO Energy à Marie Galante, ne seront pas concernés par la déconnexion.

5.2. Infrastructures portuaires et routières

5.2.1. Les ports et infrastructures portuaires

La Guadeloupe ne recense pas moins de 36 ports départementaux, un port autonome reparti sur 5 sites, ainsi que des ports communaux tel que la marina de Rivière Sens ou de Saint-François.

Toutefois, ces ports possèdent des équipements et infrastructures différents généralement en adéquation avec leur vocation première.

L'objectif de ce paragraphe sera de décrire brièvement les principaux ports et sites de Guadeloupe, susceptibles de pouvoir accueillir les navires et de fournir les espaces à terre nécessaires à la création d'un parc éolien flottant offshore.

5.2.1.1.Les ports communaux

Les principaux ports communaux de Guadeloupe sont ceux de Rivière-Sens, Baie Mahault et de Saint-François.

Ces ports sont exclusivement orientés vers la plaisance. Ces ports sont généralement limités en tirant d'eau et ne proposent pas les infrastructures et les équipements recherchés dans le cadre du projet.

Par conséquent, ce type de port sera exclu.

5.2.1.2.Les ports départementaux

Les ports départementaux sont présents sur l'ensemble du territoire Guadeloupéen.

Orientés principalement vers la filière de la pêche et parfois du transport de passagers (Trois-Rivières, Saint-François, Désirade, Saint-Louis…), ces ports sont gérés par le Conseil Général de la Guadeloupe.

Globalement, il s'agit principalement de petits ports de pêche avec des conditions d'accès maritimes limités (faible tirant d'eau et faible linéaire d'accostage). Quant aux infrastructures, celles-ci sont relativement limitées et ne permettent pas de répondre aux besoins identifiés.

De ce fait, ils ne pourront pas être retenus.

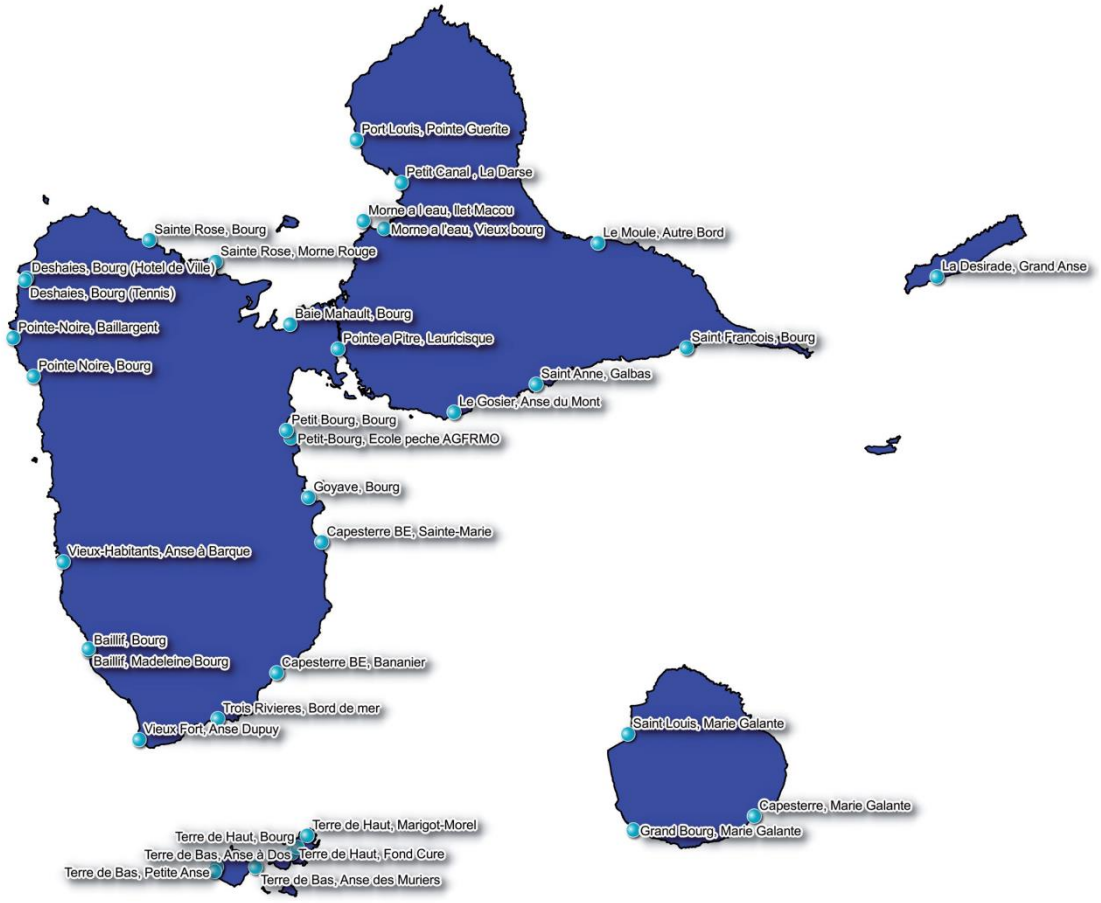


Figure 32 : Ports départementaux de Guadeloupe (CG 971 - CREOCEAN, 2014)

5.2.1.3.Sites du Grand Port Maritime de la Guadeloupe

Le Grand Port Maritime de la Guadeloupe est implanté sur 5 sites distincts dans le département de la Guadeloupe :

- La Marina Bas-du-Fort,
- Le port de Pointe-à-Pitre,
- Le port de Jarry, à Baie-Mahault,
- Le port de Basse-Terre,
- Le port de Folle Anse, à Marie-Galante.

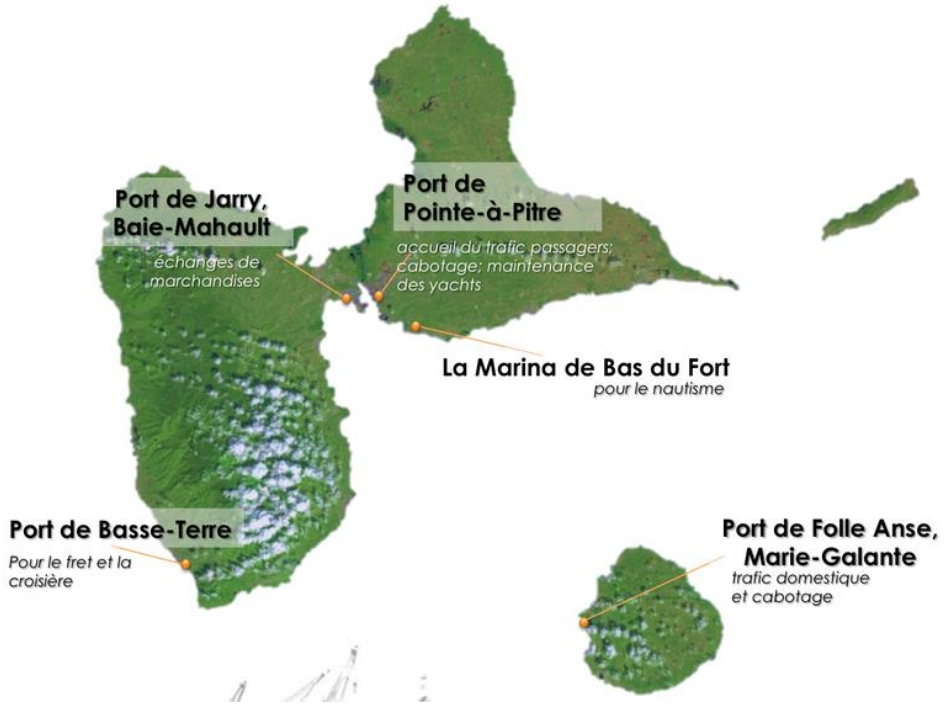


Figure 33 : Sites du Grand Port Maritime de la Guadeloupe (GPMG)

5.2.1.3.1.*Le port de Basse-Terre*

Ouvert sur l'océan, le port de Basse-Terre, a été doté d'un quai d'une longueur de 300 m entretenue à la côte de -9m CM.

Ce site accueille des trafics de fret, de transport de passagers (ligne régulière vers les Saintes) et des escales de croisière.

Les espaces à terre sont relativement restreint (environ 2ha) et certainement non mobilisables dans le cadre des travaux.

Figure 34 : Port de Basse terre

5.2.1.3.2.*Folle-Anse*

Le port de Folle Anse à Marie-Galante est équipé d'un poste sucrier de 78 mètres offrant un tirant d'eau de 9 mètres et de deux postes rouliers.

Les espaces à terre sont très limités.

Ce port n'offre donc pas d'infrastructure et d'équipement pouvant être mobilisés dans le cadre du projet.

Figure 35 : Port de Folle anse

5.2.1.3.3.*La Marina Bas-du-Fort*

La Marina de Bas-du-Fort est un port de plaisance disposant de 1 086 places, réparties sur 23 appontements, complétées de 45 postes de mouillage sur bouées.

La Marina dispose de 6 000 m² de zone technique professionnelle, d'une cale de mise à l'eau, d'un travelift de 35 tonnes…

Compte tenu de la vocation plaisance et des difficultés d'accès de ce port, celui-ci ne pourra pas retenu.

5.2.1.3.4.*Le port de Pointe-à-Pitre*

Le port de Pointe à Pitre accueille l'essentiel du trafic passager de la Guadeloupe: croisière, trafic inter-îles. Une activité yachting et un trafic cabotage avec les îles du nord et du sud de l'archipel sont également présents.

Les équipements et postes à quai sont les suivants :

- Base de réparation navale spécialisée dans les grands yachts. Elle est équipée de docks flottants.
- Huit quais offrant un tirant d'eau variable entre 7.5m et 9m :
  - 1 quais de 151m pour la croisière/ pilotines /remorqueur,
  - 1 quai de 177m pour la croisière,
  - 4 quais de 320m pour la croisière *et les réparations navales,*
  - 2 quais de 150 m pour le cabotage.

Ce site présente des postes à quai avec un linéaire important pouvant convenir à certains types d'activités dans le cadre de la création d'un parc éolien flottant offshore.

Toutefois, on notera l'absence de terre-plein de grande superficie à proximité immédiate des quais.

Figure 36 : Port de Pointe à Pitre

5.2.1.3.5.*Le port de Jarry, Baie-Mahault*

Le port de Jarry, Baie-Mahault est situé au cœur des zones d'activités Industrielles et Commerciales de la Guadeloupe.

Les équipements et postes à quai sont les suivants :

- Huit quais offrant un tirant d'eau variable entre 7.5m et 9m :
  - 1 quai minéralier de 135 m offrant un tirant d'eau de 7.7m,
  - 1 quai pour les barges beaching de 140 m offrant un tirant d'eau de 4.80m,
  - 1 quai pétrolier/gaz de 50m et offrant un tirant d'eau de 7.20 m,
  - 2 postes à quai d'une longueur totale de 300 m et offrant un tirant d'eau de 8.30 à 8.60 m,
  - 3 postes à quai (terminal à conteneurs) pour une longueur totale de 600m et un tirant d'eau 11m.
- Terre-pleins et zone de stockage à terre.

Le site de Jarry pourra, en raison de ses équipements et infrastructures, offrir la possibilité de servir de port technique pour l'assemblage des éoliennes si les espaces disponibles à terre sont suffisants.

Figure 37 : Port de Jarry

5.2.2. Les infrastructures routières

Le réseau routier est le **seul réseau d'infrastructure terrestre de la Guadeloupe**. En plus d'être soumis aux aléas climatiques et d'être contraint par la topographie du territoire, il est le support de l'ensemble des déplacements des Guadeloupéens et à ce jour aucune alternative n'est possible, aussi bien pour des dessertes locales que pour des dessertes interurbaines.

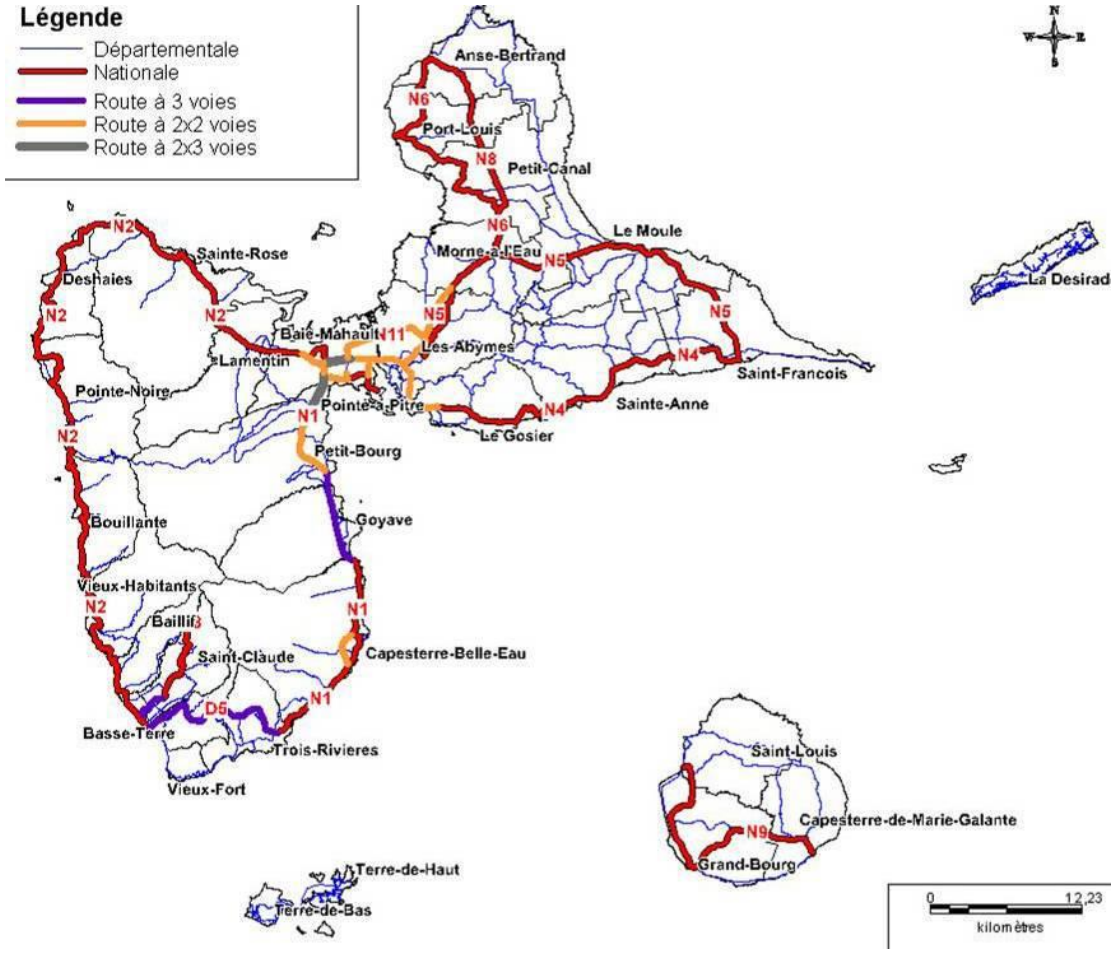


Figure 38 : Réseau routier de la Guadeloupe (Source : Diagnostic du SRIT de la Guadeloupe, 2012)

Le réseau routier de Guadeloupe est composé d'environ 2000 km réparti en 3 catégories de routes (*Source : INSEE 2013*) :

- Les routes nationales : 416 Km,
- Les routes départementales : 575 Km,
- Les voies communales : 1 970 Km.

Le réseau national et départemental est globalement de bonne qualité et dessert l'intégralité de la Guadeloupe.

Cependant, le réseau routier présente des contraintes importantes avec notamment la présence de nombreux ponts à hauteur ou largeur limitée, la traversée de bourgs, virages serrés, lignes aériennes, etc.

Ces contraintes impliquent que le transport de pièces encombrantes ne pourra pas forcement se faire par voie terrestre. Dans ce cas, le recours au transport maritime sera nécessaire.

5.3. Identification d'entreprises locales pour les travaux, l'assemblage et l'installation

L'installation de parc éolien offshore requiert des compétences et des moyens techniques très spécifiques.

Les travaux sont généralement réalisés par un consortium d'entreprises multinationales spécialisées dans le domaine.

Cependant, le consortium peut intégrer des entreprises « locales » en raison de leurs compétences techniques ou des moyens nautiques dont elles disposent.

A ce stade de l'étude, il est impossible de déterminer quelles entreprises « locales » sont potentiellement aptes à répondre à ce type de travaux sachant que les besoins ne sont pas encore identifiés puisqu'ils dépendront du type d'éolienne et de flotteurs qui seront mis en place.

La sous-traitance concerne les compétentes suivantes :

- les fondations,
- les nacelles,
- les mâts,
- les pales,
- les composants mécaniques & électromécaniques,
- la logistique et l'installation,
- le câblage et les raccordements électriques.

Outre la réalisation des travaux, dont la durée est limitée dans le temps, l'activité de maintenance qui, quant à elle, s'inscrit dans la durée, va générer des besoins spécifiques.

Les compétences liées à la maintenance seront indispensables et non délocalisables vers la métropole. En effet, la maintenance requiert une proximité immédiate du site avec des possibilités d'intervention rapide 24H/24 et 7J/7.

L'activité de maintenance sera certainement l'occasion pour des entreprises locales de se spécialiser dans ce domaine.

6. Paramètres physiques

6.1. Contexte géologique

6.1.1. Activité tectonique

L'île de la Guadeloupe et Marie Galante appartiennent à l'archipel des Petites Antilles. Leur émergence est liée au phénomène de subduction à l'origine de l'arc insulaire (Figure 39). La plaque Atlantique glisse sous la plaque Caraïbes avec une vitesse de l'ordre de 1 à 2 cm par an. Ce mouvement des plaques tectoniques entraîne une activité volcanique et sismique sur l'ensemble de la zone à des degrés variés. Nous reviendrons ultérieurement sur l'aléa sismique de la Martinique.

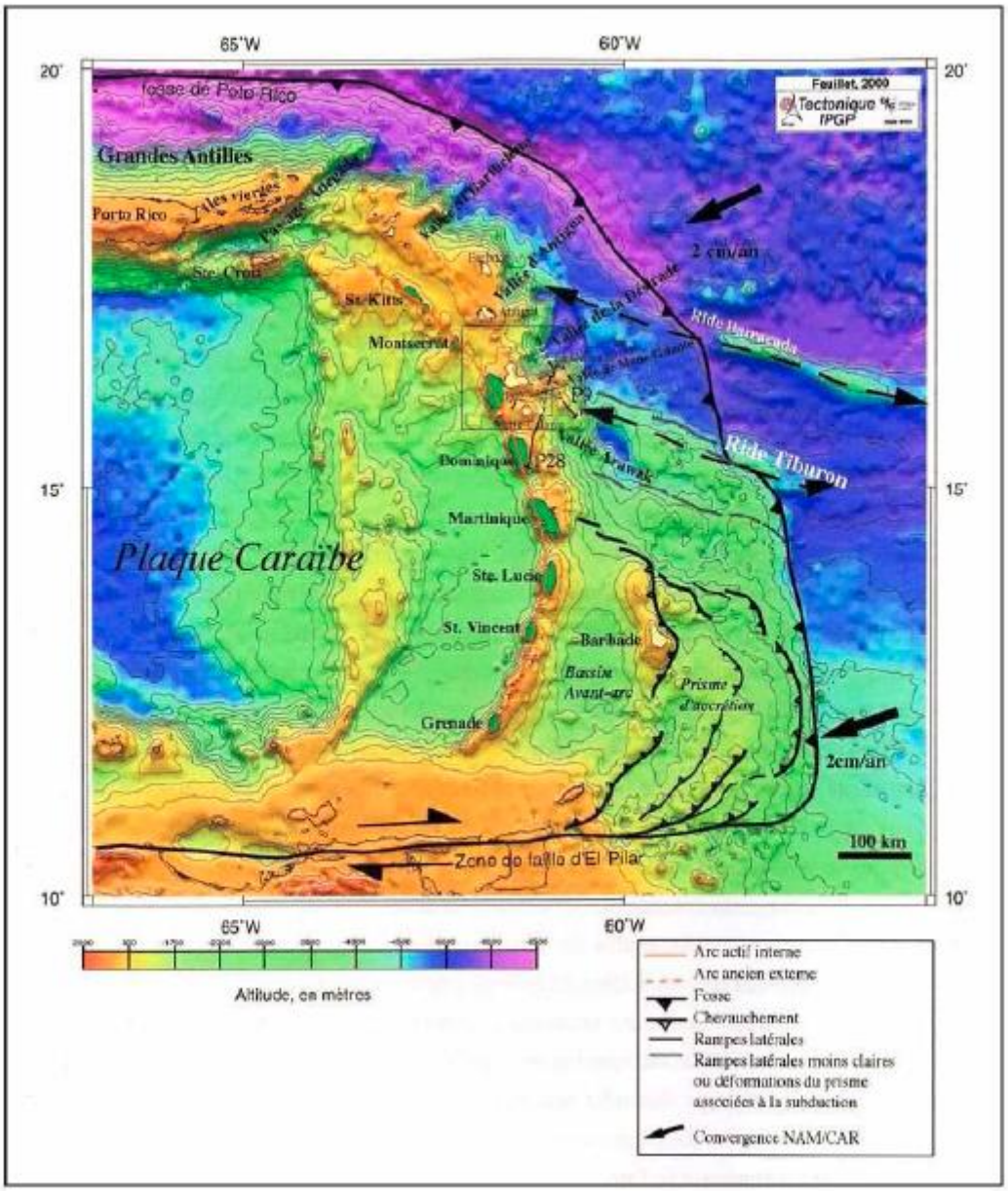


Figure 39 : **Contexte de subduction de l'arc antillais - Extrait GéoAzur d'après Feuillet, 2000.**

Un réajustement tectonique important au cours du Miocène supérieur aurait conduit à une migration de l'arc insulaire des Petites Antilles vers l'Ouest (Bouysse et *al.*, 1985). Cette migration a entrainé une différentiation de la Guadeloupe en plusieurs secteurs. Ce zonage est associé aux différentes localisations de l'arc insulaire au cours du temps :

- ✓ Arc Ancien – ou externe – (Eocène inférieur à Oligocène inférieur) : Grande-Terre et Marie-Galante;
- ✓ Arc Récent – ou interne – (Miocène inférieur à actuel) : Basse-Terre et Les Saintes.

Cette évolution de l'arc explique l'activité volcanique récente observée sur Basse-Terre, volcan actif de la Soufrière (Figure 40).

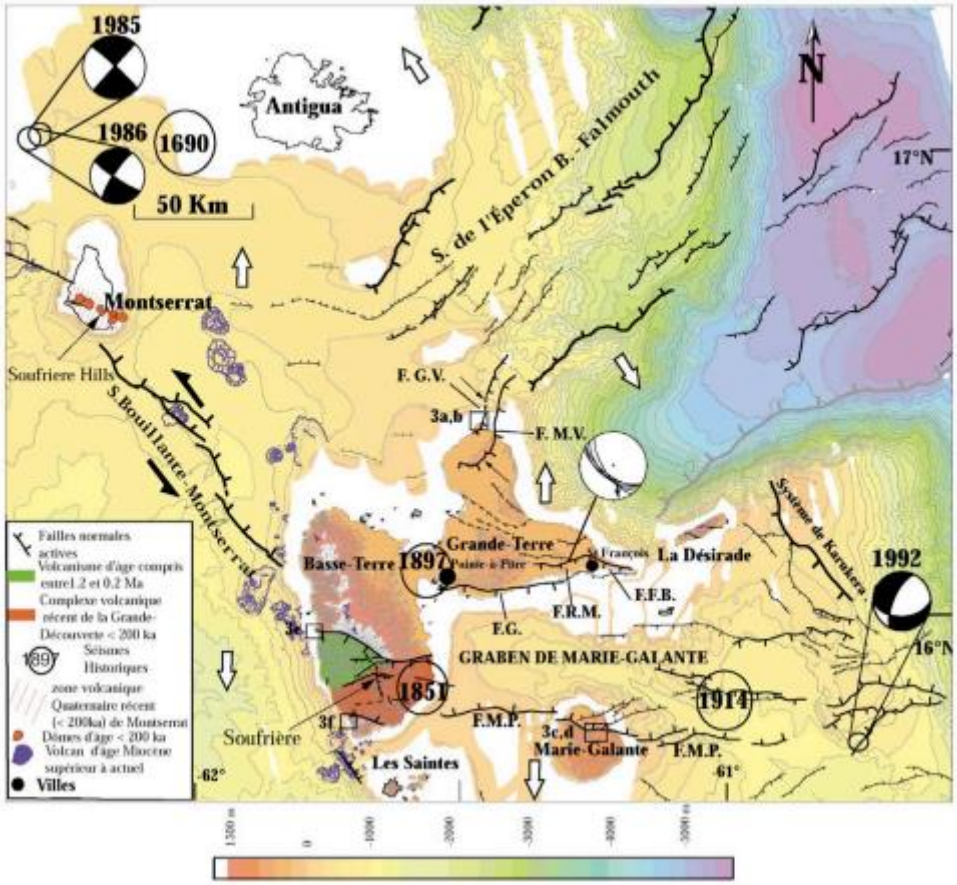


Figure 40 : Contexte tectonique de la Guadeloupe (Bertil et al., 2001)

6.1.2. Affleurements anciens terrestres

D'un point de vue géologique, les affleurements en Guadeloupe et à Marie Galante peuvent être divisés selon les deux secteurs d'activité de l'arc précédemment cités mais également au sein de l'arc récent en différents terrains indiquant un déplacement de l'activité volcanique.

L'ensemble des affleurements de Grande-Terre et Marie Galante, associé à l'arc ancien sont caractérisés par les roches sédimentaires du plateau calcaire plio-pléistocène (3,5 millions d'année à 450 mille ans).

Pour Basse-Terre, les affleurements sont de type volcanique et différencié principalement en fonction des périodes d'activité des volcans de l'île (Figure 41).

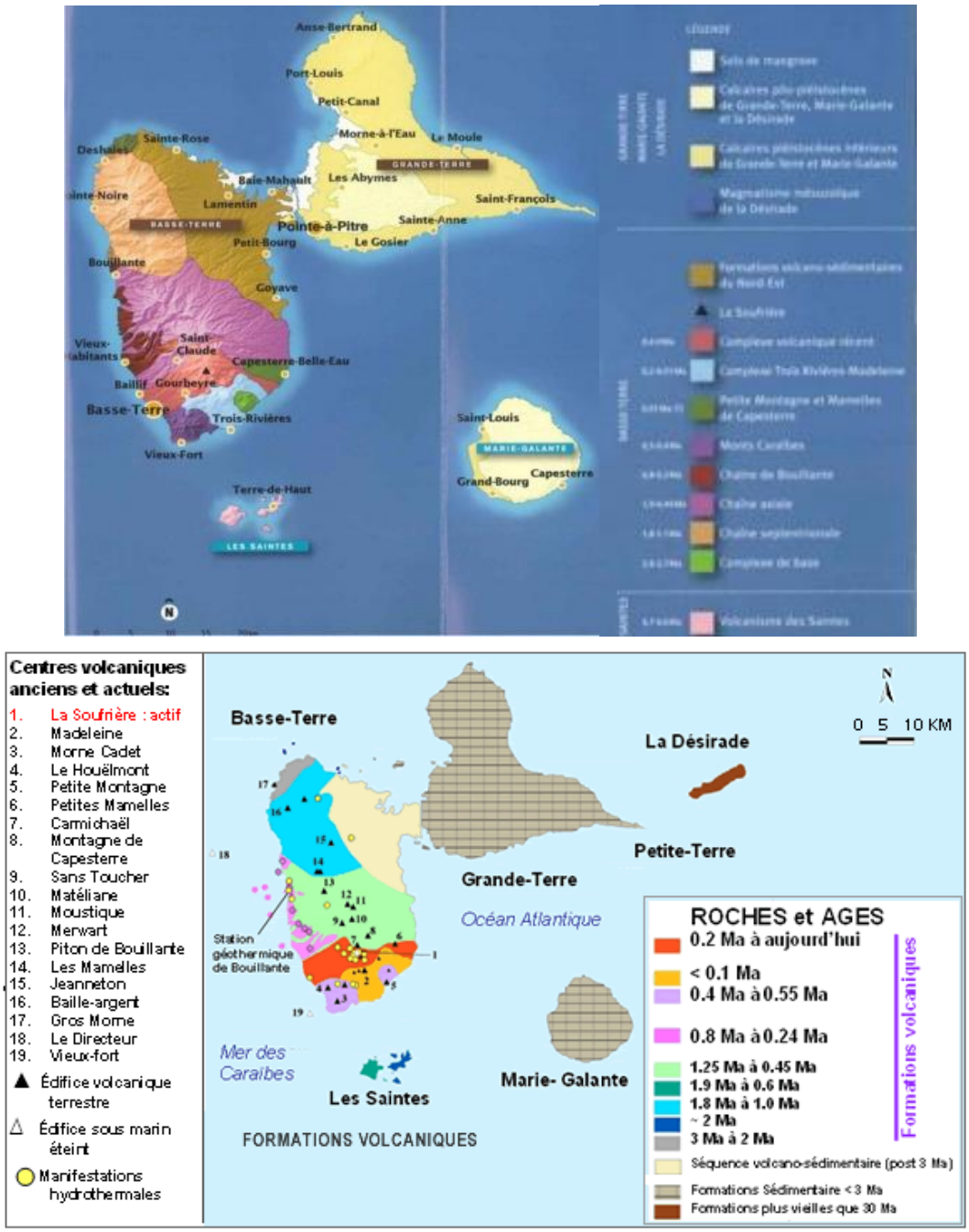


Figure 41 : Géologie simplifiée et formations volcaniques (haut, d'après Bourdon et Courrioux, 2011) et leur âge (bas, d'après Komorowski et al., 2005)

Nous n'avons pas d'informations concernant la présence d'affleurements anciens en domaine marin. Nous verrons dans le chapitre suivant que la majorité des fonds semble constitué de sédiments meubles ou de formations récifales.

6.2. Risques naturels

6.2.1. Sismicité

Dans le cadre du « Plan Séisme », programme national visant à la prévention des risques sismiques et de tsunamis, plusieurs rapports ont été publiés par le BRGM sur l'activité sismique dans les Antilles Françaises. Le rapport préliminaire sur les risques de tsunamis de Terrier et coll. (2007) synthétise les connaissances sur l'activité sismique de cette région (contexte, bases de données, zonage du risque etc…).

6.2.1.1.Mécanismes

Les séismes enregistrés au niveau de la Guadeloupe, et de l'arc antillais, sont répartis selon 3 catégories en fonction des mécanismes et de l'origine du facteur déclencheur (

Figure 42) :

- ✓ Type 1 : les séismes intra-plaques crustaux ou superficiels, à épicentre peu profond (< 20/30 km). Ils sont induits par le rejeu des failles actives normales ou décrochantes au sein de la plaque Caraïbes (cas A). Leur magnitude est généralement inférieur à 6,5 ;
- ✓ Type 2 : les séismes intra-plaques de profondeur intermédiaire. Ils sont générés par des ruptures au sein de la plaque Amérique généralement associés à des mécanismes de failles normales (cas C et D) ;
- ✓ Type 3 : les séismes inter-plaques de subduction se produisant au contact des plaques Amérique et Caraïbes, généralement associés à des mécanismes de failles inverses (cas B). Les magnitudes peuvent aller jusqu'à 8.

On notera également l'occurrence de séismes d'origine volcanique généralement beaucoup plus faible en termes de magnitude (Bertil et coll., 2009).

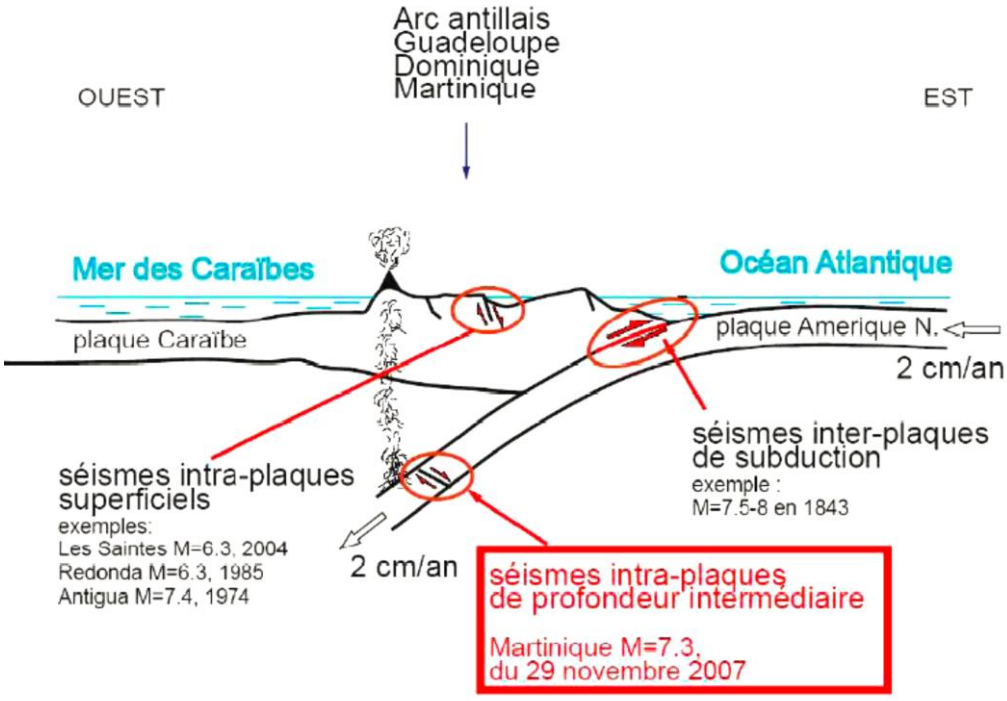


Figure 42 : **Les différentes zones des séismes de l'arc antillais, d'après Schlupp et al., 2008**

Les ondes de surface sont à l'origine des dégâts pouvant être générés lors de séismes d'intensité VII et plus (échelle MSK évaluant les ressentis). Pour des séismes profonds, cas récurrents des forts séismes de la Martinique, ces ondes de surface sont souvent faibles comparativement à une magnitude identique pour un séisme superficiel. On notera cependant que pour des séismes « profonds » l'aire de ressentie est beaucoup plus importante que pour des séismes superficiels.

6.2.1.2.Séismes historiques

D'après les informations disponibles, les séismes historiques sont peu nombreux et seuls deux d'entre eux présentent une magnitude supérieure à 7 (Tableau 1).

Tableau 1. Séismes historique aux Antilles (source : NOAA et BRGM)

Date	Localisation (WGS84)			Paramètres	
	Nom	Latitude	Longitude	Profondeur	Magnitude
13/09/1824	Basse-Terre	16,700	-62,200		
8/02/1843	Antigua - Grande terre	16,500	-62,200	33	8,3
16/05/1851	Capesterre	16,200	-61,400		5,5
29/04/1897	Point-à-Pitre	16,100	-61,300		5,5
25/12/1969	Grand-Bourg	15,800	-59,700	7	7,2
16/03/1985	Guadeloupe	17,013	-62,448	13	6,3
21/11/2004	Basse-Terre, Les Saintes	15,679	-61,706	14	6,3
14/02/2005	Guadeloupe	15,775	-61,744	12	5,8

6.2.1.3.Activité sismique récente

Le Centre de Données Sismologiques des Antilles (CSDA), recensent l'ensemble des documents disponibles sur les enregistrements de séismes récents (depuis 1999) à partir des données des différents centres d'observation à terre. Ces réseaux sont constitués d'accéléromètres mis en place par le Conseil Générale de la Martinique, l'IPGP (réseau Géoscope) et le BRGM.

D'après les enregistrements réalisés entre 1999 et 2005 (CSDA), nous pouvons distinguer plusieurs secteurs en fonction des profondeurs des épicentres autour de l'archipel de la Guadeloupe (Figure 43) :

- ✓ A l'Est et au Sud de l'archipel : séismes superficiels essentiellement (type 1) ;
- ✓ Au centre : séismes de profondeur intermédiaire (type 2) ;
- ✓ Au Nord et à l'Ouest : séismes de profondeur intermédiaire et profond (types 2 et 3).

L'approfondissement vers l'Ouest des épicentres soulignent le phénomène de subduction de la plaque Atlantique sous la plaque Caraïbes.

On notera qu'autour de Grande-Terre, la magnitude des séismes récents est généralement inférieure à 4, en particulier pour la façade Atlantique (Est).

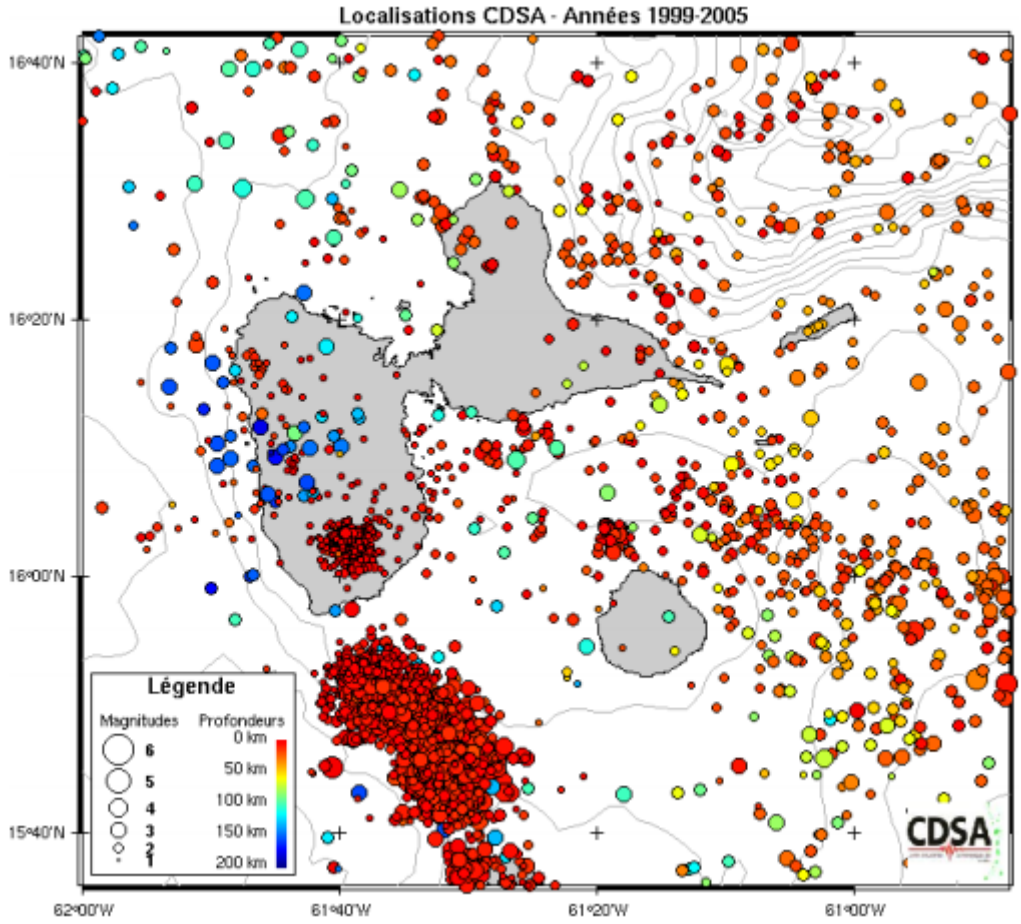


Figure 43 : **Catalogue de sismicité instrumentale 199-2005 (source Bertil et coll., 2009)**

6.2.1.4.Zonage sismique et accélération du sol

Le nouveau zonage de la France, entré en vigueur depuis le 1° mai 2011 définie les normes de constructions en fonction de l'aléa sismique. La Martinique se situe en zone de forte sismicité (zone 5).

La définition de ce nouveau zonage est basée sur une étude probabiliste réalisée par GeoTer (Martin et *al.*, 2002). Il définit les accélérations du sol possibles en fonction des caractéristiques des mécanismes à la source et des précédents séismes. Ce paramètre lié à la propagation des ondes de surfaces est un paramètre majeur dans les risques de liquéfaction du sol, il s'exprime en unité g ou en cm/s².

Les Figure 44 et Figure 45 présentent un zonage en fonction de l'accélération du sol probable.

Basse-Terre est soumise à un aléa plus faible que la côte Est. Les accélérations du sol pour des séismes de forte magnitude, 7 et plus, sont considérées comme inférieures à 0,26g, soit d'après la correspondance (Figure 46) avec l'intensité, à des dégâts potentiels modérés. Nous soulignerons que des séismes de même magnitude sur l'échelle de Richter (Figure 47) peuvent avoir des impacts

variables en fonction de la profondeur de l'épicentre ce qui conduit à évaluer les effets par rapport à l'échelle MSK basée sur l'accélération du sol.

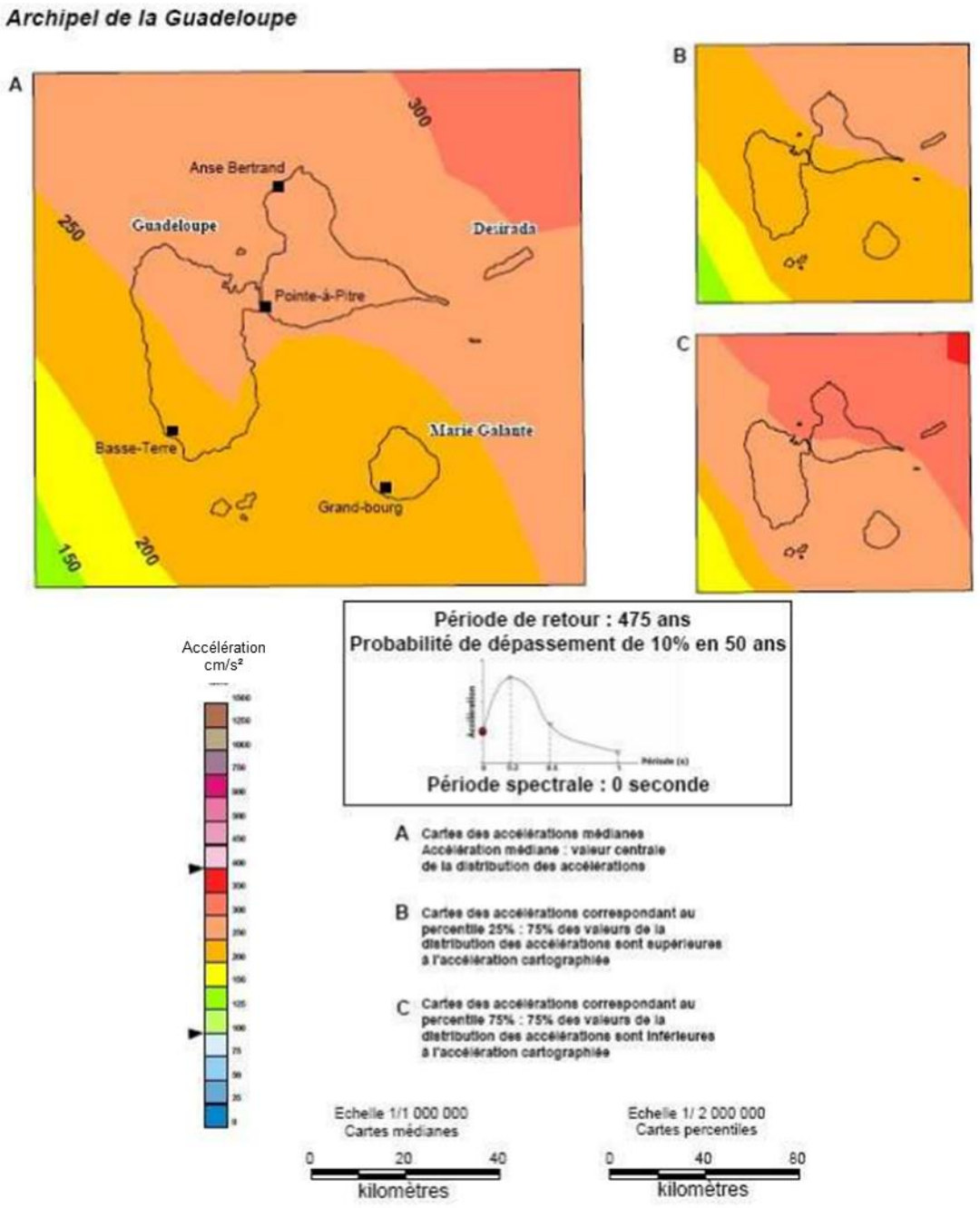


Figure 44 : Zonage sismique pour une période de retour de 475 ans, et accélération du sol (d'après Martin et al., 2002)

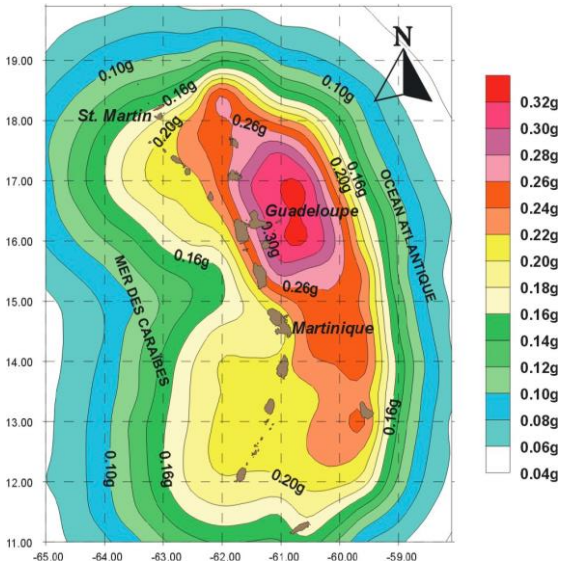


Figure 45 : Aléa sismique pour une période de retour à 475 ans, proposé par Balandier (2008) d'après l'étude du séisme de 2007 majeur

Perception Humaine	non ressenti	très faible	faible	légère	modérée	forte	très forte	sévère	violente	extrême
Dégâts Probables	aucun	aucun	aucun	aucun	très légers	légers	modérés	moyens	importants	généralisés
Accélérations (mg)	< 2	2 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 50	50 – 100	100 – 200	200 – 500	500 – 1000	> 1000
Intensités MSK	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

(*) **mg** = "milli gé" est une unité d'accélération correspondant au millième de la pesanteur terrestre

Figure 46 : Correspondance entre l'intensité (MSK) et le PGA de l'OVSG/IPGP (extrait de Auclair et Bertil, 2009)

Magnitude	Effets engendrés
9	Destruction totale à l'épicentre, et possible sur plusieurs milliers de km
8	Dégâts majeurs à l'épicentre, et sur plusieurs centaines de km
7	Importants dégâts à l'épicentre, secousse ressentie à plusieurs centaines de km
6	Dégâts à l'épicentre dont l'ampleur dépend de la qualité des constructions
5	Tremblement fortement ressenti, dommages mineurs près de l'épicentre
4	Secousse sensible, mais pas de dégâts
3	Seuil à partir duquel la secousse devient sensible pour la plupart des gens
2	Secousse ressentie uniquement par des gens au repos
1	Secousse imperceptible

Figure 47 : Echelle de Richter et les effets engendrés

Les travaux sur le nouveau zonage sismique de la France ont également permis d'établir un zonage définissant les magnitudes par secteur en fonction (Martin *et al.*, 2002) :

- ✓ des caractéristiques des séismes historiques et des failles (longueur) pour le zonage crustal (épicentre entre à et 30 km),
- ✓ des caractéristiques des séismes historiques et de la géométrie de la zone de subduction pour le zonage de subduction.

D'après ces travaux, la zone d'étude se situe dans un périmètre de magnitude maximale comprise entre 5,5 et 6,5 pour le zonage crustal et entre 7,5 et 8 pour le zonage de subduction.

6.2.1.5.Périodes de retour

L'estimation des périodes de retour des séismes sur l'arc antillais est basée sur la connaissance des séismes depuis environ 300 ans. Cette base de données est considérée comme relativement courte en terme de temps de suivi pour une bonne estimations des périodes de retour, en particulier pour les séismes « destructeurs » d'intensité supérieure ou égale à VII sur l'échelle MSK (Bengoudou et *al.*,2008 et Bertil et coll., 2009).

Dans le rapport du BRGM sur les systèmes d'alerte (Auclair et Bertil, 2009), les périodes de retour des séismes destructeurs sont estimées à 25 ans pour les Antilles (Guadeloupe + Martinique) et à 50 ans en considérant uniquement la Martinique.

6.2.1.6.Risques liés à l'activité sismique

La cartographie des aléas naturels réalisée par le BRGM, uniquement pour le domaine terrestre, présente des phénomènes liés à l'activité sismique tels que :

- ✓ des effets de sites : mouvements de terrain induit par la topographie ou la nature/structure des sols,
- ✓ la liquéfaction des sols liés à la perte de résistance d'un sol, celle-ci pouvant entrainer à son tour un effet de site.

La liquéfaction d'un sol intervient sous l'effet de la propagation d'une onde, généralement sismique. Cette onde induit des déformations cycliques qui vont entrainer une augmentation de la pression de l'eau interstitielle du sol et sa perte de résistance.

En domaine marin, les séismes peuvent également générer des mouvements de terrain, rupture de pente de différentes natures.

6.2.2. Mouvements sédimentaires sous-marins

6.2.2.1.Types de processus

L'installation des câbles télégraphiques en domaine sous-marin a conduit aux premières observations des processus gravitaires, en particulier lors de l'événement de 1929 qui a détruit plusieurs câbles télégraphiques au large de Terre-Neuve (Heezen and Ewing, 1952). L'étude de cet événement a permis de mettre en évidence des processus de courants de turbidité et des glissements sous-marins induits par un tremblement de terre.

L'évolution des techniques d'études géophysique a permis un accroissement de l'identification et de la compréhension de ces phénomènes en domaine maritime en observant leurs conséquences sur le fond ou au sein de la colonne sédimentaire.

La Figure 48 présente une synthèse des conséquences des mouvements sédimentaires sous-marins sur les installations off-shore et côtières. Les différents types de processus gravitaires évoqués seront présentés dans la section suivante.

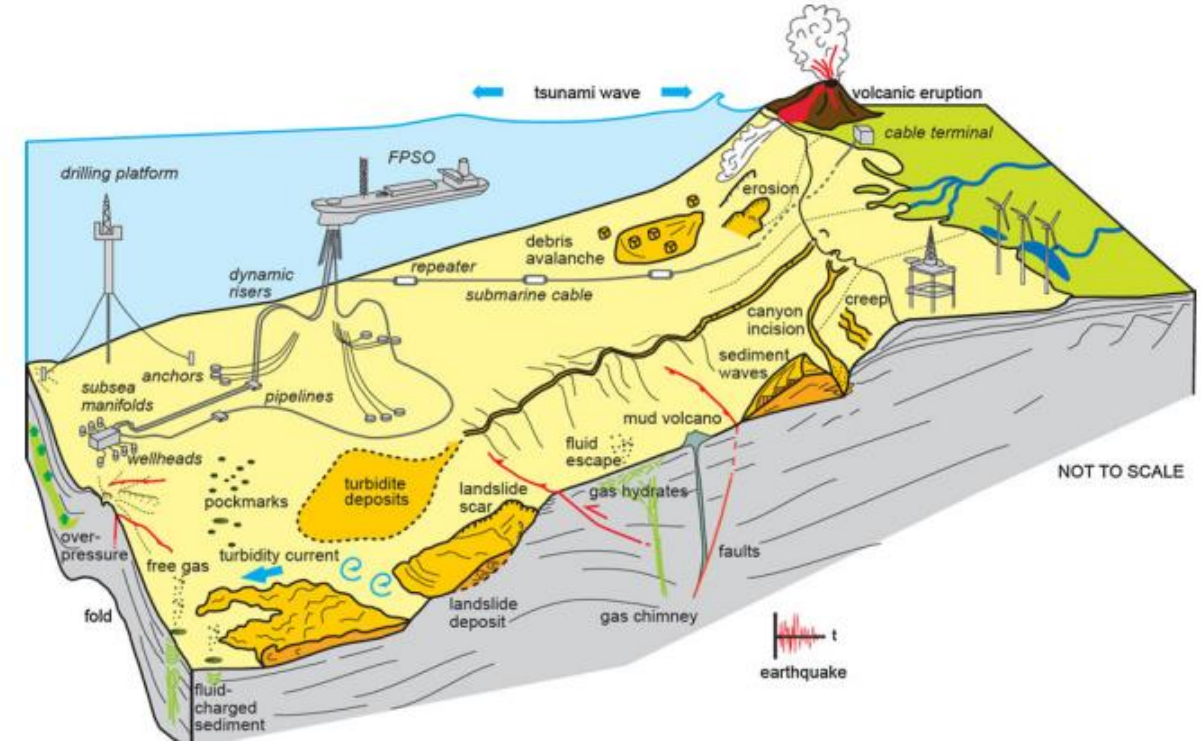


Figure 48 : Processus gravitaires sous-marins et installations off-shore (d'après Chiocci et al., 2011)

Les processus gravitaires sous-marins regroupent un ensemble de phénomènes se produisant depuis la côte jusqu'aux plaines abyssales. Les premières classifications datent des années 1970 (Middleton and Hampton, 1973, Middleton, 1976). Une des classifications les plus récentes a été présentée par Shanmugan en 2009. Cette classification s'appuie sur le type de dépôt et le processus à l'origine.

Plusieurs types de classifications peuvent être envisagés, selon la rhéologie du matériel transporté, la cohésion interne ou non au cours du déplacement, les mécanismes de support des sédiments etc.… Mulder and Cochonat (1996) soulignent qu'un même processus peut générer plusieurs types de mouvements gravitaires par évolution au cours du déplacement et du temps, cette notion avait déjà été évoquée par Middleton et Hampton (1973).

Joanne (2008) souligne la diversité des classifications existantes en fonction des paramètres pris en compte. Elle rappelle la difficulté de prise en compte de certains paramètres clés pour établir une terminologie selon les moyens d'observations des dépôts.

L'intérêt croissant porté aux processus gravitaires a donné lieu à la réalisation de nombreuses thèses présentant des synthèses bibliographiques sur la classification et la description des différents processus gravitaires (Salles, 2006 ; Joanne, 2008 ; Mas, 2009 ; Sisavath, 2011 ; Förster, 2011). Nous présentons ici un résumé mentionnant les principaux processus classés en grande partie en fonction du comportement mécanique de transport des matériaux.

La Figure 49 présente une synthèse de cette classification. Elle indique également les évolutions possibles des processus au cours du mouvement et les dépôts associés pour chaque type.

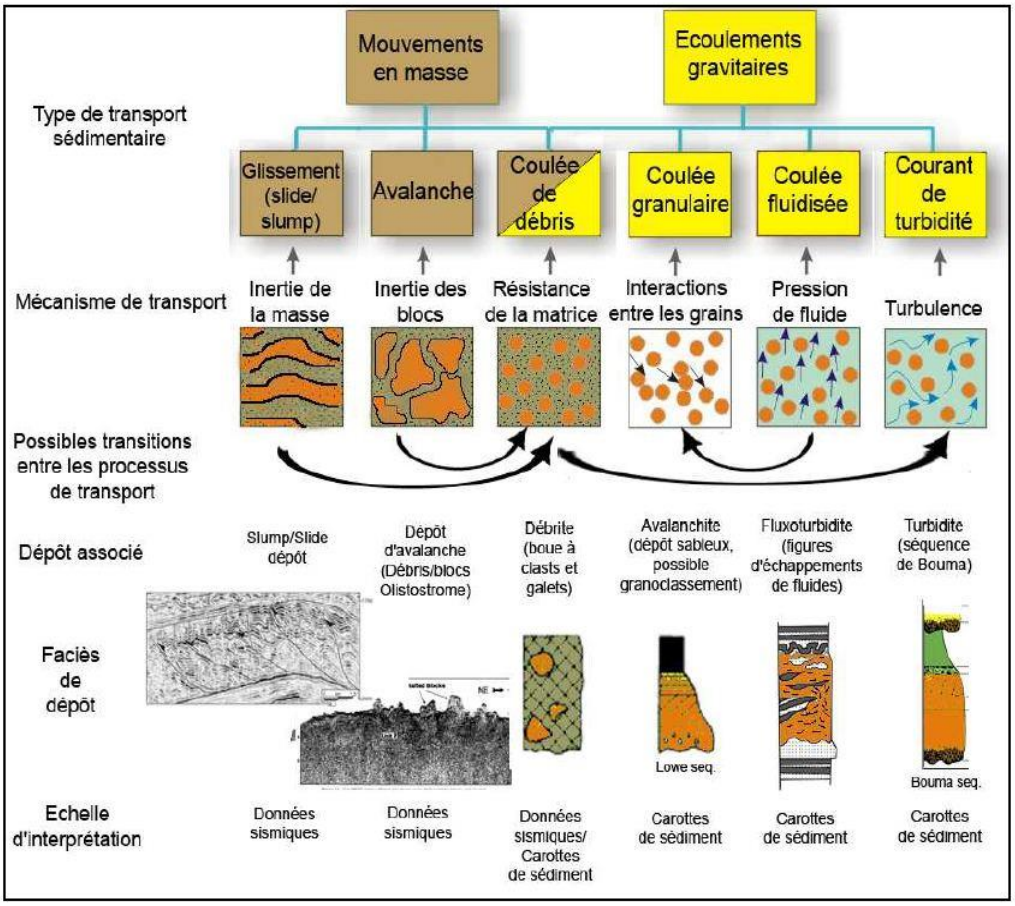


Figure 49 : Classification simplifiée des mouvements gravitaires (d'après Joanne, 2008).

6.2.2.2.Observations en Guadeloupe

La majorité des études sur les glissements sous-marins aux Antilles se sont intéressées aux mouvements majeurs absents en Guadeloupe comme indiqué sur la Figure 50 issue de la campagne Aguadomar (1999). On notera cependant que cette cartographie ne couvre quasi exclusivement que les zones de grands fonds.

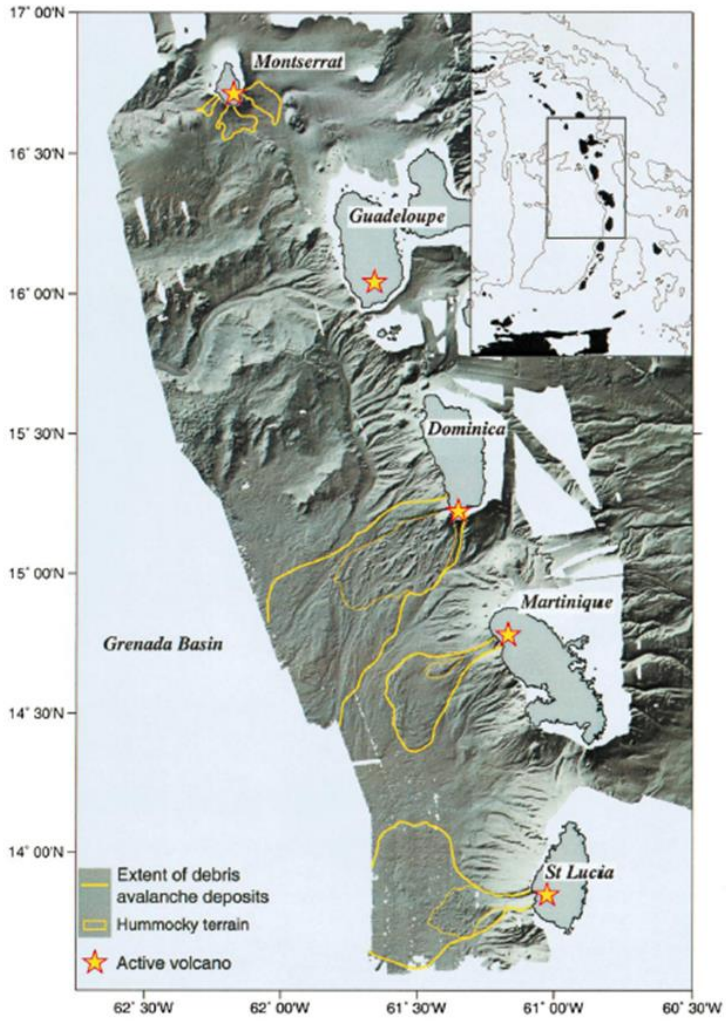


Figure 50 : **Cartographie des pentes et principaux débris d'avalanche de l'arc insulaire des Petites Antilles (Deplus et al., 2001 –AGUADOMAR 1999).**

Une analyse du MNT morpho-bathymétrique permet d'identifier des zones de glissements de différents types mais ne permet pas de qualifier les glissements en termes d'âge fossile ou processus actif ni leur type précis. Comme mentionné dans le chapitre précédent, on observe des zones de glissements mises en évidences par la cartographie des pentes.

Nous ne présenterons pas ici les morphologies de glissement pouvant être observées sur la façade ouest de Basse-Terre ou nord-est de Grande-Terre. Ces deux secteurs ne présentent pas de réelle possibilité en termes d'implantation de ferme éolienne :

- ✓ Plateau insulaire extrêmement réduit ;

- ✓ Forte pente de 100 à 400 m sans replat ;
- ✓ Nombreux chenaux et têtes de canyons indiquant un sol potentiellement instable.

La zone la plus au nord présente une morphologie de type mouvement en masse et mesure 7 km de large sur 4 km de long. Un système de chenaux-levés est observé au sein de ce complexe. On observe cependant un système de chenal au sein des cette formation semblable à un système de type « éventail sous-marin » ou système turbiditique.

Au sud de ce glissement majeur, on observe des loupes d'arrachement sur la bathymétrie au droit de la rivière sous-marine principale du Grand Cul-de-Sac Marin. Leurs causes ne peuvent-être déterminées sans connaissance supplémentaire du site. De même à partir de la seule bathymétrie, nous ne pouvons affirmer qu'ils s'agissent de formations fossiles ne pouvant se reproduire sur cette zone.

De même qu'au niveau du Grand Cul-de-Sac Marin, on observe une rivière sous-marine dans le Petit Cul-de-Sac Marin. Cette dernière débouche au niveau du rebord du plateau sur un système de chenaux observés au sein du canyon principal de l'île de la Guadeloupe. Les processus gravitaires sont donc estimés importants dans ce secteur bien que nous n'ayons pas d'indication sur l'activité actuelle de ce système.

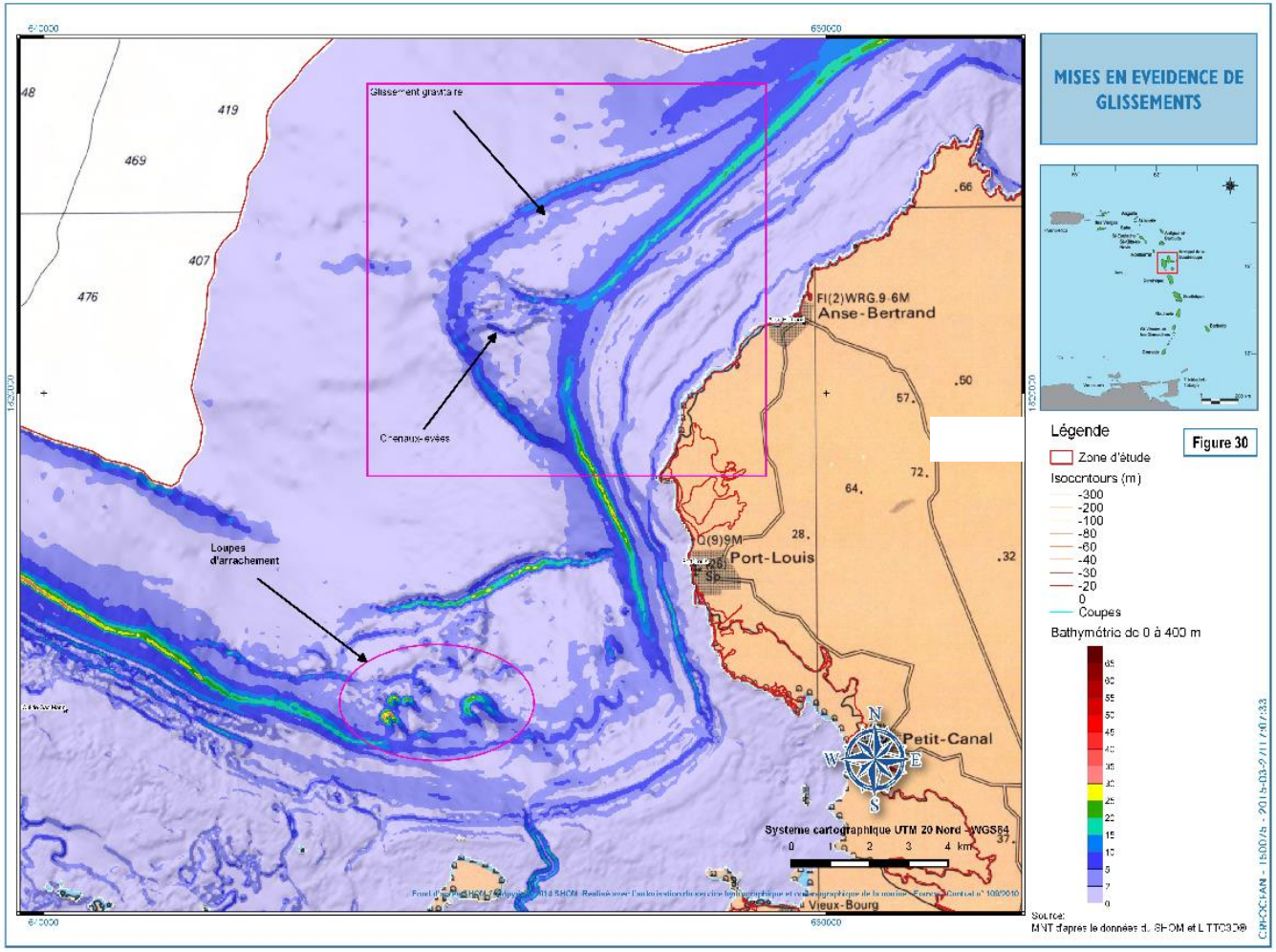


Figure 51 : **Mise en évidence de glissements d'après le MNT**

6.3. Couverture sédimentaire récente

6.3.1. Nature des fonds

6.3.1.1.Plateau insulaire

Les informations détaillées concernant la couverture sédimentaire en domaine maritime sont essentiellement basées sur les travaux de l'Ifremer (Augris et *al.*, 2000) et concernent le plateau insulaire de la Guadeloupe. Les cartographies produites s'appuient sur des levés acoustiques au sonar à balayage latéral, la photo-interprétation des images aériennes et des prélèvements sédimentaires (Figure 52).

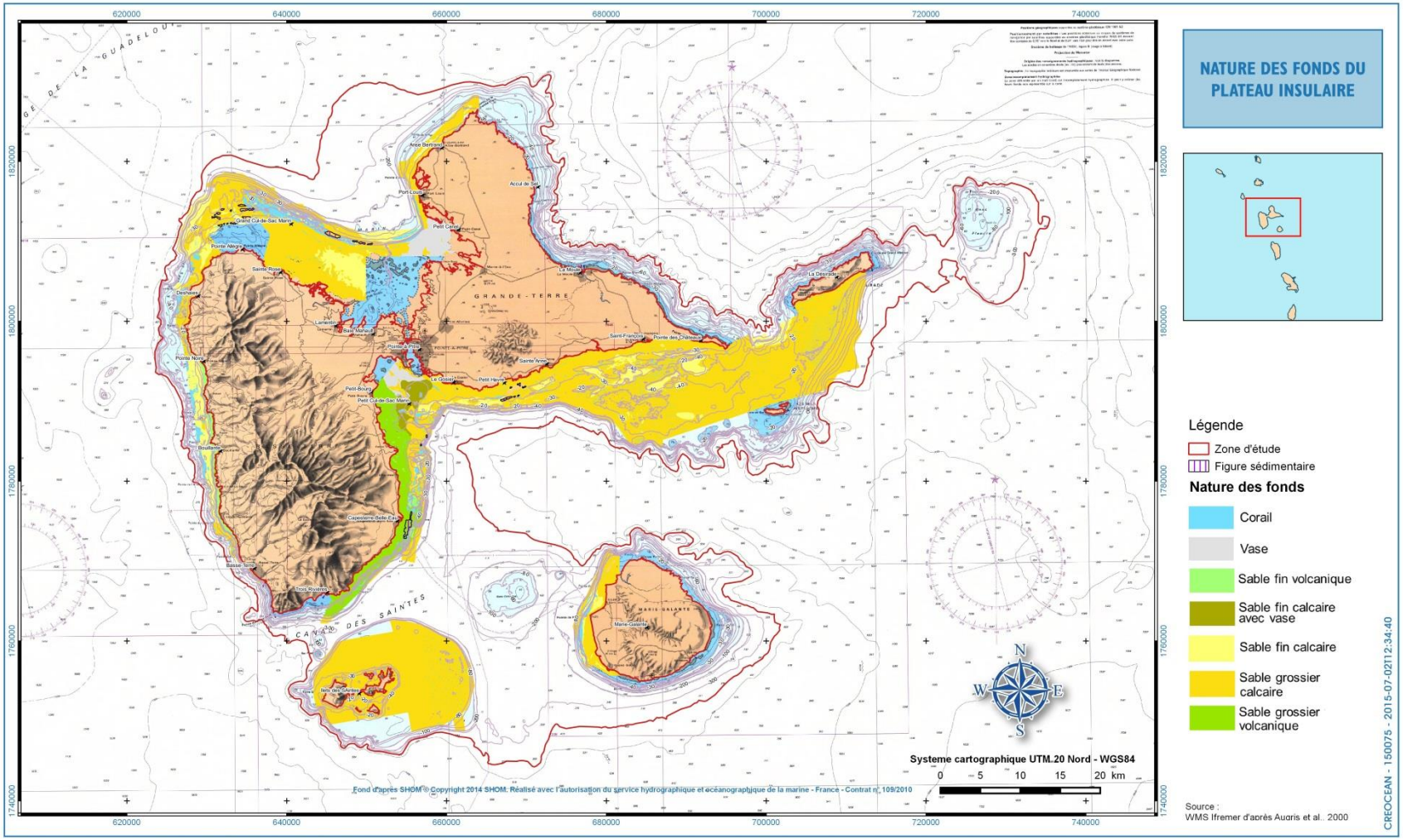


Figure 52 : Nature des fonds du plateau insulaire

Les dépôts du plateau insulaire sont caractérisés par deux types principaux d'éléments liés au contexte géologique et géographique de l'île :

- ✓ Des calcaires marins provenant du démantèlement des constructions coralliennes et algaires et de tests de coquilles ;
- ✓ Des sédiments volcaniques issus principalement du lessivage des reliefs terrestres et des apports fluviatiles.

De manière générale, la sédimentation est plus hétérogène autour de Basse-Terre que de Grande-Terre :

- ✓ Grande-Terre :
  - Sédimentation superficielle dominée par des sables grossiers calcaires au Sud et au Nord ;
  - Récifs coralliens de petites étendues très nombreux sur une grande partie du plateau méridional, en particulier au large de Saint-François et de La Désirade ;
  - Quelques patchs de sables fins calcaires.
- ✓ Basse-Terre :
  - En domaine littoral, la sédimentation est principalement associée à des sables volcaniques, grossiers à l'Est et fins à l'Ouest ;
  - Les sables grossiers calcaires dominent au Nord et sont également observés en limite de plateau insulaire au sud-est ;
  - La côte est présente une sédimentation plus fine, sables fins calcaires au-delà des dépôts volcaniques ;
  - Des barrières de coraux sont observées en particulier au Nord, entre 20 et 40 m d'eau et à l'Ouest au-delà de 40 m.
- ✓ Les Saintes :
  - Le plateau insulaire autour de l'archipel des Saintes est entièrement constitué de sables grossiers calcaires en surface ;
- ✓ Marie-Galante :
  - Seul le littoral ouest a été étudié et présente essentiellement des sables grossiers calcaires et une barrière de corail à moins de 20 m d'eau.

Il faut cependant noter que la cartographie des sédiments superficiels ne présente pas une grande résolution à l'échelle du plateau insulaire. Bien que la couverture au sonar à balayage latéral ait été assez importante à l'exception de l'extrémité sud-est (Figure 53).

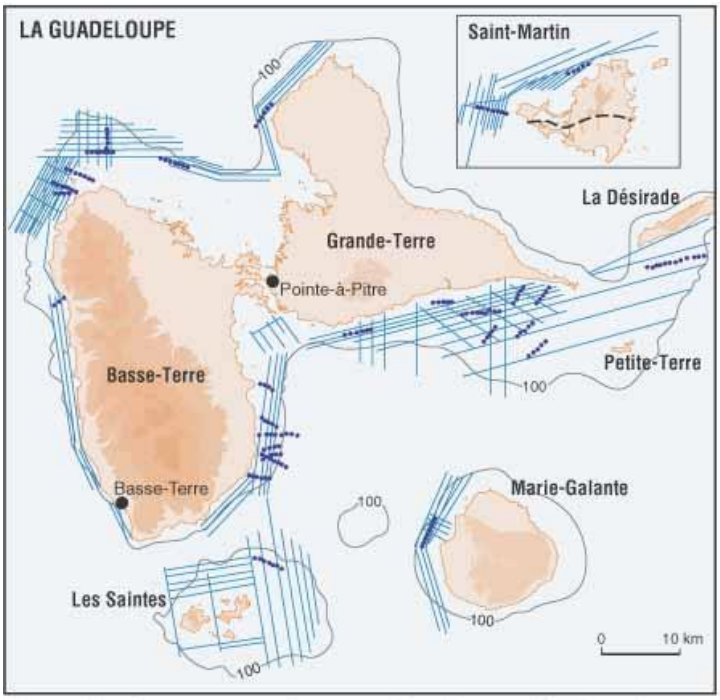


Figure 53 : **Couverture sonar réalisé dans le cadre du projet de cartographie des Antilles (Augris et al., 2000)**

De plus d'après les cartes SHOM de la Guadeloupe, de nombreux hauts fonds rocheux sont présents entre 0 et 20 m d'eau dans la baie du Grand Cul-de-Sac Marin (Figure 54). Ces formations sont également visibles sur les images satellites (Figure 55). Bien qu'absentes de la cartographie de l'Ifremer nous considérerons donc des zones de roches, ou récifs, affleurants.

Des patates de corail sont présentes en plus grand nombre que ce qui est indiqué sur la carte, présence de coraux autour des Saintes par exemple. On peut citer par exemple les résultats d'une étude de la nature des fonds faite à proximité du gisement de granulats marins du Petit Havre (Sud de Grande-Terre) ou la présence de substrat rocheux avec coraux a été observée sur une plus grande étendue que la superficie indiquée sur la carte d'Augris et *al.*, 2000.

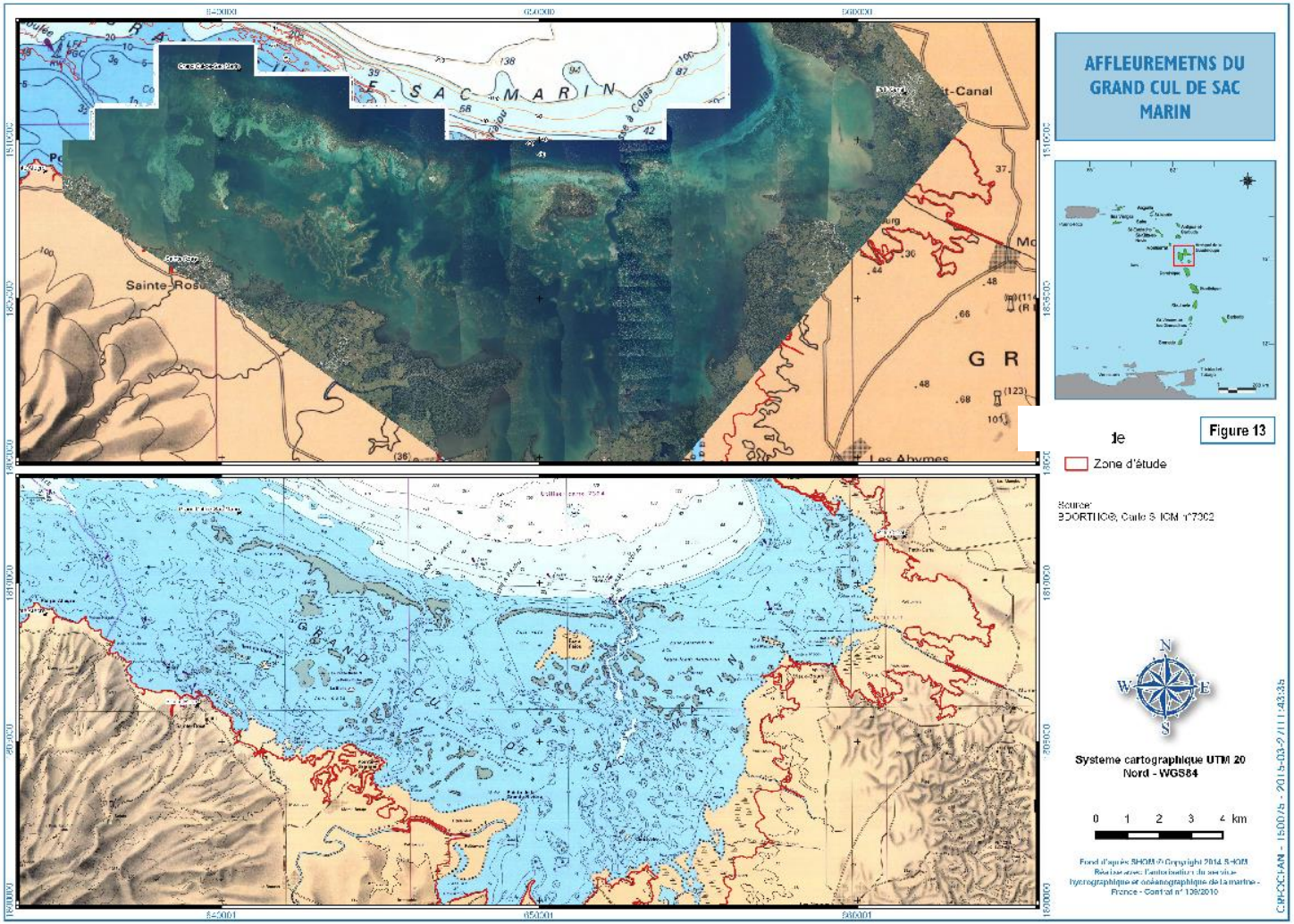


Figure 54 : Affleurements du Grand-Cul-de-Sac Marin

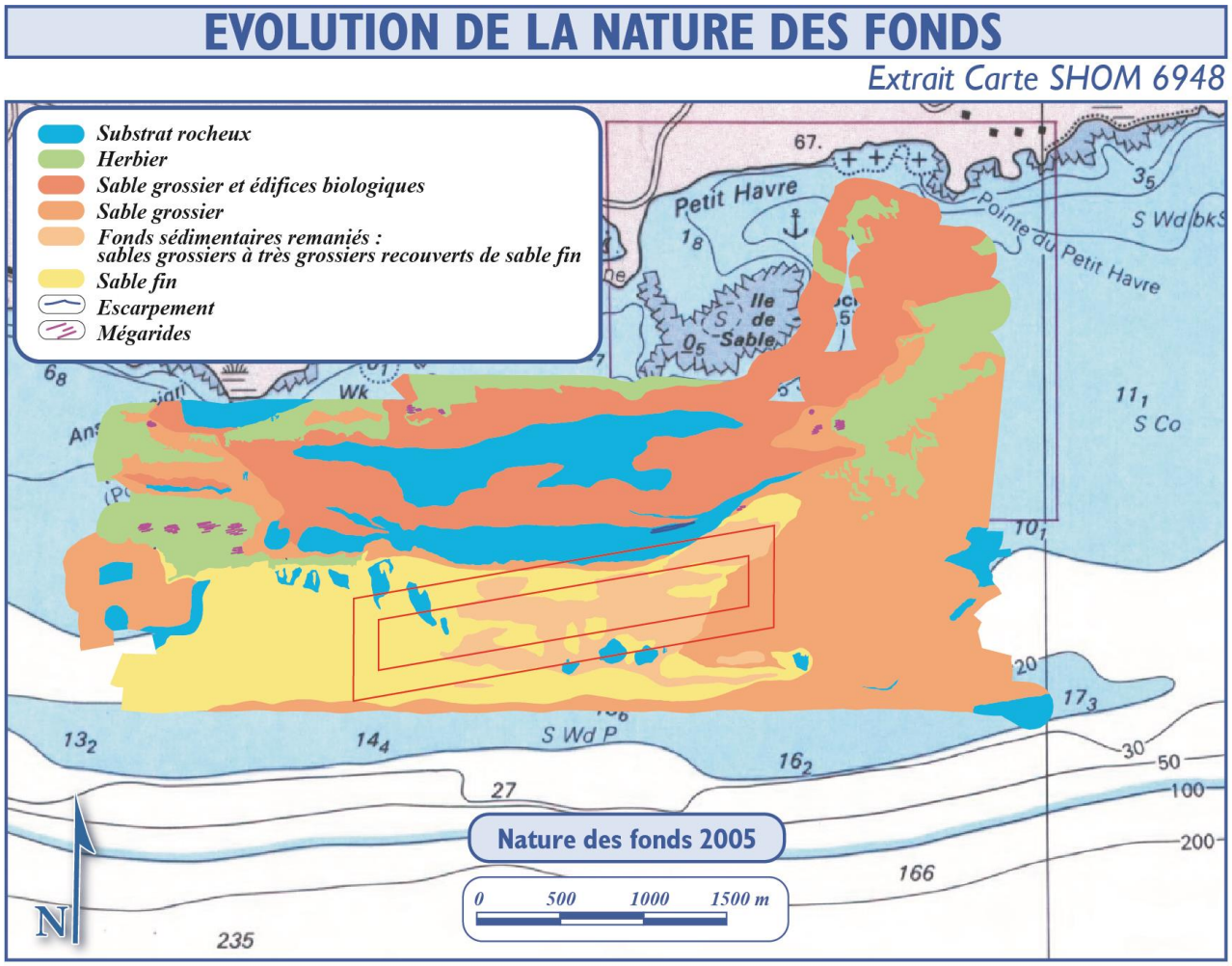


Figure 55 : **Nature des fonds au large du Petit Havre (CREOCEAN, 2007)**

Une cartographie des herbiers est également présentée par Augris et *al.* (2000). Ceux-ci ne semblent pas présents au-delà de 10 m d'eau.

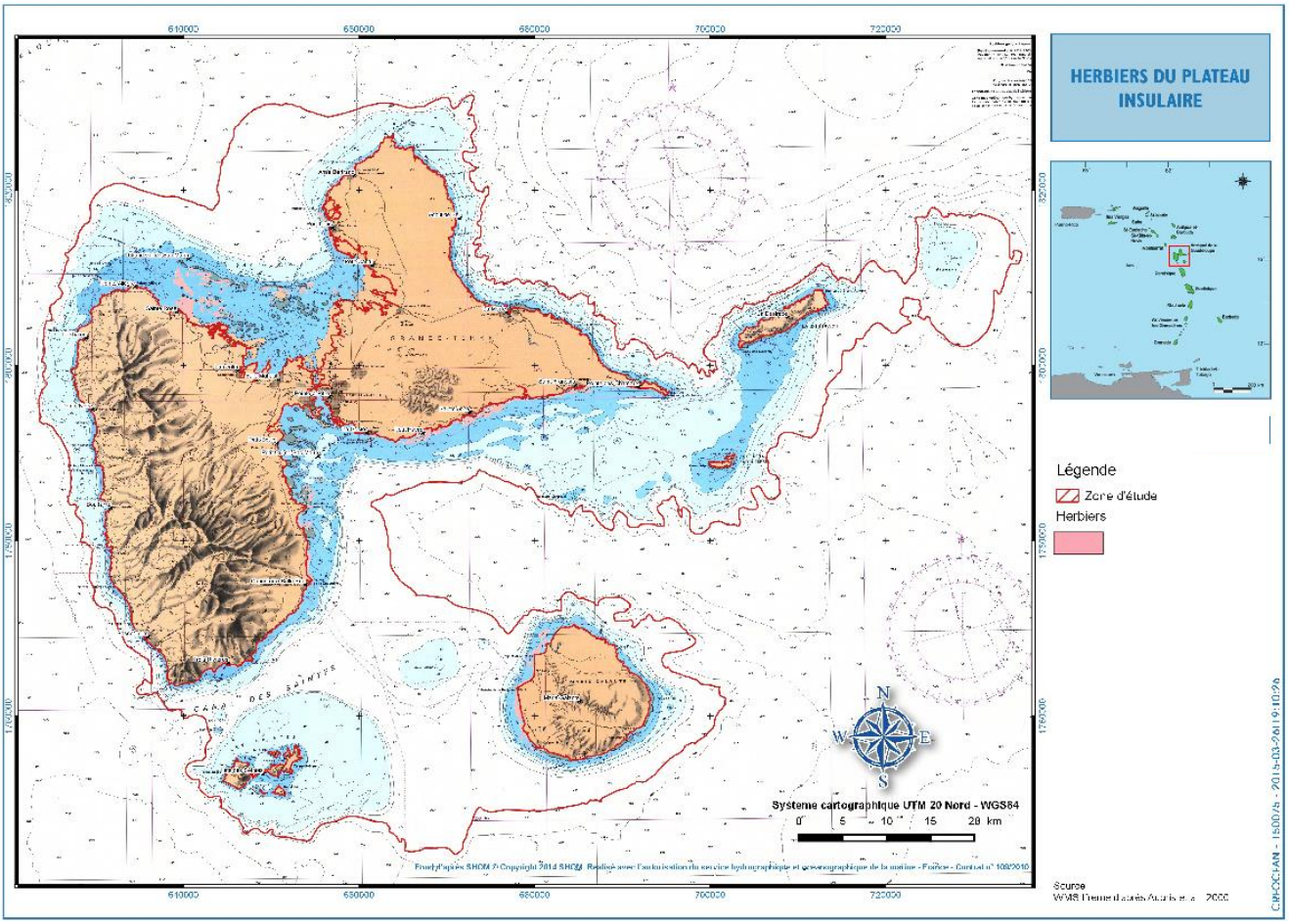


Figure 56 : herbiers du plateau insulaire

6.3.1.2.Talus continental

La sédimentation du domaine offshore de l'archipel de Guadeloupe est peu connue. Quelques prélèvements ont été effectués sur des profondeurs d'eau entre 100 et 500 m au cours de campagnes océanographiques anciennes (CARACOLANTE 1 et 2, ANTIVOLC 81, ARCANTE 1).

Ces prélèvements dont la localisation est disponible sur le site cartographique du BRGM (InfoTerre) n'ont pas donné lieu à la publication d'une cartographie des faciès sédimentaires. Seuls quelques échantillons sont décrits dans la base de données de géologie marine d'InfoTerre).

La Figure 57 présente les différents sondages identifiés et la nature du prélèvement lorsque cette information est disponible. Il est à noter que les descriptions lithologiques ont été réalisées par des organismes différents et pour des buts variés, la description peut donc varier pour un faciès sédimentaire semblable.

La majeure partie des quelques échantillons analysés indiquent un recouvrement de type sable vaseux à vase sableuse. Un échantillon présente des sédiments d'origine volcanique entre Capesterre (Basse-Terre) et Marie-Galante (Tuf[2]). La seule carotte dont la description est disponible, également située entre Capesterre et Marie Galante par 300 m d'eau, indique la présence de conglomérats sous une couverture sableuse à sablo-argileuse de 65 cm d'épaisseur.

[2] Tuf volcanique : accumulation de projections volcaniques de taille variée (de la cendre au bloc), consolidée ultérieurement par les eaux d'infiltration.

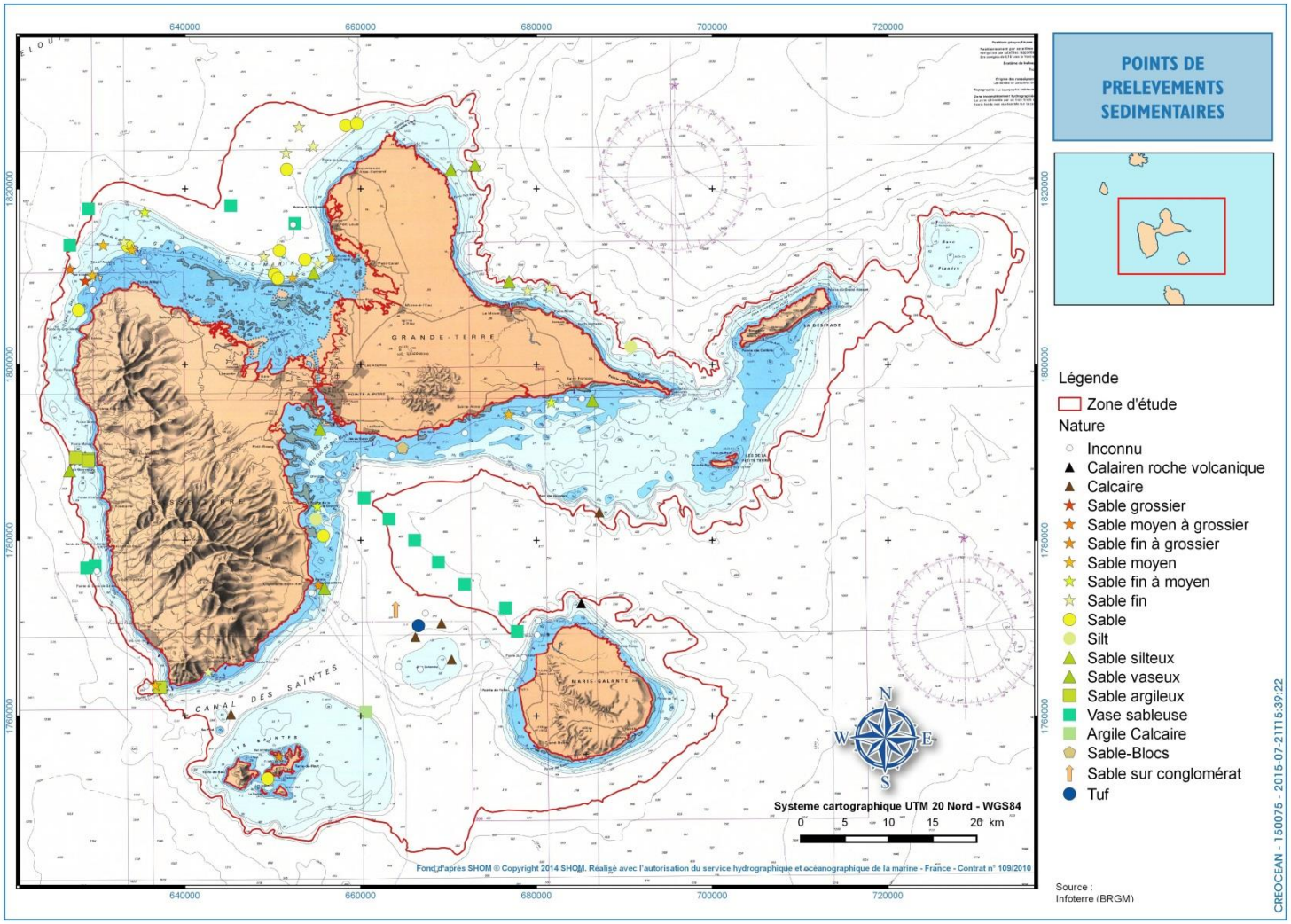


Figure 57 : **Points de prélèvements sédimentaires**

Un article a été publié sur la sédimentation générale de l'arc insulaire des Petites Antilles (Wright, 2007), seule cartographie existante. Il est basé sur de nombreux points de carottage réalisés dans les grandes profondeurs (bassin océanique). La fiabilité au niveau du talus est donc absente. Nous présentons cependant cette carte à titre informatif.

Les résultats soulignent une origine mixte de la sédimentation profonde aux abords de la Martinique (Figure 58) :

- ✓ Dépôts d'origine volcanique déposés par processus gravitaires mais également par transport aérien lors des éruptions volcaniques,
- ✓ Dépôts d'origine biogénique traduits par des sédiments calcaires, produits du démantèlement des récifs.

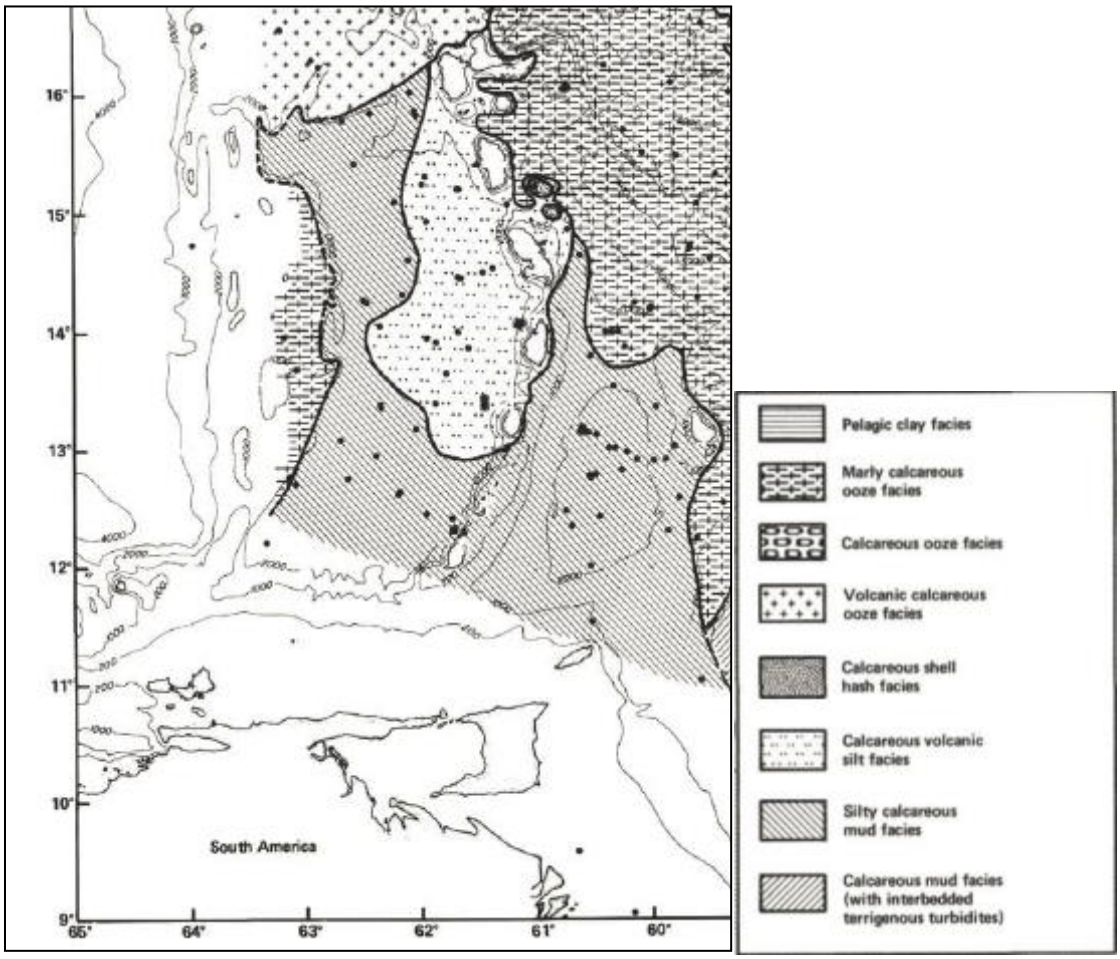


Figure 58 : Cartographie générale des lithofaciès de l'arc insulaire intra-océanique des Petites Antilles (d'après Wright, 2007).

6.3.2. Epaisseur de la couverture sédimentaire

Les deux campagnes à la mer les plus récentes sur la Guadeloupe ont été menées par le BRGM (KaShallow 1-2008 et Geoberyx-2003) et ont permis l'acquisition de profils sismiques haute résolution sur le plateau insulaire essentiellement et entre la Guadeloupe et Marie-Galante. Quelques publications reprennent ces données.

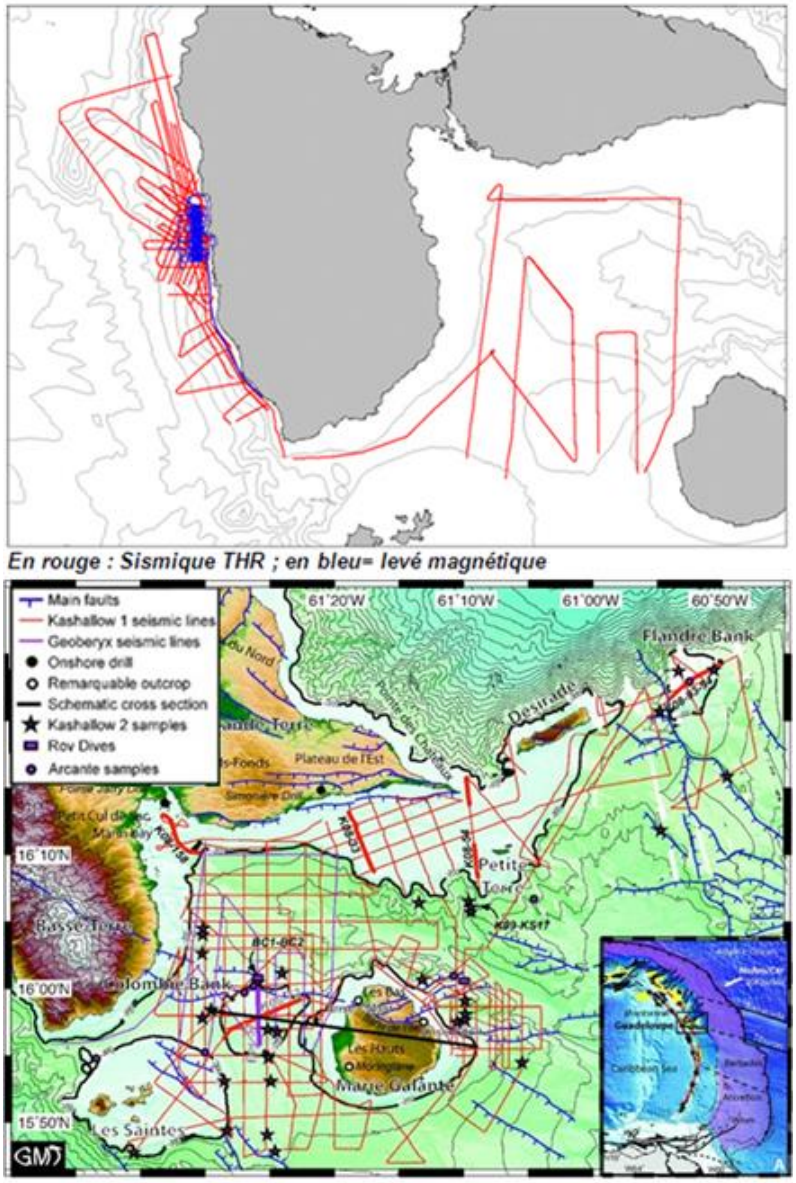


Figure 59 : **Localisation des profils acquis lors de campagnes Geoberyx (haut, source Sismer) et KaShallow (bas, source Münch et al., 2013)**

Un article publié en 2010 (Thinon et *al.*, 2010) présente l'interprétation des coupes sismiques à travers le plateau insulaire au large de Bouillante (côte nord-ouest de Basse-Terre). Cette article souligne une

hétérogénéité quant à l'épaisseur des sédiments (Figure 60) avec des zones de remontée du substratum volcanique (sub-affleurant, voir affleurant) et des zones d'accumulation de dépôts détritiques pléistocènes recouvrant le substratum.

De manière générale, la couverture sédimentaire est considérée comme faible sur cette côte à l'exception du rebord du plateau. Des failles sont observées au sein des formations volcaniques (substratum/basement).

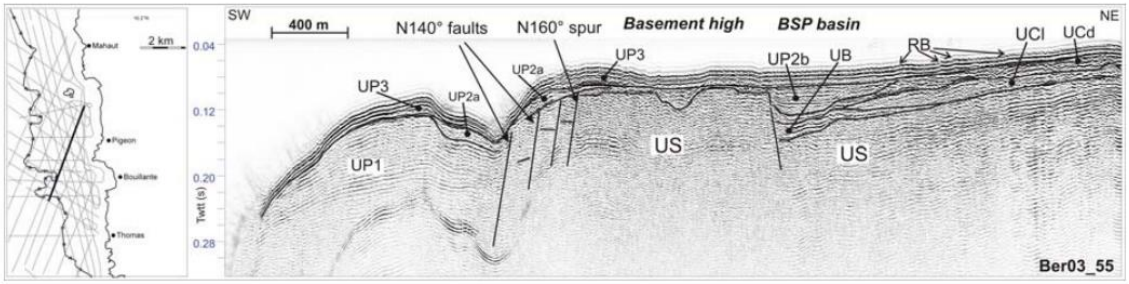


Figure 60 : **Coupe sismique au large de Bouillante (Thinon et al., 2010)**

Les autres informations disponibles concernent la zone entre la Guadeloupe et Marie-Galante (Bertrand et *al.*, 2015 ; Münch et *al.*, 2013). L'ensemble des coupes Nord-Sud présentées indiquent une forte épaisseur sédimentaire (Figure 61), supérieure à 40 m, avec localement une remontée du substratum à proximité de Marie-Galante, point haut visible en bathymétrie.

On notera également la présence de nombreuses failles au sein des formations sédimentaires qui ne semble cependant pas ou peu affecter l'unité la plus superficielle cartographiée par Bertrand et *al.* (2015). Cette unité superficielle semble présenter une épaisseur variable, entre 0 et 20 m approximativement.

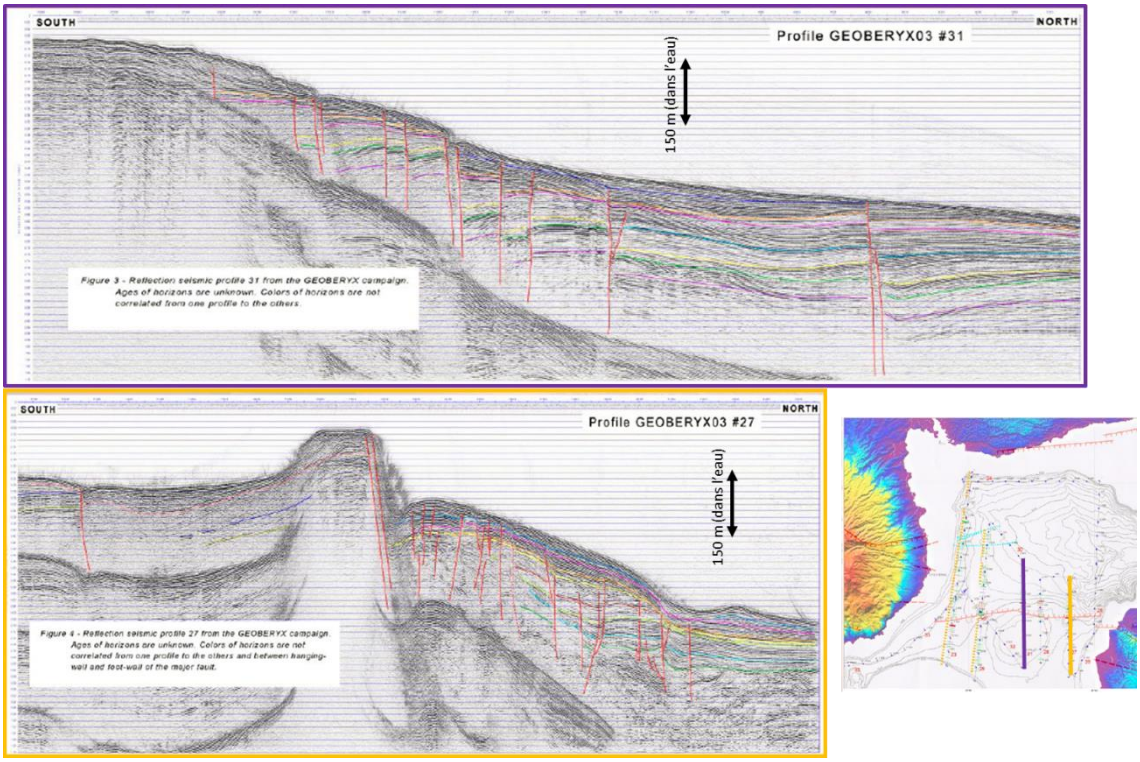


Figure 61 : **Extrait profil sismique haute résolution (Bertrand et al., 2015)**

Les deux hauts fonds observés entre Marie Galante et la Basse-Terre (voir chapitre suivant) correspondent à la présence relique de formations récifales du Pléistocène inférieur (Figure 62). Ces zones sont actuellement partiellement recouvertes d'une couverture sédimentaire (Figure 63 ; Münch et *al.*, 2013).

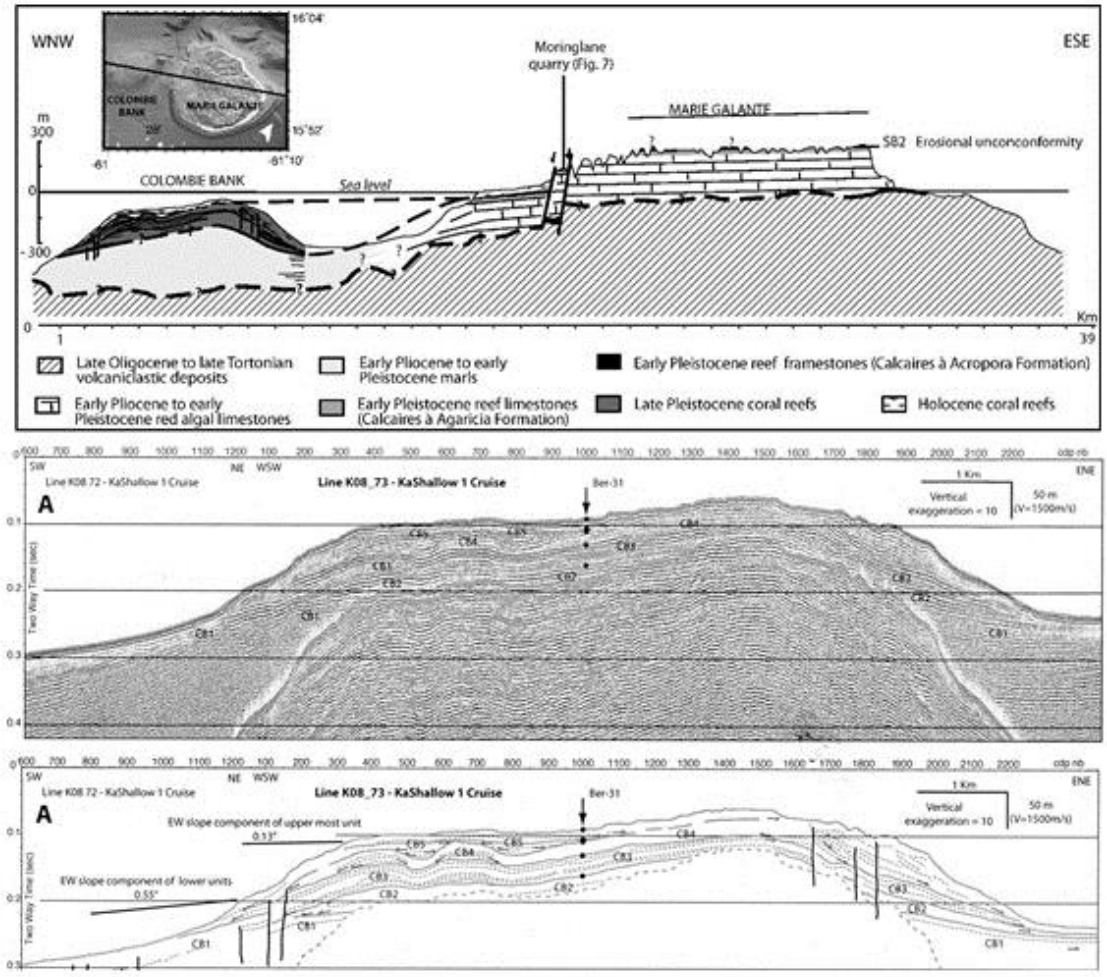


Figure 62 : **Organisation schématique des formations plio-quaternaires au niveau de Marie-Galante**

Les coupes sismiques réalisées sur le plateau insulaire sud de la Guadeloupe, au niveau du Petit Cul-de-Sac Marin et de Sainte-Anne (Figure 63), montrent un empilement de plusieurs unités sédimentaires. Les unités basales viennent combler des dépressions présentent dans le substratum, anciennes formations récifales (calcaires) principalement. L'unité sommitale, la plus récente, semble relativement homogène sur l'ensemble du plateau.

De même que pour la façade ouest, l'épaisseur du recouvrement sédimentaire ne semble pas très importante d'un point de vue géologique, autour de 20 m en moyenne.

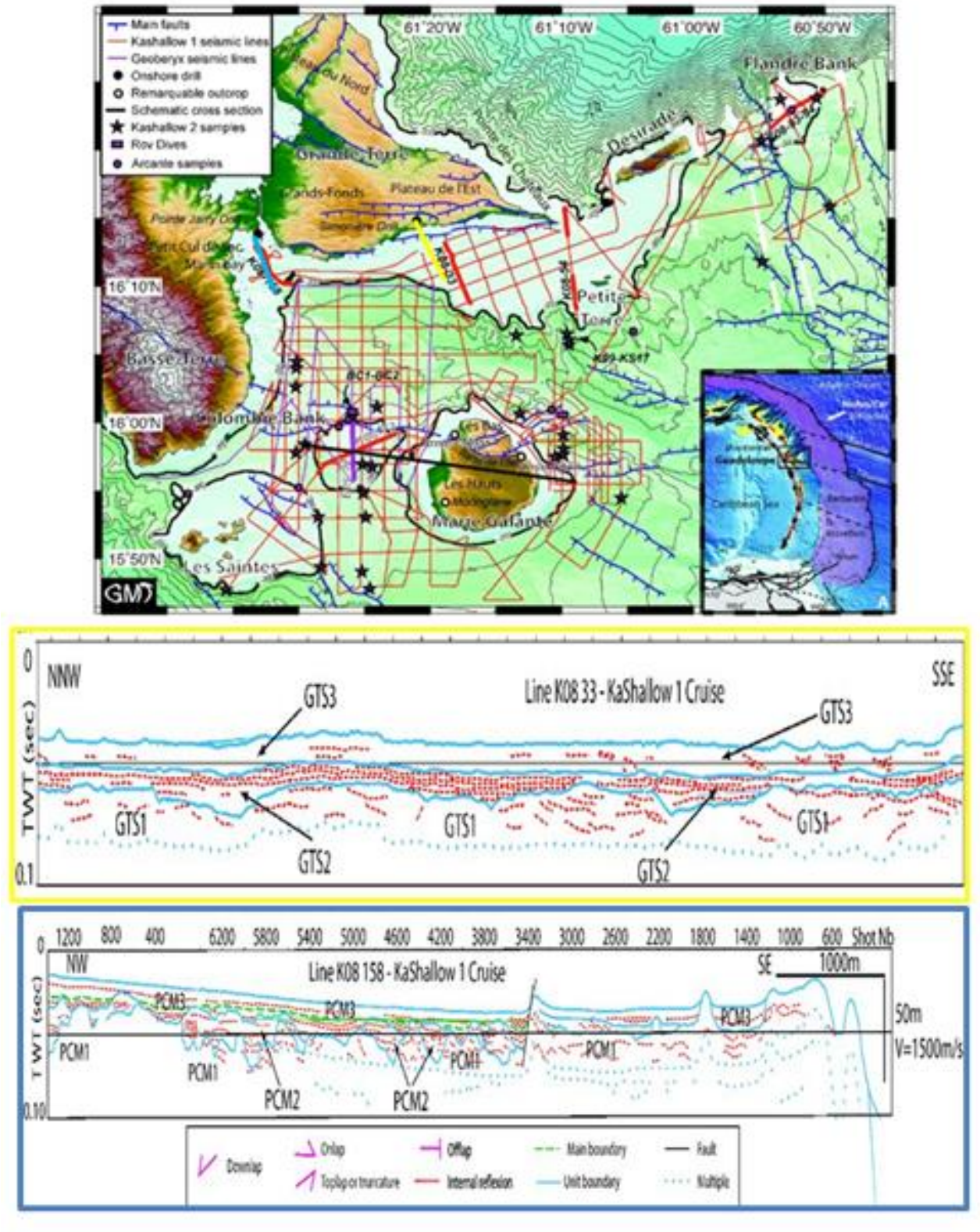


Figure 63 : Extraits de coupes sismiques de la mission KaShallow sur le plateau insulaire (Münch et al., 2013)

6.4. Caractéristiques morpho-bathymétriques

Un Modèle Numérique de Terrain (MNT) avec une maille de 50 m a été réalisé à partir des données dont nous disposons :

- ✓ Dalles bathymétriques du SHOM (issues de différentes campagnes et différentes années d'acquisition) ;
- ✓ Données du programme Litto3D® (2013).

Les Figure 64 et Figure 65 présentent la carte morpho-bathymétrique résultant de ce MNT.

La limite du plateau insulaire varie entre 80 et 100 m. La zone la moins profonde correspond au secteur entre les îles de l'archipel de Guadeloupe (Basse-Terre, Marie-Galante, Les Saintes) ;

- ✓ Profondeur autour de 100 m pour les façades orientales de Grande-Terre et occidentale de Basse-Terre où le plateau est très étroit, 0 à 4 km de large et au nord-est de Grande-Terre ;
- ✓ Profondeur autour de 80 m pour les autres secteurs.

La largeur de ce plateau est très variable bien que toujours relativement réduit. Il varie entre 0 km et près de 16 km de large. Les zones les plus étendues sont situées :

- ✓ Autour des îlets des Saintes, avec une bathymétrie essentiellement comprise entre -40 et -60 m ;
- ✓ Au sud-est, entre la Guadeloupe et la Désirade avec une bathymétrie essentiellement comprise entre -25 et -35 m ;
- ✓ Au nord de Basse-Terre, zone du Grand Cul-de-Sac Marin où la bathymétrie est essentiellement inférieure à 20 m.

Seules les zones situées au sud-est de Grande-Terre (Sainte-Anne/Pointe des Châteaux) et à l'est des îlets des Saintes présentent une étendue relativement importante au-delà de 20 m d'eau.

Une caractéristique majeure de la bathymétrie est la présence d'un replat autour des isobathes 200/350 m sur les façades septentrionale et méridionale. Ces replats sont situés au niveau de l'axe insulaire actif et est particulièrement étendu dans la zone entre Basse-Terre, Les Saintes et Marie-Galante. Sur ces zones les pentes sont généralement inférieures à 2°.

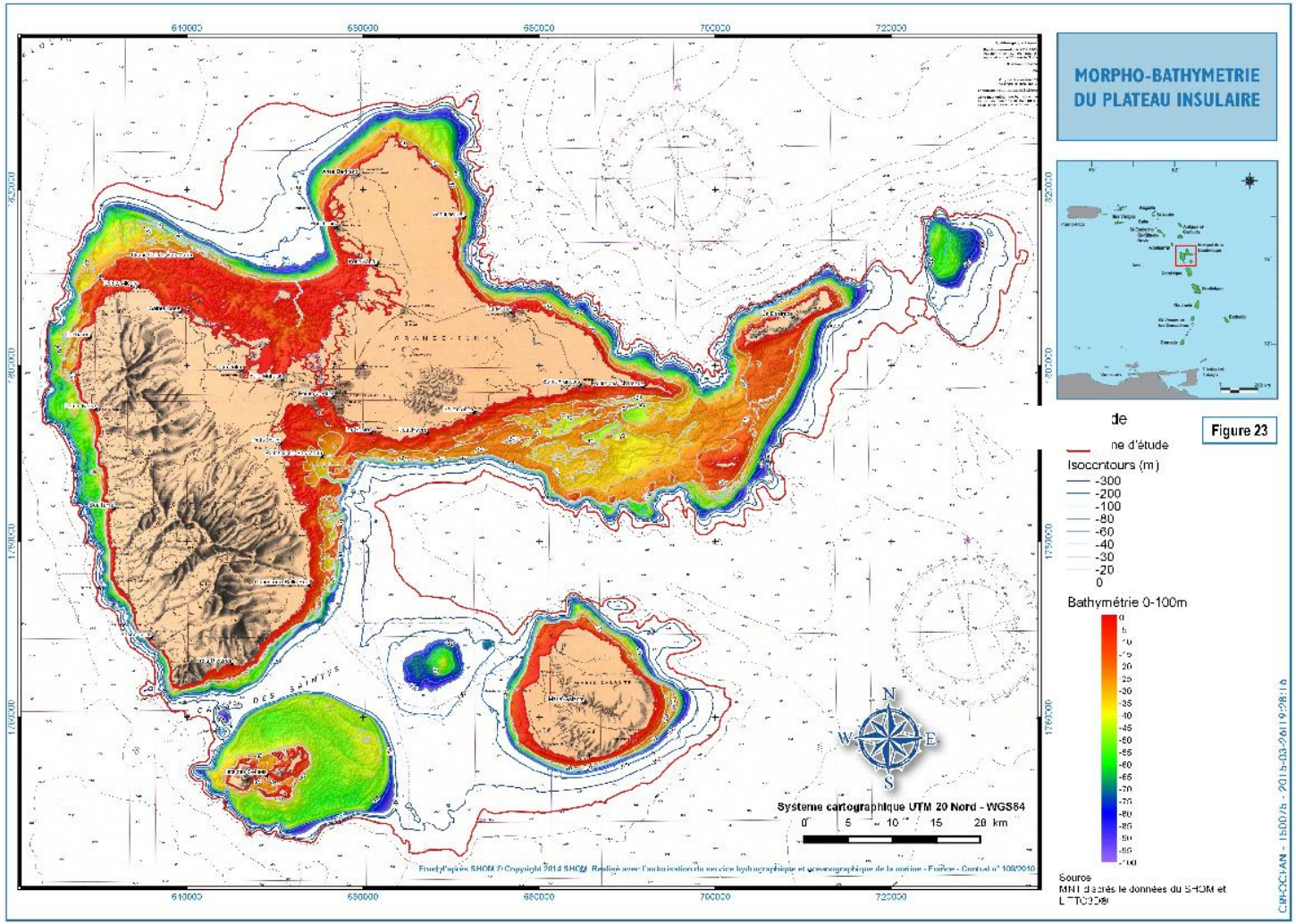


Figure 64 : **Morpho-bathymétrie du plateau insulaire entre 0 et 100 m (MNT issues des données SHOM et Litto3D®)**

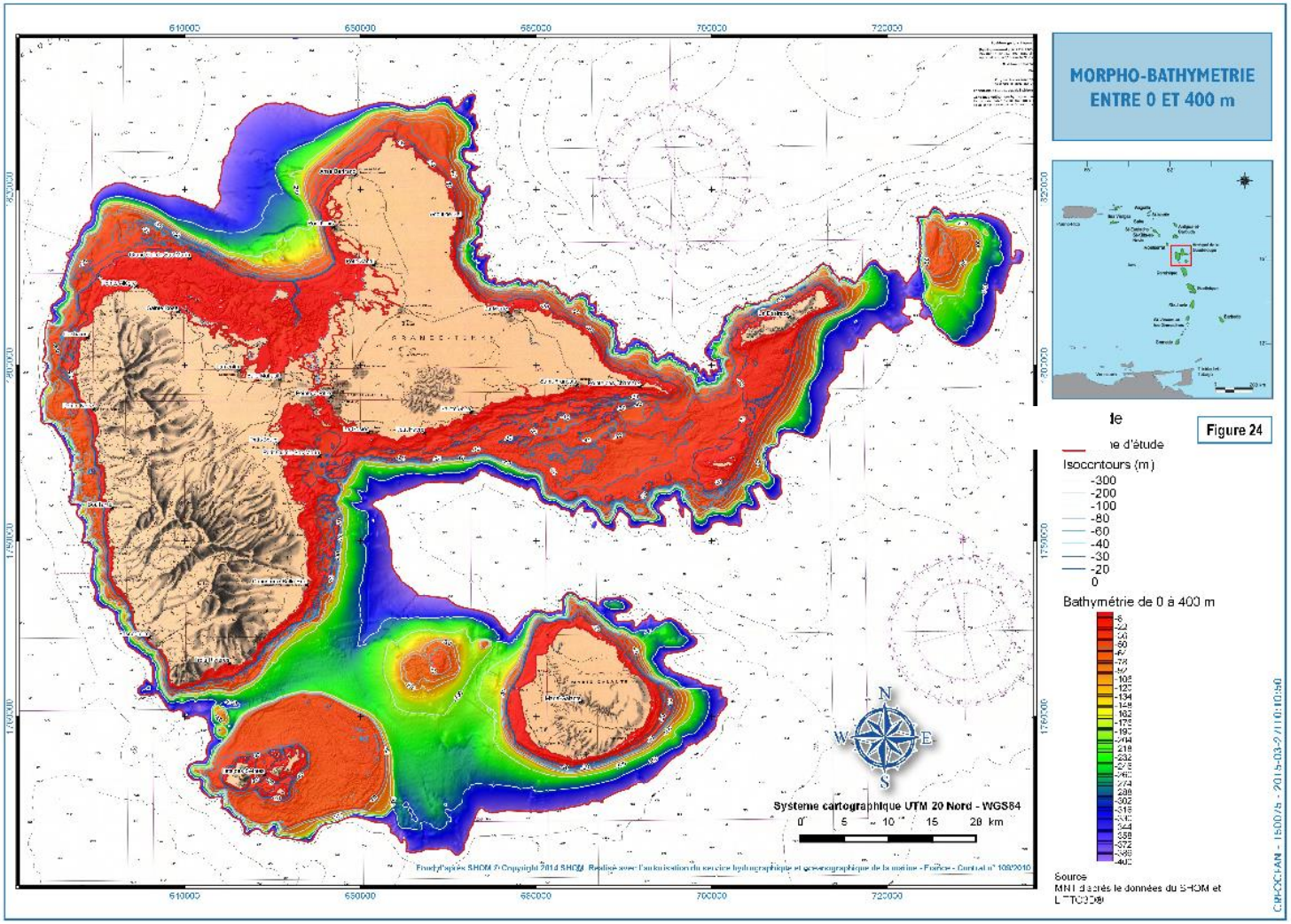


Figure 65. Morpho-bathymétrie entre 0 et 400 m et localisation des coupes

La

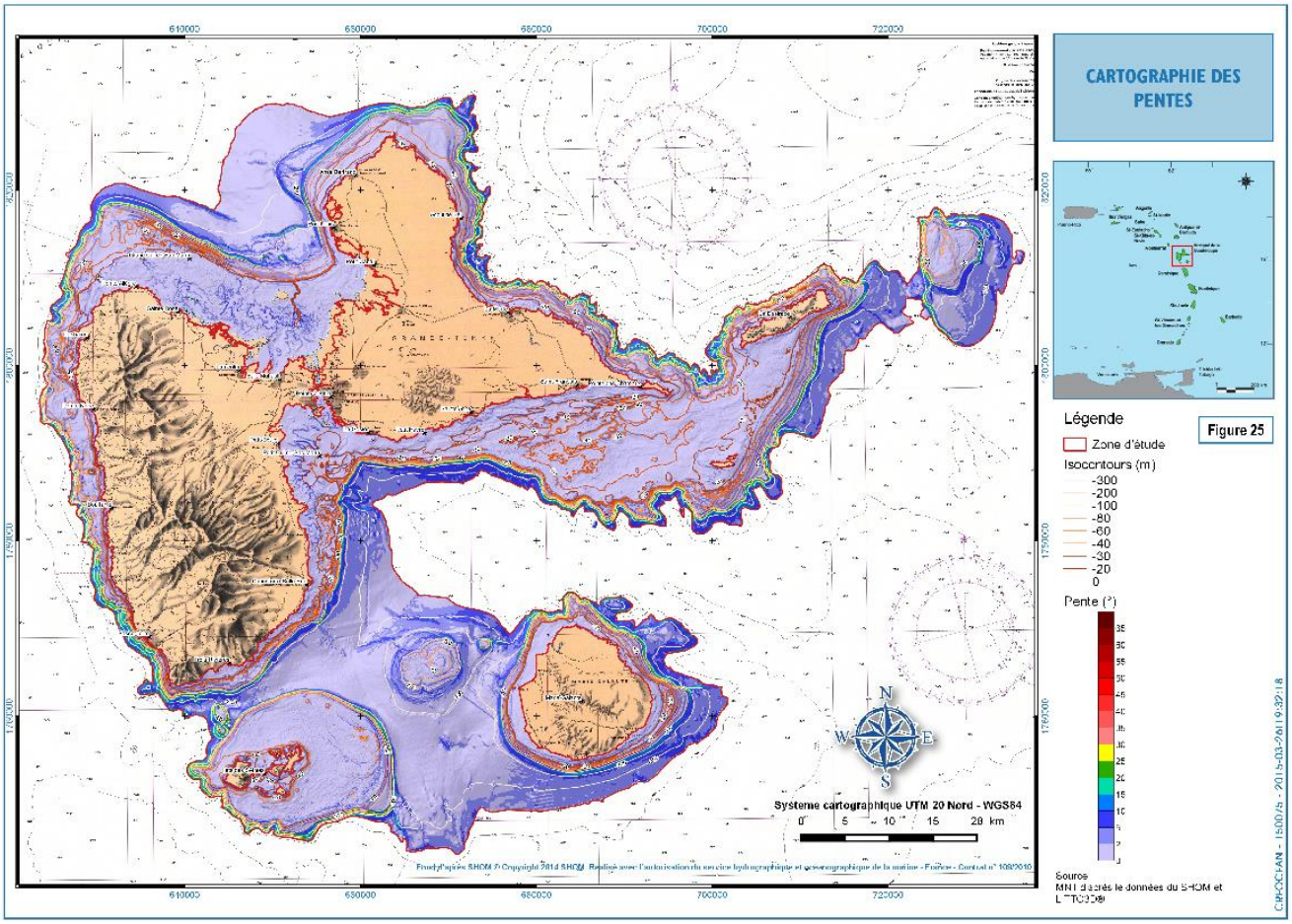


Figure 66 présente la cartographie des pentes issue du MNT. Les pentes peuvent atteindre très localement près de 65°. Cependant sur la majeure partie de la zone prospectée, elles restent relativement faibles, entre 0 et 2 ° sur une grande partie de la zone d'étude.

D'après l'analyse statistique des pentes, la valeur médiane entre 0 et 400 m d'eau est de 1,8° et 75% des valeurs de pente sont inférieures à 4,5°.

On peut noter distinguer des grands secteurs en terme de pente et morphologie.

Le plateau insulaire

- ✓ Sa pente est généralement très faible et il présente une morphologie irrégulière avec localement des chenaux, des cuvettes et des reliefs :
  - Chenaux entre la côte et 20 m d'eau dans le secteur du Petit Cul-de-Sac Marin, « roche » affleurante sur les cartographies du SHOM ;
  - Hauts fonds et cuvettes entre Sainte-Anne et la Pointe des Châteaux sur environ 5 km liés en grande partie à la présence de formations récifales affleurantes ou sub-affleurantes, au-delà une morphologie assez plane.

- Hauts fonds au niveau du Grand-Cul de Sac Marin, entre 0 et 20 m d'eau. Pour ce secteur les cartes SHOM signalent des affleurements « rocheux » alors que les cartes de l'Ifremer ne présentent qu'un faciès sableux. Au vue de la morphologie nous pouvons cependant plus penser à des formations récifales.

✓ Plusieurs ruptures de pente sont observées, la plus marquée se situe autour de 12 à 15 m d'eau y compris autour de Marie-Galante. Pour les autres, les profondeurs sont variables, autour de 30 m pour Marie-Galante et de 40 m au nord et au nord-est de la Guadeloupe. Pour l'ensemble de ces ruptures de pente interne au plateau insulaire, la valeur des pentes restent faibles, généralement inférieure à 4° et aucune morphologie de type glissement n'y est visible à la résolution de la grille bathymétrique. Ces ruptures de pentes correspondent généralement à des limites de plateau carbonaté, formations récifales récentes et anciennes.

Le haut de pente (talus)

✓ Les façades ouest de Basse-Terre, et nord-est de Grande-Terre, caractérisées par un plateau insulaire étroit – entre 0 et 4 km, présentent de nombreuses incisions en rebord du plateau. Les pentes y sont fortes, généralement autour de 20° et au-delà de 40° au niveau des incisions.

✓ La façade sud-est de Grande-Terre, à l'est de Sainte-Anne, caractérisée par un « large » plateau insulaire, est marquée par la présence de petits canyons. Les pentes sont de l'ordre de 20°. Ces formations se terminent dans un canyon principal d'axe ouest-est situé entre la Guadeloupe et Marie-Galante.

✓ Des zones de glissements sous-marins sont observées en particulier au nord-ouest de Grande-Terre entre 100 et 300 m d'eau.

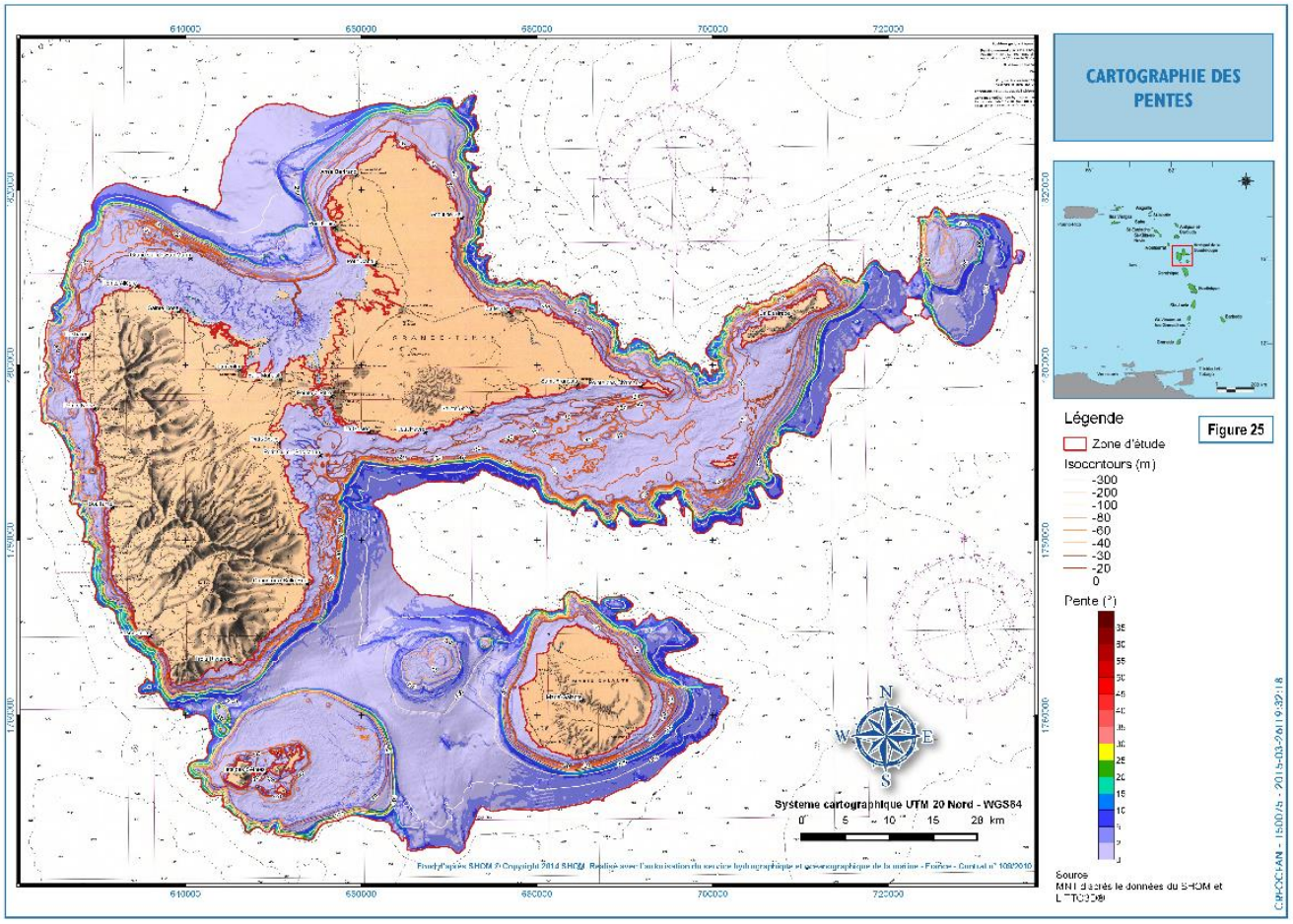
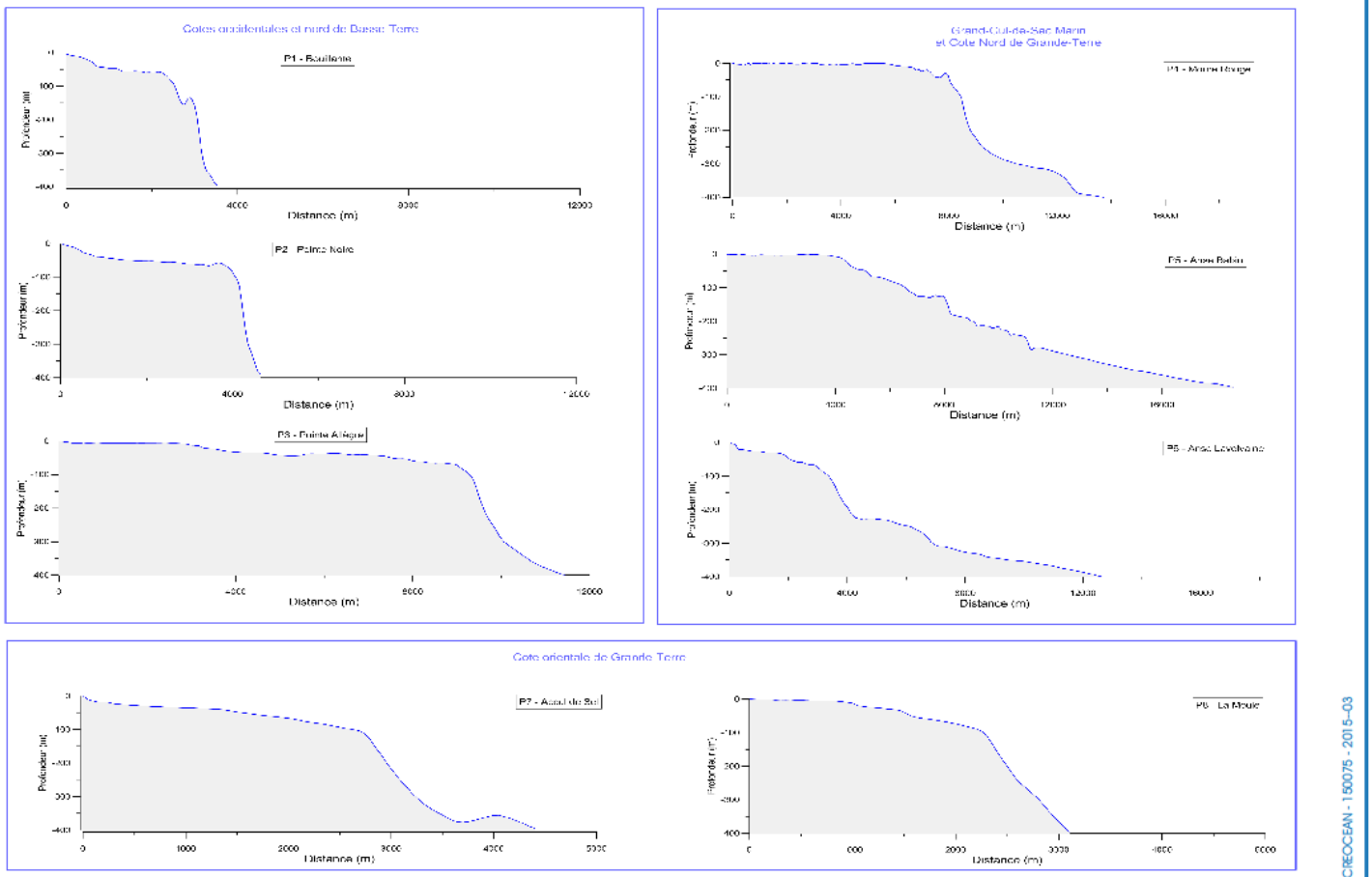


Figure 66. Cartographie des pentes

La Figure 67 présente différentes coupes bathymétriques réalisées à partir du MNT. Elles permettent de mettre en évidence la morphologie chaotique du plateau insulaire, telles que les ruptures de pentes et autres éléments morphologique décrits précédemment.

Figure 66


Côtes occidentales et nord de Basse-Terre
P1 - Bouillante
P2 - Pointe Noire
P3 - Pointe Allègre
Grand-Cul-de-Sac Marin
et Côte Nord de Grande-Terre
P4 - Anse Bertrand
P5 - Anse Laborde
Côte orientale de Grande-Terre
P7 - Anse du Sec
P8 - La Moule
Profondeur (m)
Distance (m)
CREOCEAN - 150075 - 2015-03

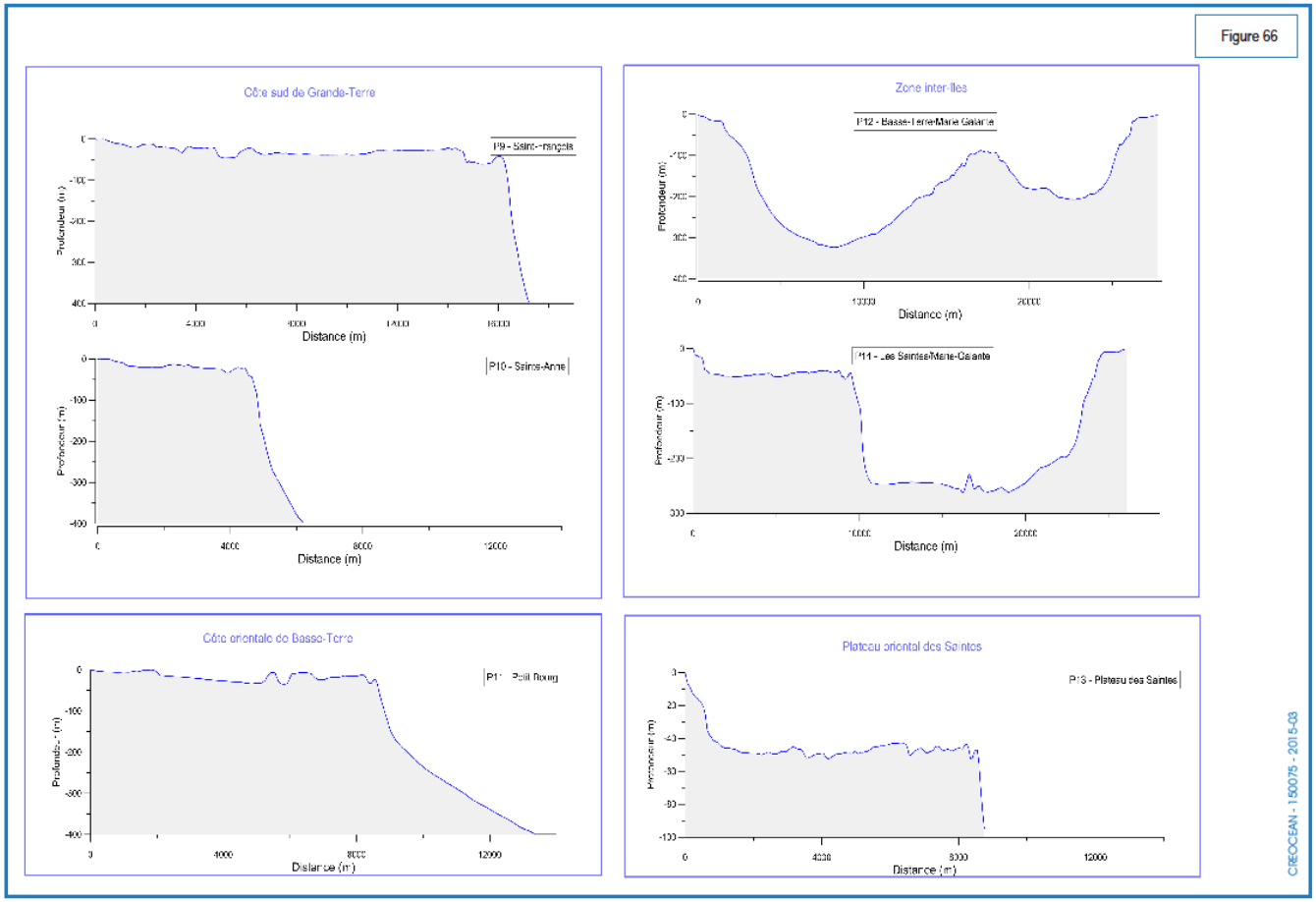


Figure 67. Coupes bathymétriques

Figures sédimentaires

Les travaux d'Augris et *al.* (2000) ont permis une estimation des transports sédimentaires sur le plateau insulaire de la Guadeloupe. Les principaux éléments mis en évidence sont :

- ✓ Une relative mobilité des sédiments en période d'Alizés (soit 80% du temps) à l'exception des zones aux abords des récifs coralliens ;
- ✓ En période de tempête, et principalement pendant les cyclones, les sédiments peuvent être remobilisés jusqu'à 50 à 60 m de fond. Ces processus se traduisent par la présence de mégarides en particulier au niveau des zones de sables grossiers à très grossiers, voire de cailloutis surs les façades les plus exposées (façades orientales).

La cartographie de l'Ifremer (Augris et *al.*, 2000) indique quelques zones de mégarides potentiellement mobiles :

- ✓ Au large de Capesterre-Belle-Eau entre 10 et 20 m d'eau ;
- ✓ Au large du petit Havre vers 15 m d'eau ;
- ✓ Au Nord de Basse-Terre entre 20 et 40 m d'eau. Ces zones plus profondes peuvent être liées à des formations fossiles ou à la dynamique actuelle. Des compléments d'étude seraient nécessaires pour évaluer leur mobilité.

L'implantation d'éoliennes flottantes peut a priori se faire sur des fonds allant de 30m à 1000m. Cependant, afin de limiter le coût des lignes d'ancrages, il est considéré que la zone optimale pour l'implantation d'une ferme est comprise entre 30m et 200m de profondeur.

Afin de limiter la complexité et le coût des ancrages, les zones de faibles pentes sont également à privilégier.

6.5. Conditions océano-météorologiques

6.5.1. Ressource éolienne

Le gisement éolien présent sur l'archipel Guadeloupéen est parcouru par un régime d'Alizés, vents intenses et réguliers de flux majoritairement Est :

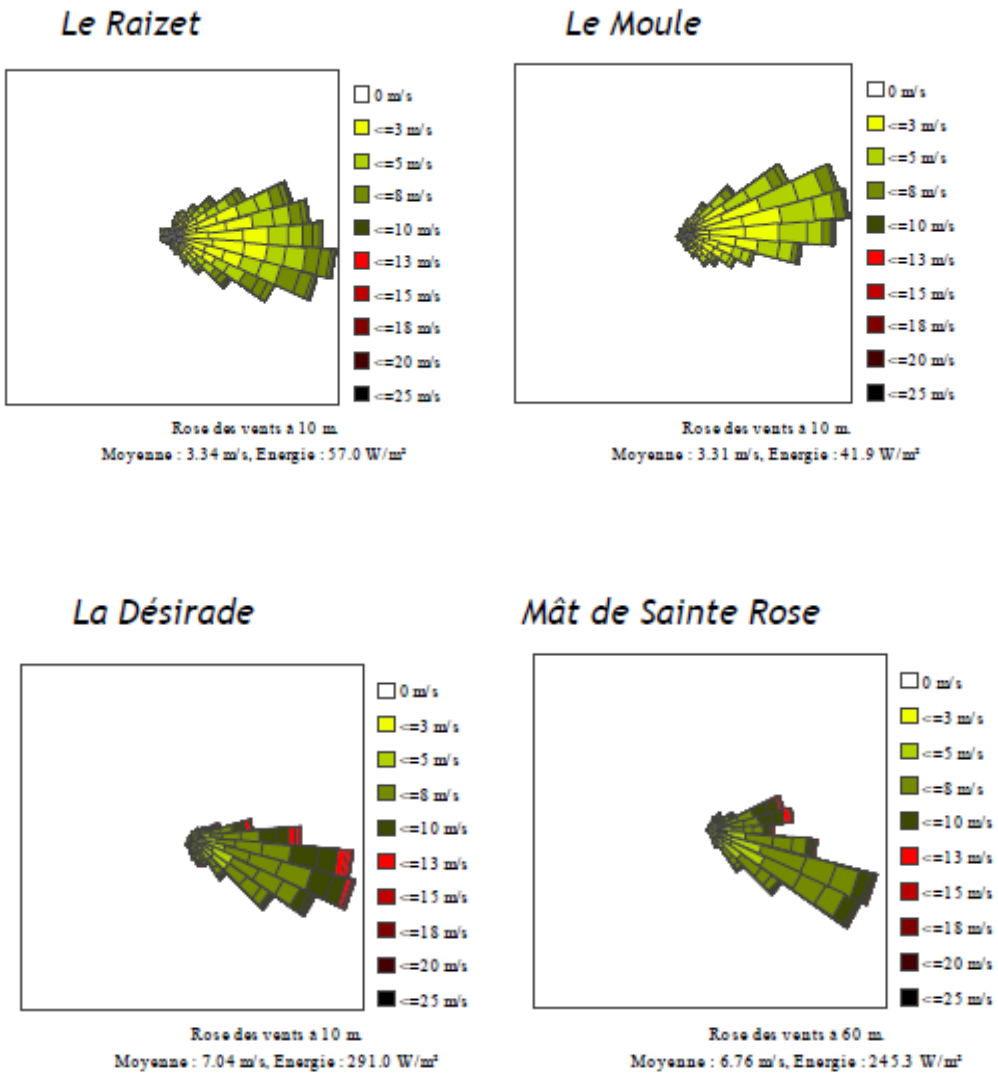


Figure 68 : Ressources éoliennes

Le flux d'Alizé se caractérise notamment par une régularité importante des vents moyens au détriment des vents plus faibles, vents moyens particulièrement favorables à l'exploitation éolienne. Cette régularité est notamment illustrée par la distribution fréquentielle des vents mesurée de 2001 à 2010 sur la station Météo-France de La Désirade :

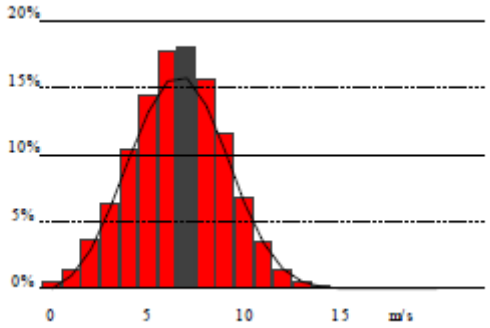


Figure 69: distribution fréquentielle des vitesses de vents sur La désirade (2001-2010)

De plus, on note deux régimes de vent saisonniers principaux :

- **Le régime de la saison sèche, de décembre à mai** : régime anticyclonique provoqué par le déplacement au Sud de l'anticyclone des Açores, provoquant l'établissement stable et soutenu du régime des Alizés, soufflant alors généralement entre 15 et 25 nœuds.

- **Le régime de la saison des pluies, de juin à novembre :** régime cyclonique provoqué par le déplacement vers le Nord de l'anticyclone des Alizés. Ce déplacement au Nord induit une atténuation de l'intensité du régime des Alizés ainsi que le déplacement vers les Antilles de la zone de convergence intertropicale, pouvant occasionner le passage de dépressions tropicales voire de tempêtes et cyclones. La période la plus critique va généralement d'août à septembre.

Enfin, avec le régime d'Alizés, notamment établi durant la saison sèche, la particularité de la zone intertropicale où se trouve la Guadeloupe est le passage possible, durant la saison des pluies, de cyclones de fortes intensités pouvant causer d'importants dégâts. Ces phénomènes extrêmes prennent forme dans les eaux intertropicales à partir d'une dépression généralement venue d'Afrique, voire de la mer Caraïbe, et qui s'organise en dépression de plus en plus forte.

Ces évènements peuvent s'échelonner sur quelques jours, et dans les cas les plus extrêmes, nécessitent l'arrêt des éoliennes : les vents moyens les plus forts qu'il est possible d'attendre au niveau de l'archipel Guadeloupe sont de l'ordre de 180km/h en vents moyens et 250 km/h en rafales instantanées (source : Météo-France). Les éoliennes à mâts fixes les plus adaptées résistent généralement à des vents moyens du même niveau, tandis que certaines éoliennes à mâts basculants, plus chères car spécifiquement conçues pour résister à ce type d'évènements, peuvent supporter des vents moyens de plus de 220 km/h (éolienne au sol).

Le schéma Guadeloupéen de développement de l'énergie éolienne défini quatre classes de densités énergétiques et vitesses de vent sur le territoire terrestre :

- Gisement faible <170 W/m² ou <5,9 m/s ;
- Gisement assez favorable entre 170 et 270 W/m² ou entre 5,9 et 6,9 m/s ;
- Gisement favorable entre 270 et 370 W/m² ou entre 6,9 et 7,9 m/s ;
- Gisement très favorable >370 W/m² ou >7,9 m/s.

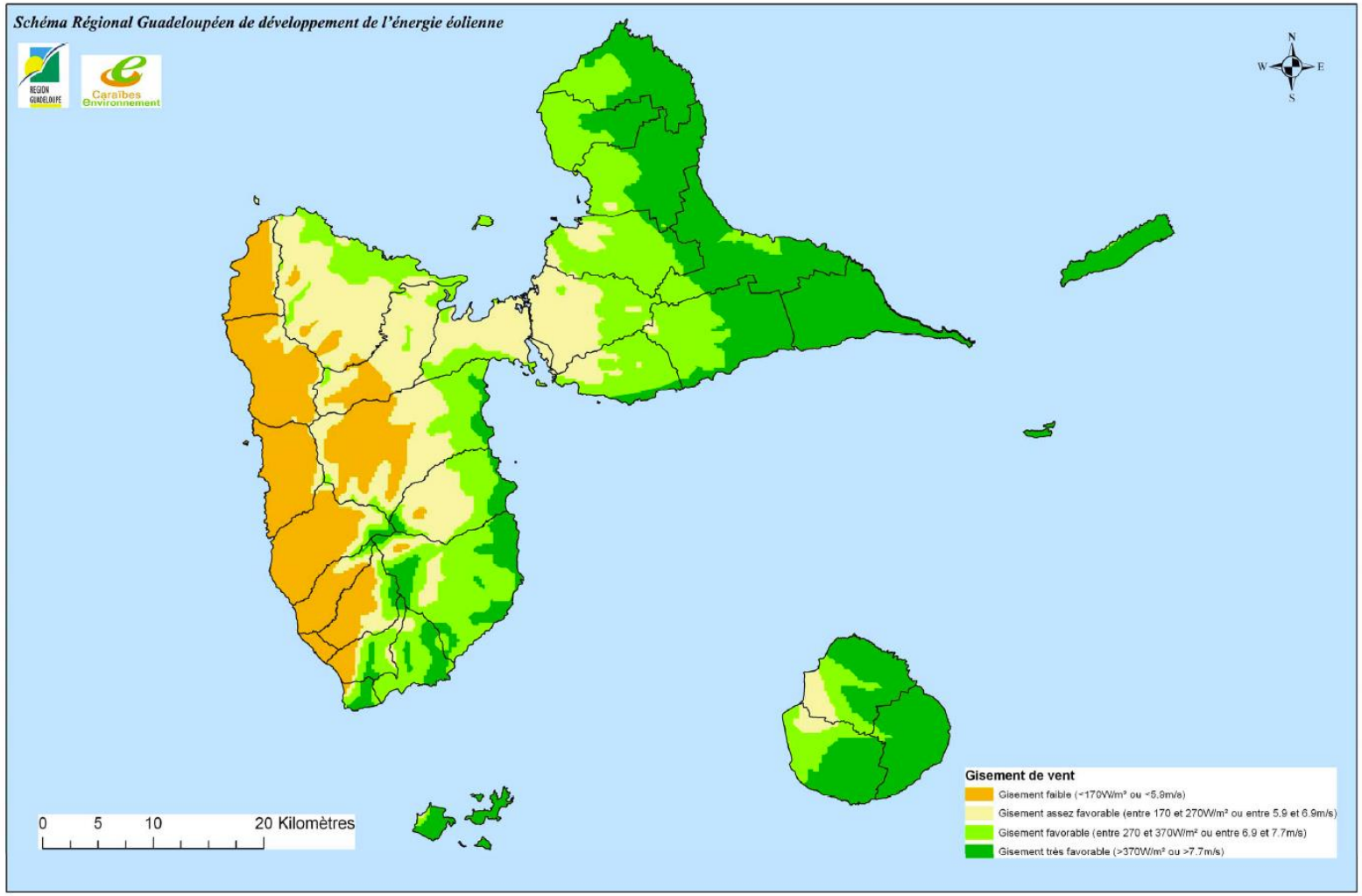


Figure 70 : Gisement de vents

A ce jour, il n'existe pas d'outil précis permettant de visualiser la vitesse du vent en mer.

La société américaine 3TIER, référence mondiale pour l'estimation de la ressource éolienne à terre, permet de couvrir une bande maritime côtière d'environ 15km. Le logiciel se base sur les données météorologiques NCEP-NCAR et sur le modèle de prévision WRF dont les résultats ont été assimilés sur plus de 10 ans. Elles sont fournies à l'échelle mondiale à une résolution de l'ordre de 5km pour différentes hauteurs de mesures.

Ci-dessous la carte issue du logiciel 3TIER pour une hauteur de mesure de 80m sur la Guadeloupe. On constate une grande homogénéité de la ressource dans les eaux Guadeloupéenne.

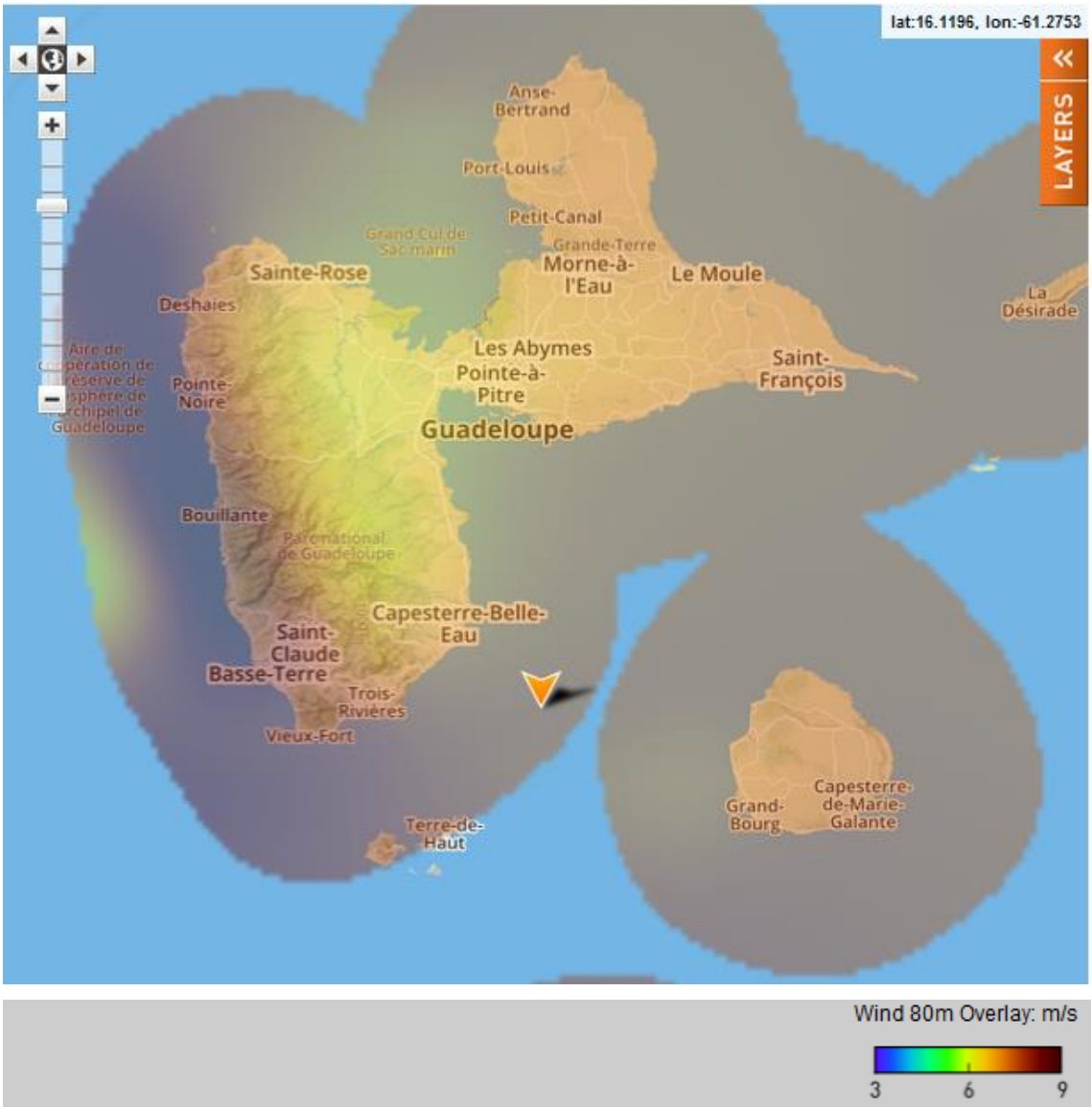


Figure 71 : estimation de la ressource éolienne en mer

La moyenne estimée pour un point situé entre Basse-Terre et Marie Galante est de 7,5 m/s. Les vents d'Est (Alysée) prévalent très fortement.

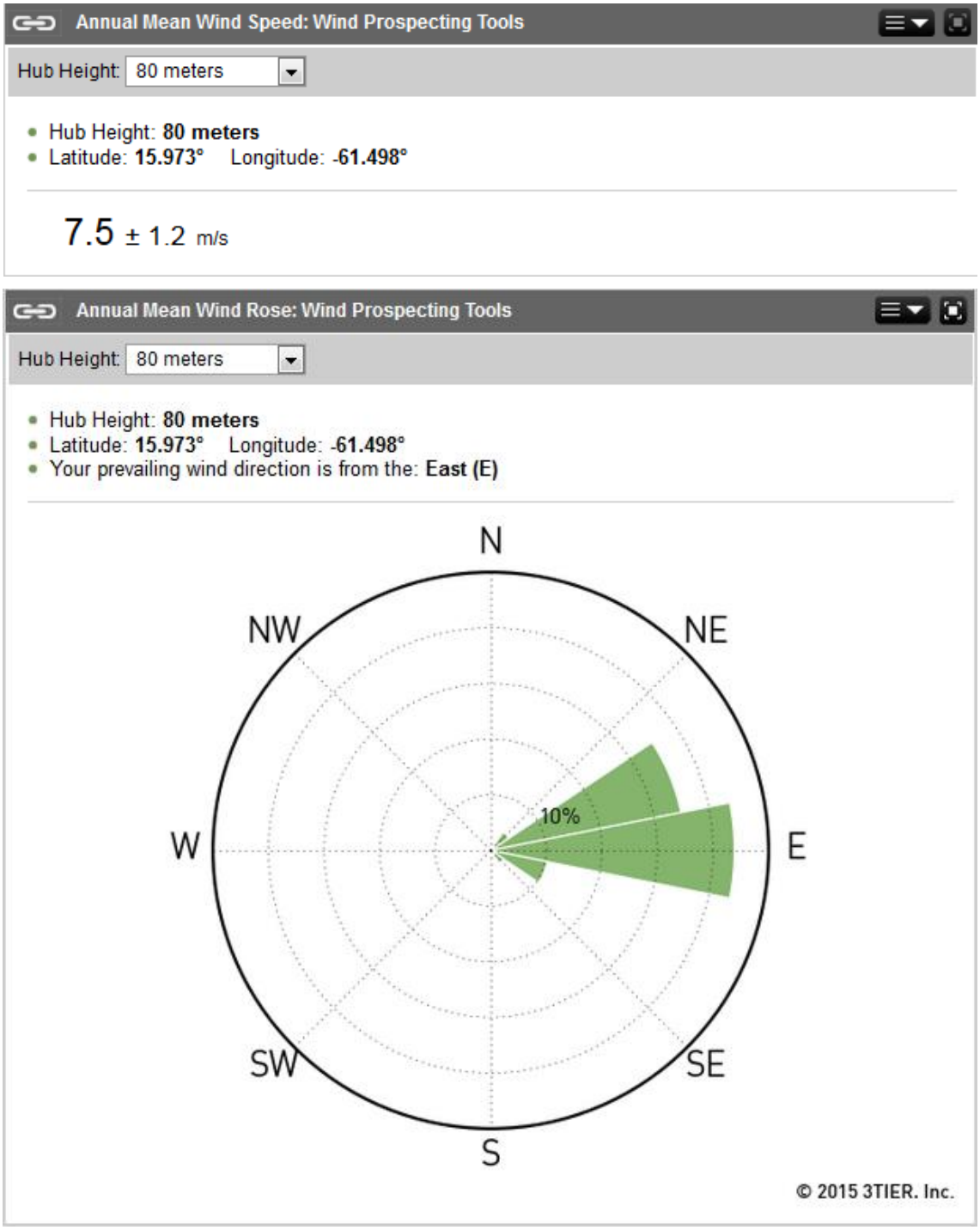


Figure 72 : Vitesses moyennes du vent

De plus, la société AKUO Energy, qui développe le projet Ménard à Marie Galante, dispose d'un mât éolien mesurant la vitesse du vent à 50m depuis juin 2012. Cela confère à la société une très bonne

connaissance de la ressource à proximité de l'île, les valeurs observées tendraient à estimer à la hausse les valeurs fournies par le logiciel 3TIER.

On estime que le seuil de préfaisabilité technico-économique correspond à des gisements moyens compris 7 et 8m/s, selon le type d'éolienne installé et les conditions tarifaires de vente de l'électricité. Afin de statuer dans un second temps sur la faisabilité effective du site, et au vue de l'incertitude des outils d'estimation de la ressource, originellement destinés à estimer le gisement éolien à terre, il est toutefois nécessaire de réaliser des campagnes de mesures locales permettant de connaître avec précision le gisement du site prospecté.

6.5.2. Houle

6.5.2.1.Sources

L'analyse bibliographique des conditions de houle présentée dans ce rapport s'appuie essentiellement sur les résultats de trois modèle WWIII[3] :

- Le modèle régional WNA (Western North Atlantic) de la NOAA, de résolution 0.25°x0.25°, a une emprise de 0-50°N 98°-30°W. Les données sont disponibles de Juillet 1999 à Novembre 2007.
- Le modèle régional NAH (North Atlantic Hurricane) a les mêmes résolutions et emprise que le modèle WNA, et est dédié aux conditions cycloniques. Les données sont disponibles pour chaque saison cyclonique de 2000 à 2010.
- Le modèle ultramarin Antilles développé par le SHOM. Les cartes de résultats de ce modèle sont publiées sur le site previmer.org depuis fin 2009 et pour toute la zone « Est Antilles », la résolution du modèle est de 0.05°.

Ces trois modèles sont complémentaires. Les résultats du modèle WNA ont été utilisés pour calculer les conditions nominales tandis que les résultats du modèle NAH ont servi à estimer les conditions extrêmes au large. Ces modèles ne sont toutefois pas assez fins pour représenter correctement la propagation de la houle du large à la côte et dans les canaux. Des cartes de houle du modèle Antilles, de résolution plus fine sont présentées en complément de cette analyse. La mise en place d'un modèle dédié à cette étude et dont le maillage en éléments finis serait raffiné à la côte et entre les îles est cependant indispensable pour décrire rigoureusement la propagation de la houle autour de l'Archipel de la Guadeloupe.

6.5.2.2.Conditions de houles nominales et extrêmes

[3] WAVEWATCH III est un modèle de vague de troisième génération développé par la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)

La carte présentée ci-après est la synthèse des résultats de l'analyse des conditions nominales et extrêmes. L'analyse a été menée en cinq nœuds des modèles NAH et WNA de résolution spatiale 0.25°x0.25°

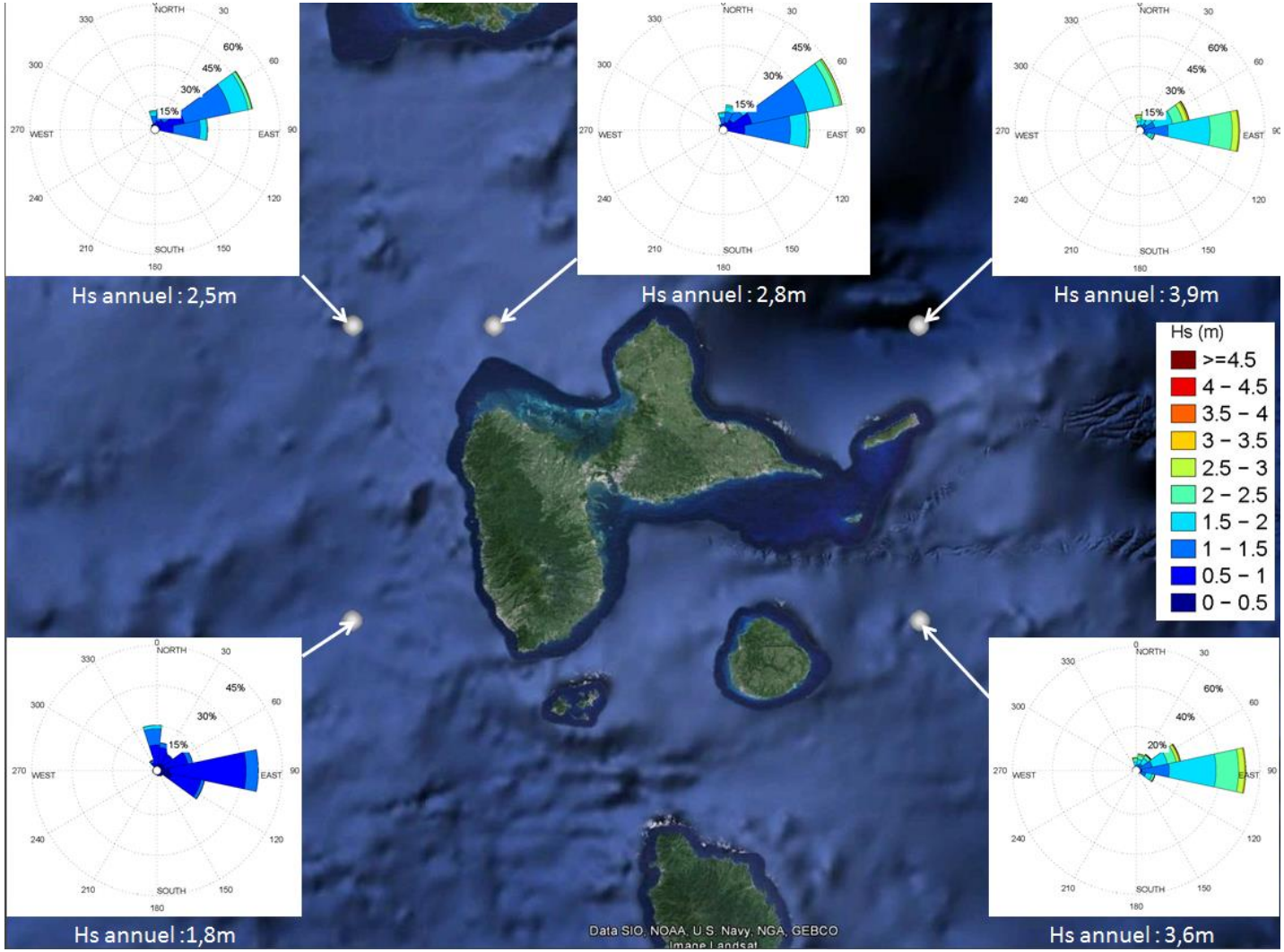


Figure 73 : Synthèse des conditions nominales moyennes et des conditions extrêmes au large de la Guadeloupe (sources : modèle WNA, NAH, Google)

6.5.2.3.Conditions nominales au large

Les roses de houle présentées sur la figure de synthèse ont été réalisées à partir des résultats du modèle WNA. Cette analyse a pour objectif la description sommaire des conditions nominales moyennes autour de la Guadeloupe.

Il ressort de cette étude que les Alizés d'Est à Nord-Est qui soufflent à proximité des Antilles génèrent en quasi permanence des houles moyennes à longues d'Est/Nord-Est d'un à trois mètres. Ces houles touchent directement la côté Est de l'île et se propagent entre les différentes îles jusqu'à la côte Caraïbe où les hauteurs de vagues sont moins importantes (effet d'ombre).

La carte de hauteurs significatives présentée ci-dessous est issue des résultats du modèle Antilles (source previmer.org). Cette carte du 15 janvier 2015 représente une situation classique de houle d'Alizés en Guadeloupe. Les côtes Atlantique sont plus exposées que les côtes Caraïbes.

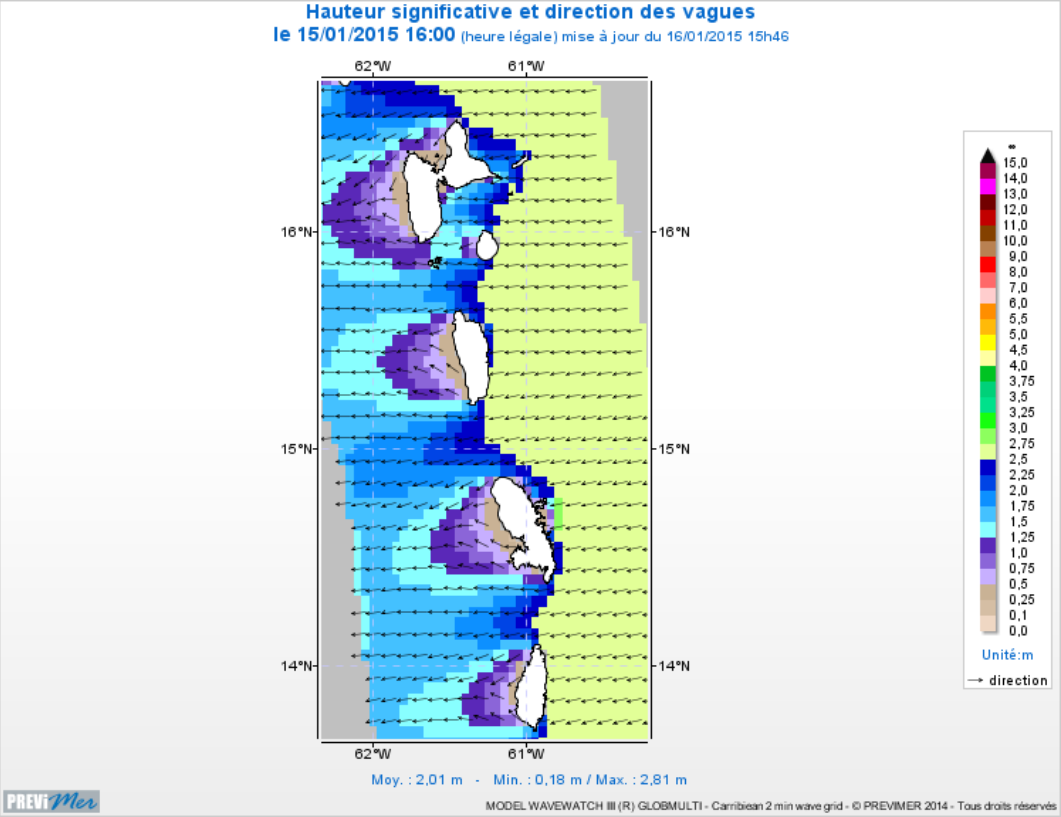


Figure 74 : Hauteurs significatives et direction des vagues

6.5.2.4.Conditions extrêmes au large

Les conditions de houle extrêmes dans les petites Antilles sont principalement générées par des évènements cycloniques (tempête tropicale, cyclone tropical). Les valeurs de Hs annuel présentées sur la figure de synthèse ont donc été calculées à partir des résultats du modèle

NAH. L'approche d'analyse statistique de valeurs extrêmes s'appuie sur la méthode des pics d'excès POT (Peaks-Over-Threshold). Elle consiste à adapter une loi de distribution de type Weibull ou exponentielle, aux valeurs maximums de pics au-dessus d'un seuil pour chaque évènement de tempête et à calculer les valeurs de retour en tenant compte du taux d'occurrence des dépassements du seuil. Cette analyse a pour objectif la description sommaire des conditions nominales moyennes autour de la Guadeloupe.

Les trajectoires des cyclones, et donc des vagues qu'ils génèrent, sont généralement orientées d'Est en Ouest. Un effet d'ombre en arrière des îles atténue les conditions d'agitation sur les côtes caraïbes, la résolution spatiale du modèle ne permet cependant pas une représentation convenable de ce phénomène. De façon plus rare, il arrive parfois que les houles cycloniques se propagent d'Ouest et Est et atteignent directement la côte Caraïbe de la Guadeloupe.

Les cartes de hauteurs significatives présentées ci-dessous sont issues des résultats du modèle Antilles à trois dates différentes (source previmer.org).

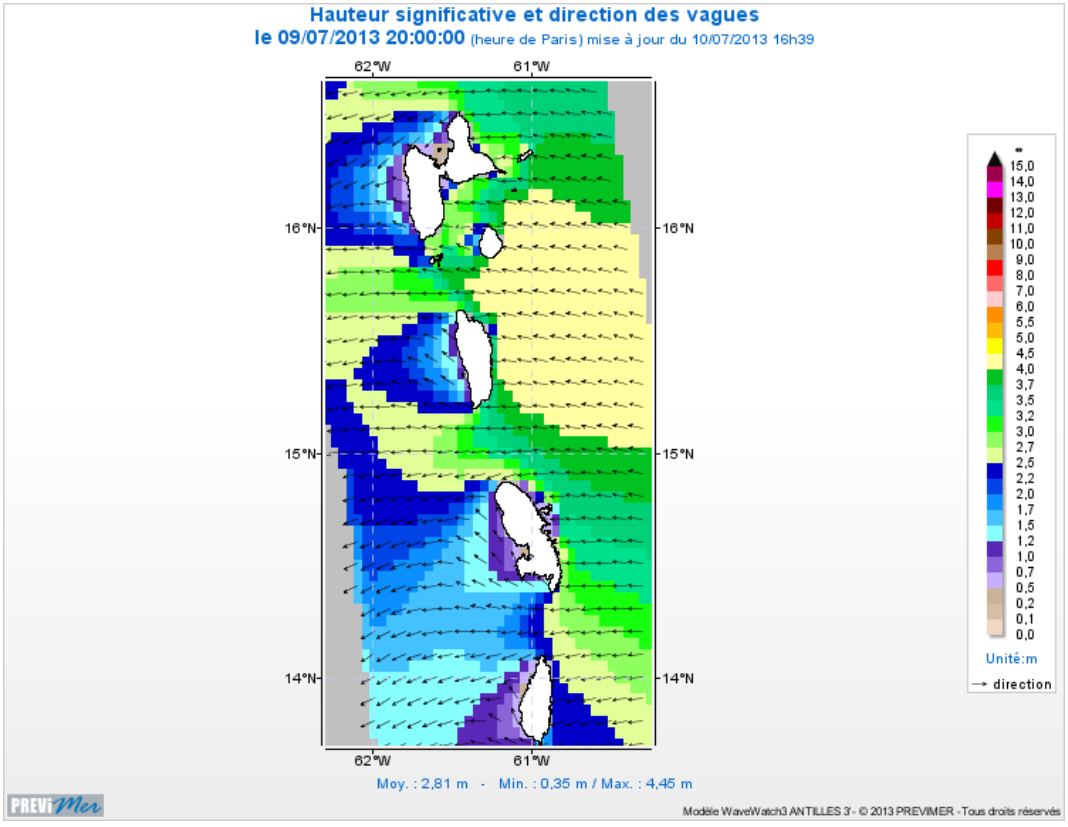


Figure 75 : Carte de hauteurs significatives et directions de houle lors de la tempête tropicale Chantal du 9 Juillet 2013

La tempête tropicale Chantal de Juillet 2013 est un bon exemple de condition cyclonique de houle classique en Guadeloupe. Les côtes Atlantique sont directement exposées aux houles cycloniques de l'ordre de 4m, tandis qu'on observe un effet d'ombre à l'Ouest de la Guadeloupe et de Marie Galante.

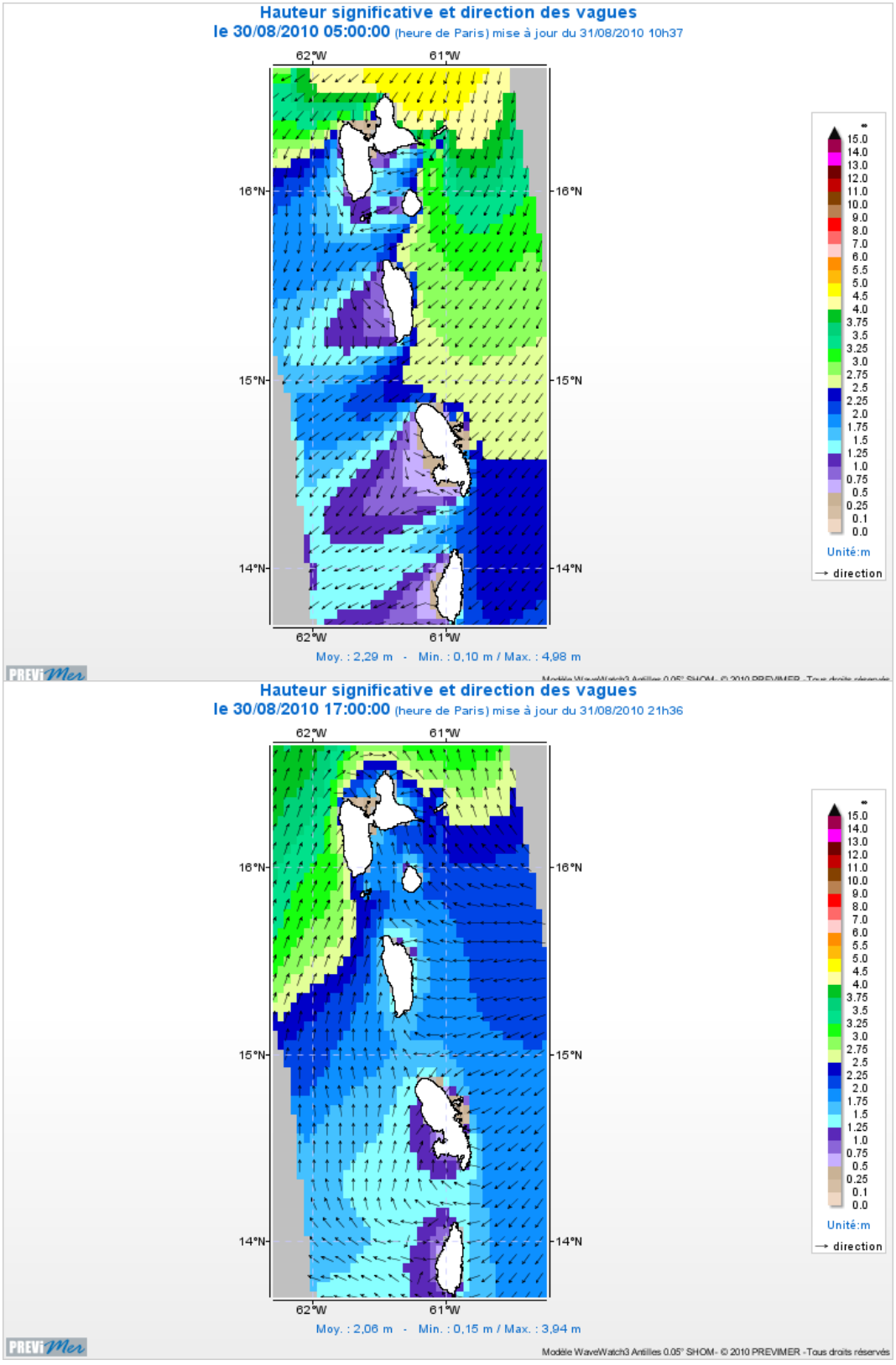


Figure 76 : Carte de hauteurs significatives et directions de houle lors du cyclône Earl le 30/08/2010 à 5h et 19h (heure de Paris)

Lors du cyclone Earl (Août 2010), des houles de 4 à 5m ont atteints la côte Nord-Est de la Guadeloupe, douze heures plus tard des houles de 2.5 à 3m touchaient la côte Ouest de lîle.

6.5.3. Courants

6.5.3.1.Sources des données

Dans l'ensemble, il y a peu de données sur les courants généraux en Guadeloupe. Ainsi l'analyse se base sur les études et données suivantes :

- Pujos M., Gonzalez J.L., Pons J.C. Circulation des eaux sur les plateaux insulaires de Martinique et Guadeloupe. In : Prost Marie-Thérèse (ed.). Evolution des littoraux de Guyane et de la zone caraïbe méridionale pendant le quaternaire. Paris : ORSTOM, 1992, p. 415-435.
- Synthèse des connaissances sur le milieu marin de Guadeloupe par l'Agence des Aires Marines Protégées (2011).
- Gestion et développement - Equilibre du littoral guadeloupéen par BRL Ingénierie (2008)
- Dynamique actuelle des côtes de la Guadeloupe et de ses dépendances, BRGM (1990)
- Etudes CREOCEAN précédentes
- Modèle opérationnel global de prévision et analyse MERCATOR

6.5.3.2.Synthèse des données de courants autour de la Guadeloupe

6.5.3.2.1.*Mesures*

L'étude « Circulation des eaux sur les plateaux insulaires de Martinique et Guadeloupe » de Pujos et al. (1992) repose sur des mesures de courants effectuées au cours des campagnes océanographiques CARACOLANTE 1 et 2, menées sur les plateaux insulaires de Martinique et Guadeloupe et permettent de présenter un schéma général de circulation.

En surface, la circulation est complexe en Guadeloupe du fait de l'existence de deux grandes baies au Nord et au Sud de l'ile.

Près du fond, l'effet de marée est bien marqué, souligné par une majorité de courants rotatifs à semi-rotatifs, dans le sens cyclonique.

La cartographie des points de mesure est présentée ci-dessous :

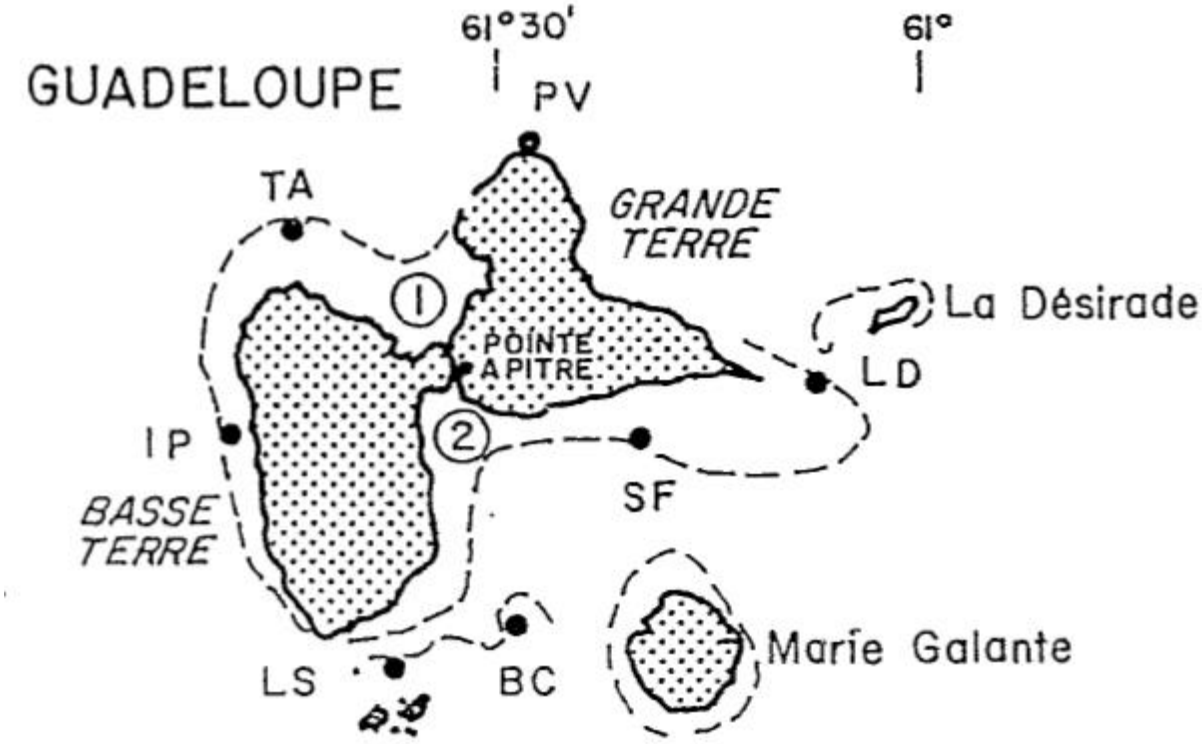


Figure 77 : Localisation des stations (Banc Colombie (BC) ; Saint-François (SF) ; La Désirade (LD) ; Pointe de la Vigie (PV) ; Tête à l'Anglais (TA) ; Ilet Pigeon (IP) ; Les Saintes (LS))

Les vitesses mesurées sont présentées au fond et en surface sur la Figure suivante. Les profondeurs des courantomètres sont indiquées sur les courbes.

Nous pouvons retenir principalement que :

- Les vitesses ne dépassent jamais ~ 40 cm/s ;
- Il y a peu de différences de vitesses entre les différentes stations (toutes oscillent autour de quelques dizaines de cm/s)
- Les vitesses les plus fortes sont atteintes en surface, mais à certains moments de la marée, les courants peuvent être plus forts au fond qu'en surface ;
- Les courants les plus forts sont mesurés à la station PV ;
- Les courants les plus faibles sont mesurés à la station SF ;

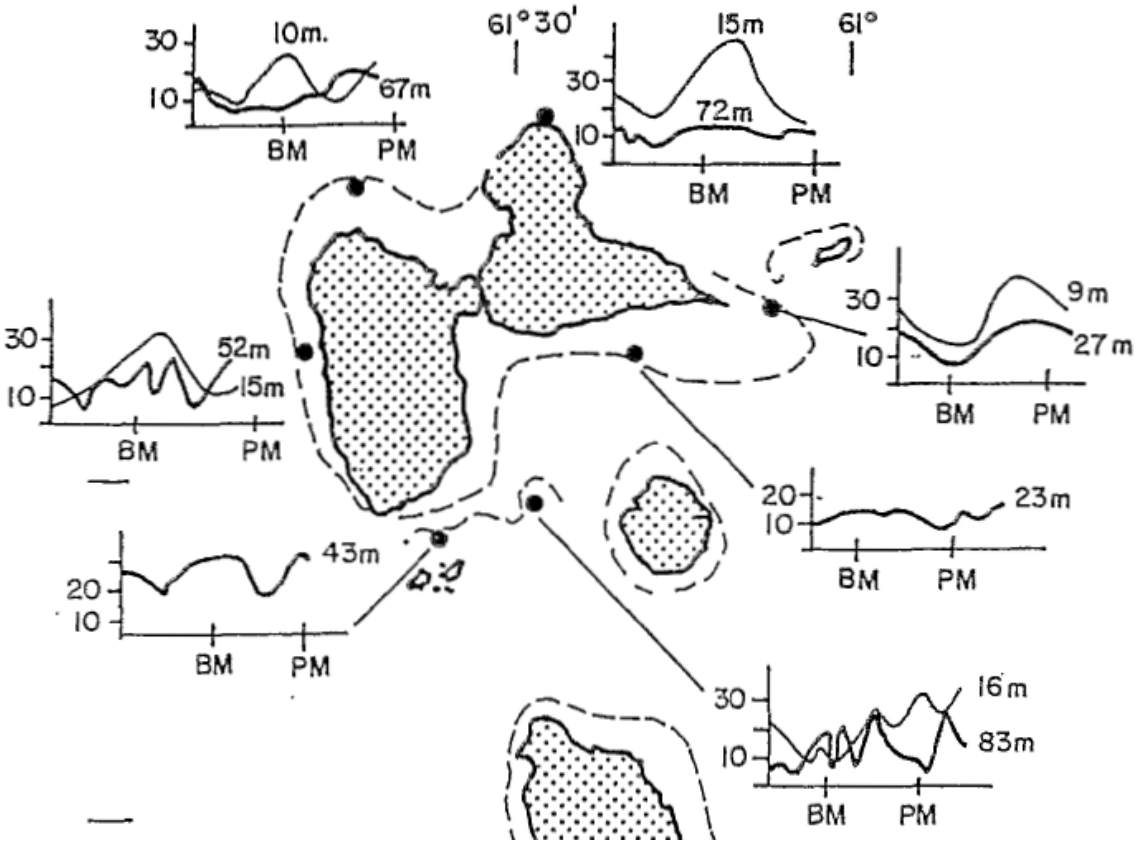


Figure 78 : Vitesse du courant (cm/sec)

6.5.3.2.2.*Cartes synthétiques*

Les cartes suivantes sont extraites de Pujos et al. (1992).

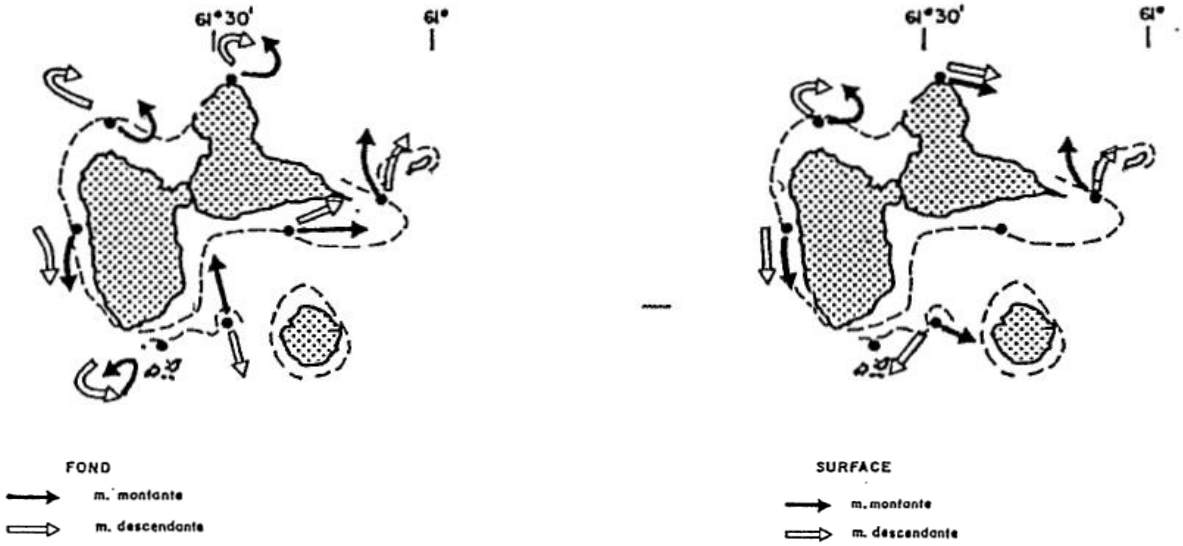


Figure 79: Schéma de circulation (Pujos et al., 1992)

Pujos a établi les constats suivants :

- En surface, la circulation est peu influencée par la marée et est complexe en raison de la morphologie indentée de l'ile symbolisée par deux baies profondes (Grand et Petit cul-de-sac marin).
- Sous le vent des iles, le courant est orienté au Sud-sud-est ; il atteint la vitesse de 40 cm/s. Au vent, sa direction est Nord-nord-est à Nord-nord-ouest, de 10 à 35 cm/s.
- Cette courantologie générale de surface pourrait être l'expression de l'effet des iles sur l'orientation du courant Nord-équatorial et du courant des Guyanes.
- Près du fond, l'effet de marée est plus important, souligné par une majorité de courants rotatifs à semi-rotatifs, essentiellement au Nord et au Sud des iles. Les directions autour de la Guadeloupe sont généralement cycloniques.

Les cartes schématiques du fonctionnement océanographique des îles de la Guadeloupe par les aires marines protégées présentent (cf. Figures suivantes) :

Durant la saison sèche, les courants généraux au Sud de la Guadeloupe sont plutôt orientés vers l'Ouest et le Sud-Ouest tandis que durant la saison des pluies on observe des courants généraux vers le Nord-Ouest au Sud de Marie-Galante et vers l'Est au Nord de Marie-Galante. Le courant des Antilles qui est un courant océanique chaud s'écoule vers le Nord-Ouest depuis les Antilles à l'Est de la Guadeloupe du côté de l'océan Atlantique.

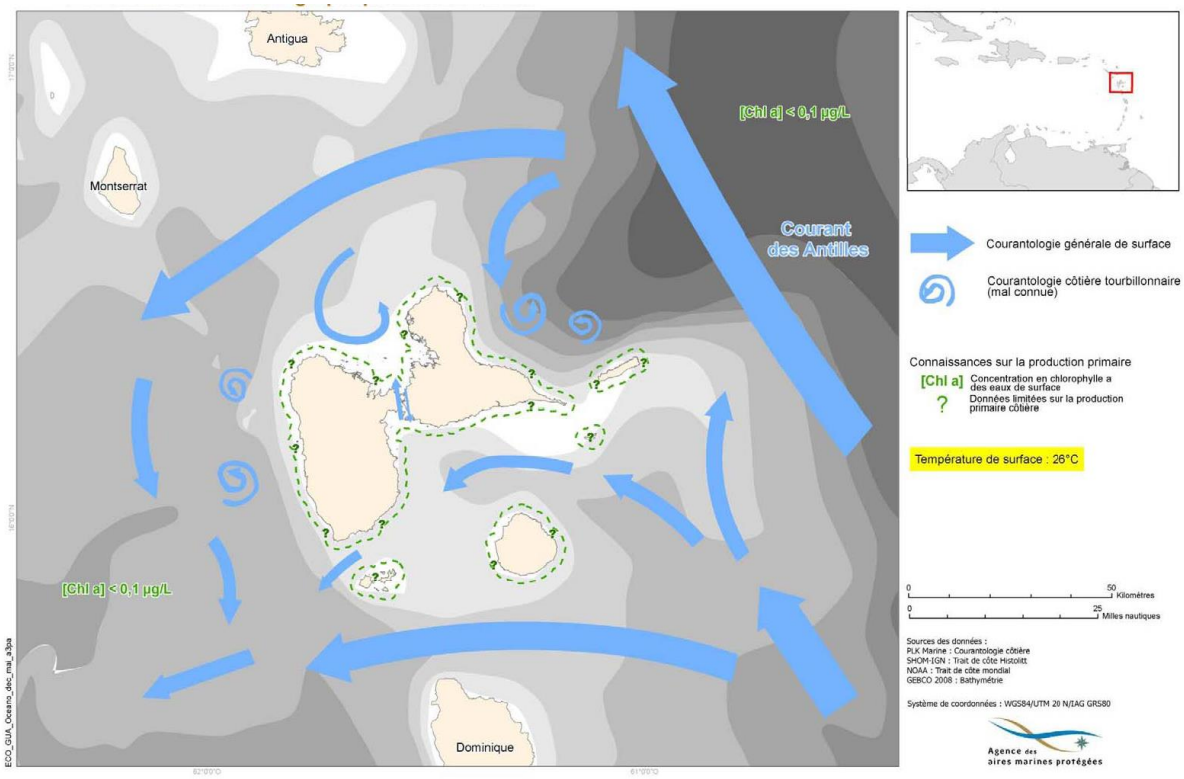


Figure 80 : Fonctionnement océanographique schématique entre décembre et mai (saison sèche). Synthèse des connaissances sur le milieu marin de Guadeloupe par l'Agence des Aires Marines Protégées (2011).

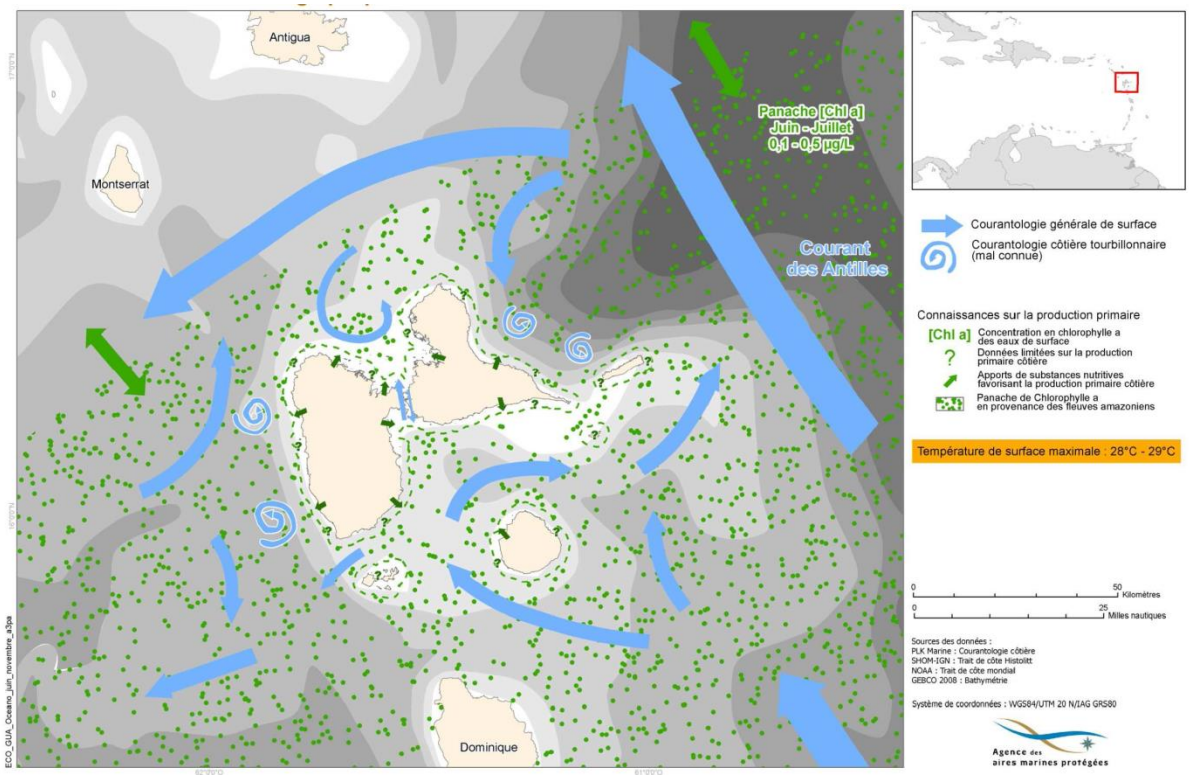


Figure 81: Fonctionnement océanographique schématique entre juin et novembre (saison des pluies). Synthèse des connaissances sur le milieu marin de Guadeloupe par l'Agence des Aires Marines Protégées (2011).

Les données du modèle MERCATOR (résolution 1/12°) ont été extraites pour la journée du 20 janvier 2013 (condition classique saison sèche et alizés), et sont présentées sur la Figure ci-dessous. On retrouve clairement la circulation générale de la saison sèche, avec des courants portant à l'Ouest. Les vitesses les plus fortes sont atteintes au Sud de Marie galante et de Basse-Terre, mais ne dépassent pas 30 cm/s. Précisons que la résolution du modèle (1/12°) ne permet pas de reproduire de manière réaliste les courants liés aux effets de site (proximité des côtes, zones comprises entre les iles, etc…). Ces résultats permettent donc une estimation en première approche, mais sont insuffisants pour estimer précisément les courants autour de la Guadeloupe.

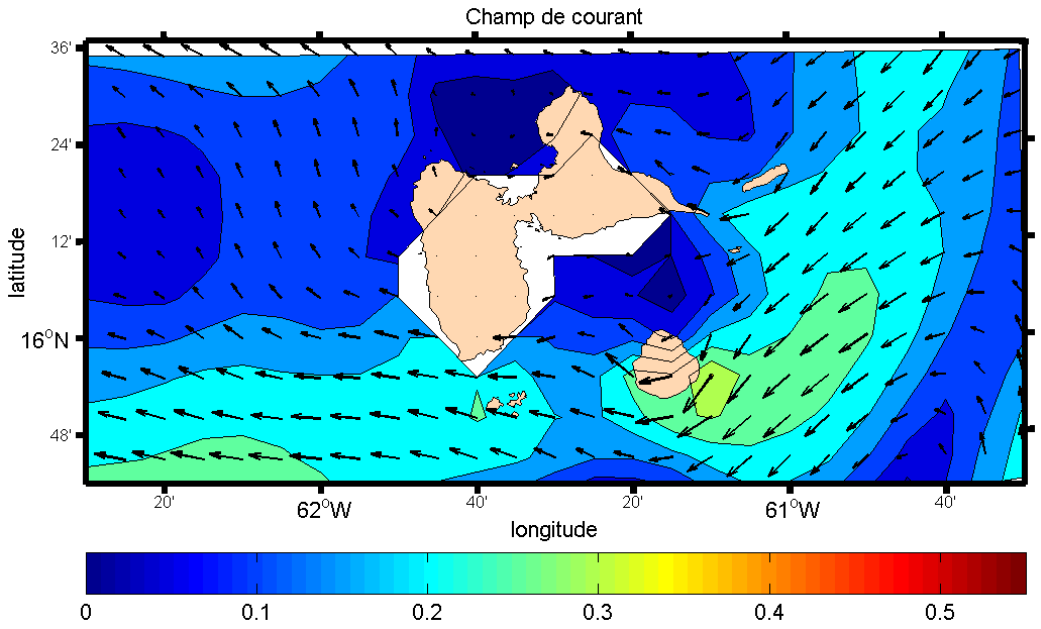


Figure 82 : champs de courants de surface MERCATOR du 20 janvier 2013

Les Figures ci-dessous présentent une cartographie synthétique et les résultats de modélisation d'une étude CREOCEAN sur le Grand cul-de-sac marin. Ces éléments sont caractéristique de la circulation des masses d'eau dans un système lagon – barrière récifale : dans le lagon, protégé des houles du large, les courants sont très faibles (inférieurs à ~30 cm/s lors d'une tempête tropicale). A l'inverse, sur la barrière –où les vagues déferlent- et dans les passes –où l'excès d'eau du lagon est vidangé-, les courants sont très forts (supérieurs à 1 m/s). Au large de la barrière, dans les zones de plus grande profondeur, les courants sont très faibles.

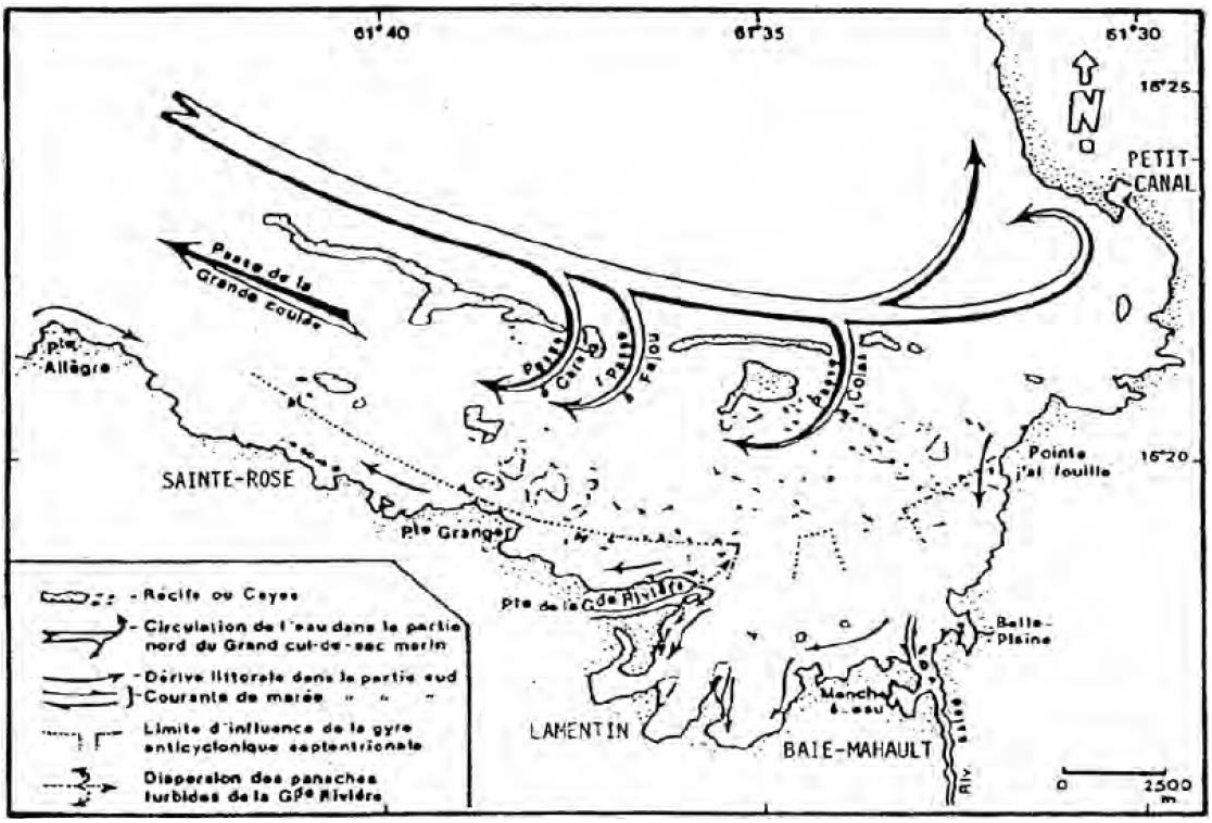


Figure 83 : Courantologie du Grand cul-de-sac marin (d'après Assor, 1988)

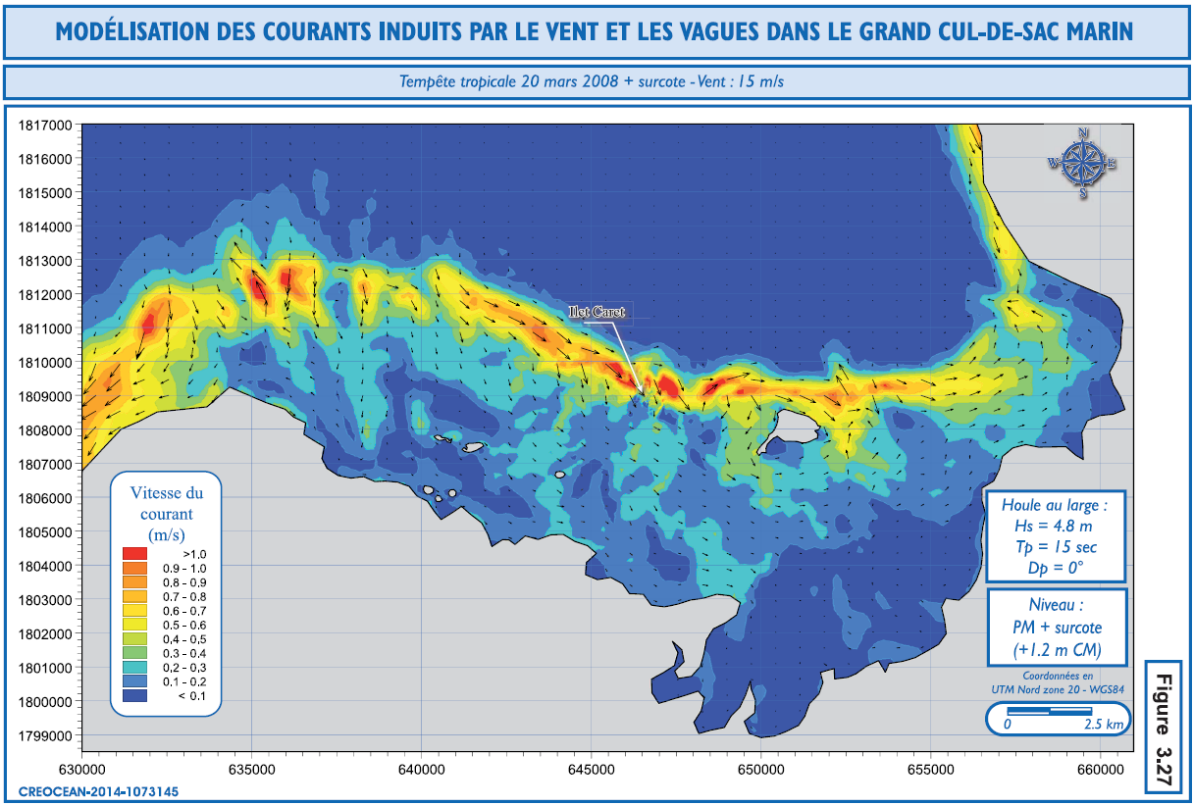


Figure 84: courants induits par les vagues et le vent dans le Grand Cul-de-sac Marin, tempête tropicale 20 mars 2008, calculés par CREOCEAN dans le cadre d'une étude précédente.

6.5.4. Risques naturels

6.5.5. Tsunami

Les tsunamis sont une série de vagues très longues générées par un fort séisme sous-marin provoquant un déplacement à la surface du plancher océanique, par une grande éruption volcanique ou par un glissement de terrain sous-marin.

Ces vagues se déplacent à très grande vitesse (800 km/h). Lorsqu'elles atteignent les eaux peu profondes du littoral, elles sont freinées et leur amplitude augmente. L'effet peut être amplifié lorsqu'un port ou une baie canalise les vagues lors de leur arrivée sur le rivage.

Il en résulte un envahissement par la mer, brutal et plus ou moins important, des zones littorales, pouvant générer des dégâts considérables sur les habitations et les infrastructures, parfois loin à l'intérieur des terres.

Si le risque tsunami ne fait pas partie des risques généralement reconnus aux Antilles, il a déjà frappé la Guadeloupe à plusieurs reprises par le passé. Tout récemment, le 13 juillet 2003, une vague de 1 à 2 m de hauteur s'est abattue sur la Côte-sous-le-Vent de la Guadeloupe et a fait quelques dégâts matériels dans le port de Deshaies. Ce petit tsunami a été provoqué par un écroulement du dôme de lave du volcan Soufriere Hills de Montserrat. Ce phénomène s'est reproduit le 20 mai 2006, avec l'écroulement d'un nouveau dôme et un nouveau tsunami sur la Guadeloupe, observé à Deshaies.

La connaissance historique des tsunamis est inventoriée dans la base de données Tsunamis du BRGM. Trois évènements principaux ont historiquement impacté les Antilles française de façon significative :

- Le séisme de Lisbonne en 1755,
- Le séisme de la Nouvelle Angleterre en 1755,
- Le séisme des Îles Vierges en 1867.

Pour les événements d'origine volcanique on peut noter l'éruption de la montagne Pelée en 1902 et l'écroulement du dôme de Montserrat en 1997, 2003 et 2006.

On peut estimer de l'ordre de quelques centaines à quelques milliers d'années la période de retour des très forts séismes susceptibles de provoquer des tsunamis.

Le projet de champ éolien flottant offshore se situant en eau profonde, l'amplitude de l'onde sera donc faible si un tel événement survenait.

6.5.6. Les risques cycloniques

Le terme de cyclone désigne toute perturbation tropicale tourbillonnaire (Meteo France, 2005), un classement s'effectuant selon l'échelle de Saffir-Simpson :

- Dépression tropicale : les vents moyens sur 1 mn sont inférieurs à 63 km/h (34 nœuds).
- Tempête tropicale : 63 km/h (34 nœuds) < V1mn < 117 km/h (83 nœuds)
- Ouragan, pour lequel on distingue 5 classes. La classe 5, la plus élevée, est attribuée aux vents 1mn de plus de 249 km/h. Un phénomène d'une telle intensité n'a jamais été observé en Guadeloupe. Le nombre d'ouragans ayant atteint la classe 4 (210 km/h < V1mn < 248 km/h) sur les Antilles françaises est inférieur à un par siècle.

Les cyclones qui concernent les Antilles se forment en général à partir d'ondes tropicales qui traversent l'Atlantique, des îles du Cap Vert au golfe du Mexique. Ils traversent l'océan en quatre à cinq jours en s'intensifiant, incurvent ensuite leur trajectoire vers le nord en diminuant leur vitesse de déplacement, puis vers le nord-est et l'est lorsqu'ils sont pris dans la circulation d'ouest des perturbations atlantiques. Certains cyclones peuvent également se former plus près de l'arc antillais, au nord de la Barbade. S'ils sont de puissance moindre ils présentent néanmoins un réel danger en raison de la soudaineté de leur formation et de leur proximité. D'autres, assez rares, se développent dans la Mer des Caraïbes et prennent des trajectoires plein Est pour arriver jusqu'à l'arc Antillais (comme Lenny, en 1999). Les vitesses de déplacement des cyclones en zone tropicale sont souvent comprises entre 5 et 17 nœuds.

Si on considère le dénombrement purement arithmétique, en 60 ans de statistiques cycloniques depuis 1950, on recense en Guadeloupe 9 Tempêtes Tropicales et 8 Ouragans, ce qui représente en moyenne (Météo France, 2007):

- 1 phénomène cyclonique (tempête ou ouragan) tous les 3,5 ans ;
- 1 ouragan tous les 7,5 ans.

Ces valeurs sont toutefois issues de statistiques sur de faibles échantillons, elles doivent donc être considérées avec précaution.

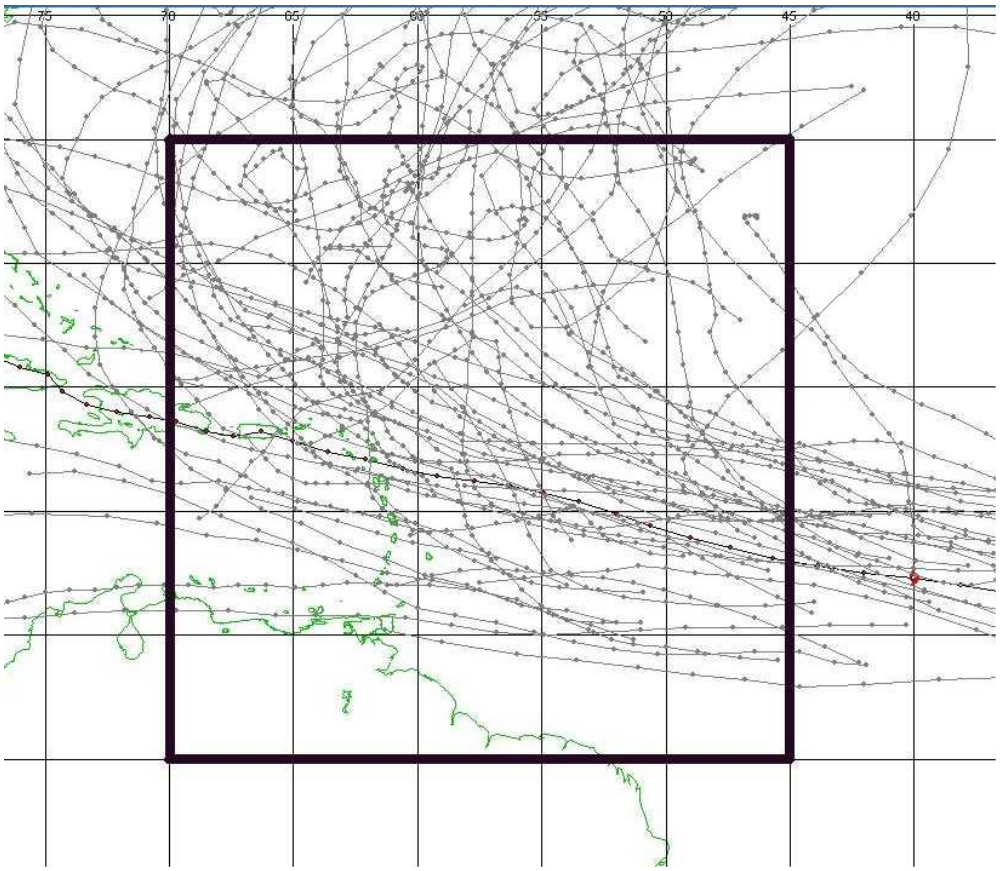
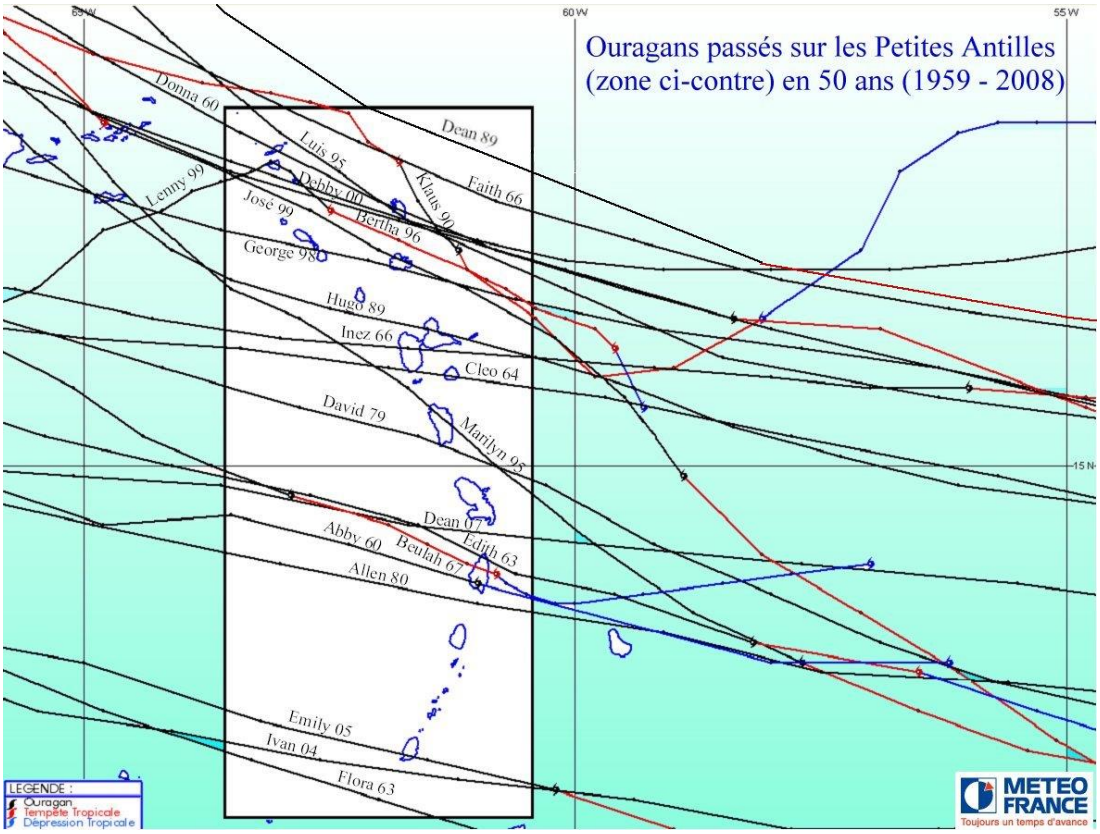


Figure 85 : Trajectoires des cyclones qui sont passés sur l'arc Antillais entre 1983 et 1999 (Meteo France, 2005)



6.5.6.1.Conditions de houle cyclonique

Les valeurs de Hs annuel présentées sur la figure de synthèse ont été calculées à partir des résultats du modèle NAH. L'approche d'analyse statistique de valeurs extrêmes s'appuie sur la méthode des pics d'excès POT (Peaks-Over-Threshold). Elle consiste à adapter une loi de distribution de type Weibull ou exponentielle, aux valeurs maximums de pics au-dessus d'un seuil pour chaque évènement de tempête et à calculer les valeurs de retour en tenant compte du taux d'occurrence des dépassements du seuil. Cette analyse a pour objectif la description sommaire des conditions nominales moyennes autour de la Guadeloupe.

Les trajectoires des cyclones, et donc des vagues qu'ils génèrent, sont généralement orientées d'Est en Ouest. Un effet d'ombre en arrière des îles atténue les conditions d'agitation sur les côtes caraïbes, la résolution spatiale du modèle ne permet cependant pas une représentation convenable de ce phénomène. De façon plus rare, il arrive parfois que les houles cycloniques se propagent d'Ouest et Est et atteignent directement la côte Caraïbe de la Guadeloupe.

Les cartes de hauteurs significatives présentées ci-dessous sont issues des résultats du modèle Antilles à trois dates différentes (source previmer.org).

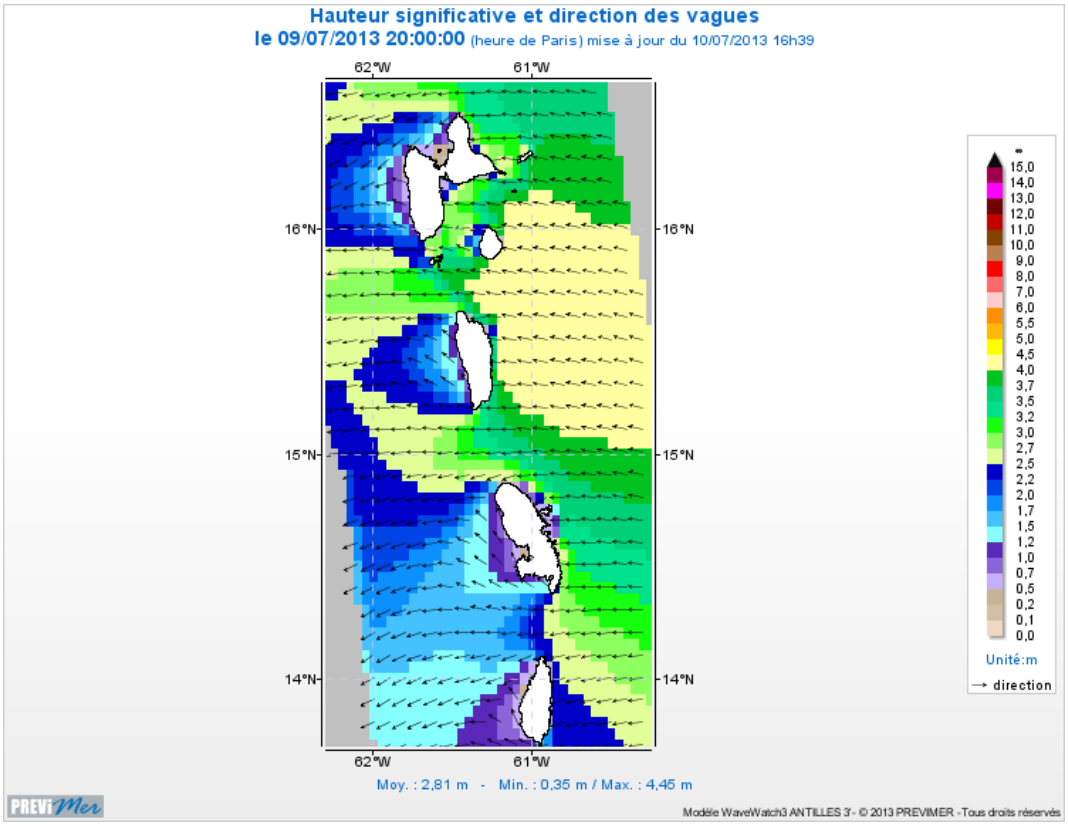


Figure 86 : Carte de hauteurs significatives et directions de houle lors de la tempête tropicale Chantal du 9 Juillet 2013

La tempête tropicale Chantal de Juillet 2013 est un bon exemple de condition cyclonique de houle classique en Guadeloupe. Les côtes Atlantique sont directement exposées aux houles

cycloniques de l'ordre de 4m, tandis qu'on observe un effet d'ombre à l'Ouest de la Guadeloupe et de Marie Galante.

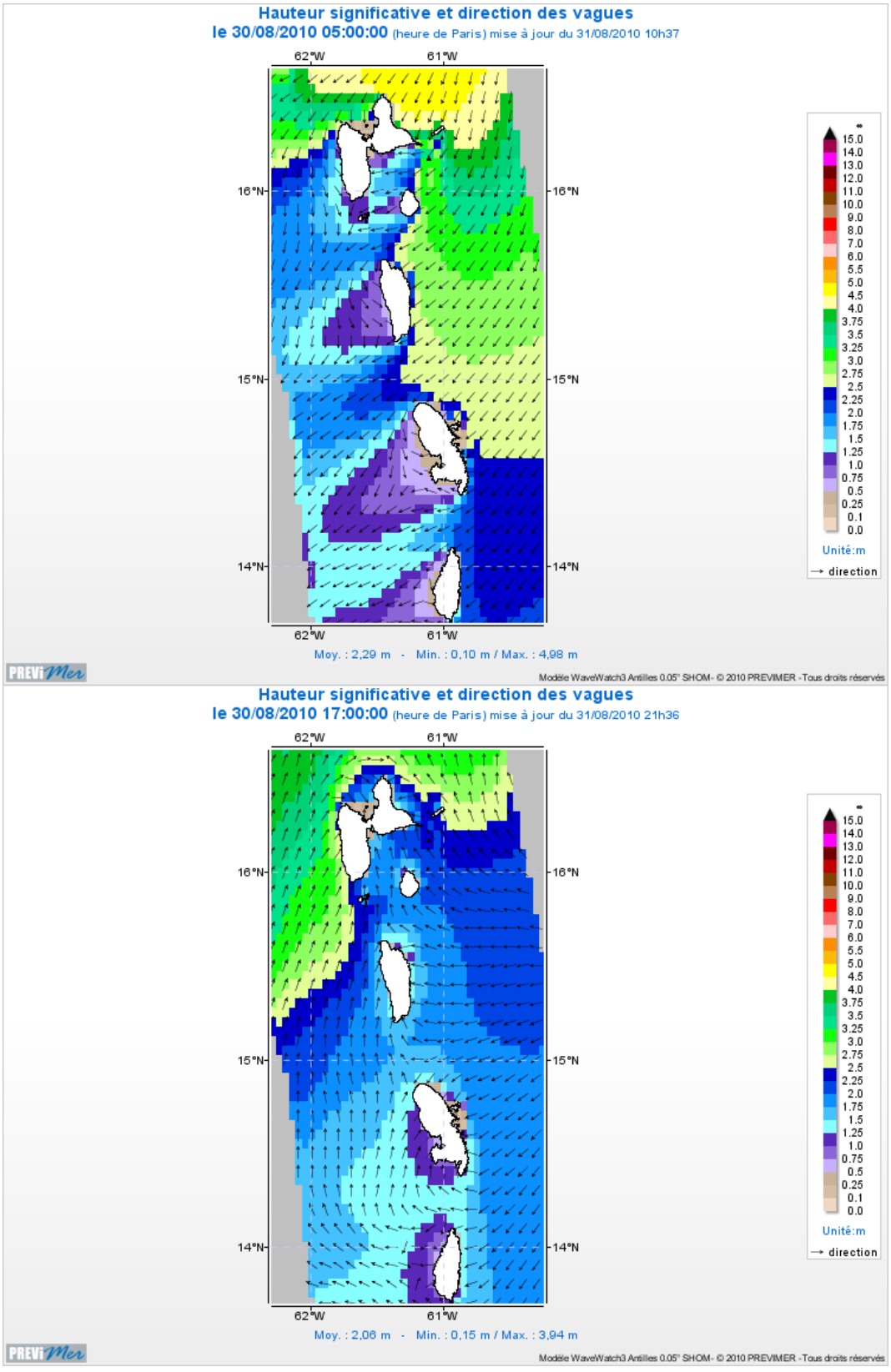


Figure 87 : Carte de hauteurs significatives et directions de houle lors du cyclône Earl le 30/08/2010 à 5h et 19h (heure de Paris)

Lors du cyclone Earl (Août 2010), des houles de 4 à 5m ont atteints la côte Nord-Est de la Guadeloupe, douze heures plus tard des houles de 2.5 à 3m touchaient la côte Ouest de lîle.

7. Synthèse des contraintes et Proposition pour l'implantation

7.1. Synthèse aspects environnementaux

La richesse et la diversité des eaux guadeloupéennes est un fait avéré, les études complémentaires à réaliser devront cependant permettre la réalisation d'un projet de ferme si les notions de sensibilité et d'intérêt des différents compartiments biologiques sont bien étudiés au regard des caractéristiques du projet mis en place.

Le couloir d'atterrage restera la zone la plus sollicitée, mais ne présentant pas un niveau de contraintes ou d'enjeu supérieur à un projet de câble qu'il soit de télécom ou électrique ou un projet de conduites sous-marines.

7.2. Synthèse aspects réglementaires et usages

Ces aspects sont tous contraignants en termes de planning et seront surtout à prendre en compte au niveau de l'atterrage du câble d'export.

Ile touristique par excellence, la totalité du littoral de la Guadeloupe sera sujet à des dossiers réglementaires ardus nécessitant des phases de concertations préalables non négligeables.

L'acceptation et l'intégration paysagère sera un volet majeur qu'il conviendra de considérer au plus tôt dans le phasage du montage d'un projet.

7.3. Synthèse : aspects logistiques et techniques

Les infrastructures portuaires envisageables sont celles du port de Jarry, seul port présentant à la fois :

- des surfaces de terres pleins acceptables,
- des linéaires de quai compatibles avec les opérations envisageables,
- un tirant d'eau permettant la mise à l'eau des flotteurs quelques soit la technologie retenu.

Les entreprises et savoir-faire locaux sont eux à développer.

Le poste source le plus favorable, présentant une capacité d'injection sur le réseau en accord avec un projet de ce type est celui de Capesterre.

7.4. Synthèse : aspects hydrodynamiques

Les éléments détaillés ci-dessus en première approche nous permettent de dresser les constats préliminaires suivants :

En termes de courants et d'agitation, les côtes sous le vent bénéficient d'une situation générale plus favorables que les côtes aux vents, beaucoup plus exposées aux houles, en conditions classiques d'alizés, mais également lors des conditions cycloniques les plus fréquentes (propagation d'Est en Ouest) ;

Les zones apparaissant comme étant a priori les plus favorables du point de vue hydrodynamique et bathymétrique sont (hors contexte réglementaire et environnemental) :

- La côte Ouest de Basse-Terre ;
- La zone située entre Basse-Terre et les Saintes ;
- Le Grand cul-de-sac marin, en dehors des passes et barrières récifales ;
- Le Petit cul-de-sac marin, en dehors des passes et barrières récifales ;
- La côte Ouest de Marie-Galante.

En revanche, l'ensemble des côtes Nord, Est et Sud de Grande-Terre, Marie Galante, Petite-Terre et la Désirade étant plus exposée aux fortes houles du large, apparaît donc moins favorable.

7.5. Synthèse : aspect géologiques et géomorphologiques

- Sismicité

D'après l'ensemble des informations disponibles sur la sismicité, le risque de dégâts sur des installations est plus important sur la partie Nord-Est de l'île, zone englobant une partie de Basse-Terre et Grande-Terre, malgré une intensité moindre des séismes. Ceci est lié à une profondeur des épicentres plus faible dans cette zone.

- Nature des fonds

Les principales formations/dépôts sont :

✓ Des sables grossiers issus du démantèlement coralliens sur le plateau insulaire de Grande-Terre, au nord de Basse-Terre et des Saintes ;

- ✓ Des sables d'origines volcaniques sur le plateau de Basse-Terre, fins à l'Ouest et grossiers à l'Est ;
- ✓ Des récifs coralliens sous forme de patchs au sud de Grande-Terre et en barrière autour de Basse-Terre. Les gammes de profondeur d'eau sont variables en fonction des sites, soit entre 10 m et plus de 40 m ;
- ✓ En domaine plus profond, haut du talus continental, la sédimentation est principalement sablo-vaseuse à vaso-sableuse. Nous n'avons pas d'information sur l'origine de ces sédiments.

- Epaisseur de sédiments

En termes d'épaisseur du recouvrement sédimentaire, celui-ci semble variable avec localement de très faibles épaisseurs liés à la présence d'anciens récifs coralliens sub-affleurants. Ceci est observé à la fois sur le plateau insulaire mais également au niveau des hauts fonds entre la Guadeloupe et Marie-Galante.

Autour de ces hauts fonds, l'épaisseur de sédiments semble importante sur le talus, supérieur à 40 m avec un empilement de différentes couches lithologiques. On note la présence de très nombreuses failles au sein des unités sédimentaires à l'exception de l'unité affleurante.

Sur le plateau insulaire, façade Ouest de Basse-Terre et Sud de Grande-Terre, le recouvrement sédimentaire est très hétérogène, nombreuses unités empilées, et ne semble généralement pas très épais.

- Morpho-bathymétrie

Les fonds marins entre le littoral et 400 m d'eau présentent une morphologie hétérogène avec des limites de plateau insulaire entre 80 et 100 m d'eau selon les secteurs.

La zone d'étude peut être divisée en plusieurs unités morphologiques :

- ✓ Les façades ouest de Basse-Terre et nord-est de Grande-Terre
  - o un plateau très réduit présentant 1 à 2 ruptures de pentes ;
  - o la présence de nombreux chenaux en rebord du plateau ;
  - o de fortes pentes entre 100 et 400 m ;
  - o Zone est : aléa sismique plus élevé, épicentre plus superficiel.

- ✓ Le Grand Cul-de-Sac Marin et son extension au large sont caractérisée par :
  - o Un plateau insulaire plus large, de l'ordre de 7 à 9 km mais essentiellement dans des gammes de profondeur d'eau entre 0 et 20 m ;
  - o Une morphologie très chaotique, hauts fonds rocheux ou récifaux, en fond de baie ;

- Une zone de replat (pentes essentiellement inférieures à 2°) entre 300 et 400 m d'eau ;
- Présence de figures de « glissements » au-delà de 100 m.

✓ Plateau insulaire au sud-est de Basse-Terre

- Un plateau relativement étroit ;
- Une morphologie très chaotique, présence de rivières sous-marines, hauts fonds…

✓ Plateau insulaire des îlets des Saintes :

- plateau insulaire large à l'est et zone de l'ordre de 7 km de large entre les isobathes -40 et -80 m.

✓ Plateau insulaire de Marie-Galante :

- Plateau insulaire étroit ;
- Relief homogène, pente régulière et faible marqué par une rupture de pente autour de 35.

✓ Façade méridionale de Grande-Terre

- Large plateau insulaire, jusqu'à près de 17 km ;
- Gamme de profondeur d'eau du plateau essentiellement entre 20 et 40 m ;
- Zones de creux à large échelle.
- Têtes de petits canyons en rebord de plateau ;
- Forte pente au-delà du plateau insulaire jusqu'à la limite de la zone d'étude.

✓ Zones « inter-îles », entre Basse-Terre, Les Saintes et La Désirade

- Replat entre 200 et 300 m ;
- Haut fond à une profondeur d'eau de l'ordre de 100 m d'une assez grande superficie.

Les pentes sont généralement faibles, souvent inférieures à 2°, à l'exception des rebords du plateau insulaire et de quelques zones particulières sur le plateau lui-même ou sur les zones de replat.

La mobilité des sédiments sur le plateau insulaire semble principalement lié aux épisodes cycloniques qui peuvent remobiliser les sables jusqu'à 50 à 60 m de profondeur d'eau.

Au-delà du plateau insulaire, des formations morphologiques liées à des processus gravitaires ou des mouvements de masse sont observés sur la façade septentrionale de la Guadeloupe principalement. On notera également la présence d'une tête de canyon au large de Pointe-à Pitre présentant quelques chenaux bien visibles en haut de pente.

7.6. Bilan de la synthèse des contraintes

7.6.1. Zones potentielles

Il apparait que la principale contrainte à prendre en considération dans le cadre de cette analyse est double :

- **La distribution de la ressource éolienne, associée aux régimes hydrodynamiques**
- **La capacité à injecter sur le réseau via un poste source,**
- **La caractéristique géomorphologique des fonds entre 0 et 400m**

De fait nous rappelons ici le contexte géologique / géomorphologique, permettant de mettre en évidence que des zones potentielles existent sur le plan d'eau maritime de la Guadeloupe, zones que l'on peut affiner en tenant compte du paragraphe précédent (zones surlignées en jaune dans le tableau à suivre)

A ce stade, les zones identifiées comme favorables correspondent à des zones présentant :

- ✓ Une faible pente, inférieure à 5° ;
- ✓ Une relative homogénéité de la morphologie ;
- ✓ L'absence de nombreux récifs coralliens ;
- ✓ Des sédiments de préférence de type sableux à vaso-sableux, ces deux faciès modifient le choix du type d'ancrage, vis à sable ou autre.
- ✓ Un recouvrement sédimentaire non négligeable
- ✓ Une stabilité des sédiments ;
- ✓ Zone de moindre risque sismique.

Nous pouvons donc exclure certains secteurs des zones possibles pour l'implantation de ferme éolienne flottante :

- ✓ L'ensemble des façades occidentale de Basse-Terre et orientales de Grande-Terre et de Marie-Galante en raison de :
  - L'étroitesse du plateau insulaire, moins de 4 km ;
  - Les fortes pentes au-delà qui compliquerait les possibilités d'ancrage et ne garantirait pas leur stabilité.
- ✓ Façade nord-est de Grande-Terre entre 0 et 300 m d'eau :
  - Etroitesse du plateau ;

- Pente importante entre 100 et 200 m d'eau ;
- Présence de loupes d'arrachement et de glissement entre 100 et 300 m d'eau.

✓ Grand Cul-de-Sac Marin :

- Plateau insulaire entre 0 et 20 m à morphologie hétérogène et présence de nombreux hauts fonds avec roches (ou récifaux) sub-affleurantes entre 0 et 20 m d'eau et barrière récifale au-delà ;

✓ Plateau insulaire au large de Saint-François et de La Désirade :

- Nombreuses « patates » coralliennes entre 20 et 40 m d'eau.

✓ Plateau insulaire au droit du sud-est de Basse-Terre :

- Etroitesse du plateau ;
- Morphologie chaotique dans le Petit Cul-de-Sac Marin.

✓ Plateau insulaire de Marie-Galante

- Etroitesse du plateau.

Les secteurs retenus sont présentés sur la Figure 86. Les caractéristiques de chaque zone sont présentées dans le Tableau 2**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**. Les zones proposées ne prennent en compte aucun élément autre que la géologie et la morphologie des sites. En particulier, nous n'avons pas intégré des éléments tels que les contraintes environnementales et socio-économiques qui peuvent entrainer l'exclusion de zones plus nombreuses.

La puissance maximale potentielle est calculée en prenant l'hypothèse d'une turbine d'une puissance de 6MW, et d'un espacement de 2km entre chaque turbine (hypothèse très conservatrice).

Tableau 2 Caractéristiques des zones retenues

ID	Localisation	Superficie (km²)	Puissance Maximale potentielle (MW)	Gamme de profondeurs (m)	Nature des fonds	Substratum	Epaisseur de sédiments
1	Pointe-Châteaux	22	30-40	20-30	Sable grossier calcaire	Formations calcaires (?)	0- 20
2	Large du Grand-Cul-de-Sac Marin	38	55-65	250-400	Vase sableuse	Inconnu	Inconnue
3	Pointe Allègre	7	5-15	20-40	Sable moyen à grossier calcaire	Formations calcaires (?)	Inconnue
4	Plateau des Saintes	70	100-110	40-60	Sable grossier calcaire	Formations calcaires (?)	Inconnue
5	Inter-îles (Sud)	124	180-190	200-300	Argile à Vase (?)	Inconnue	> 20
6	Banc Colombie	14	15-25	40-80	Calcaire Sable (?)	Formations calcaires	0-20
7	Basse-Terre/Marie-Galante	22	28-38	200-300	Vase sableuse à sable	Inconnue	1 à > 20
8	Nord de Grande-Terre	19	25-35	300-400	Sable fin	Inconnue	Inconnue

Les sites 4 et 7 semblent être les plus favorables à l'implantation de parcs éoliens offshore flottant.

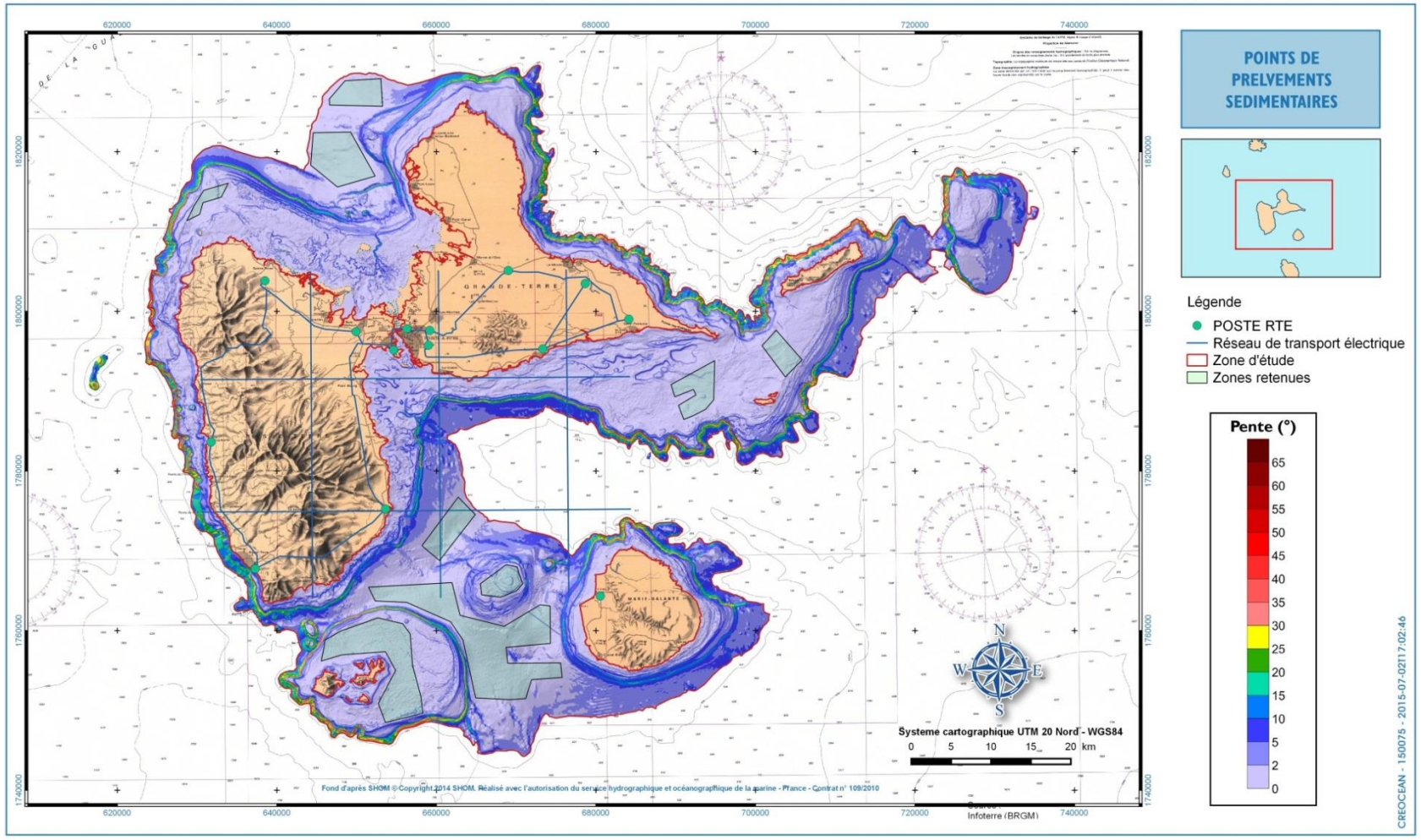


Figure 88 : Secteurs potentiels d'implantation (caractéristiques de sols)

7.6.2. Méthodologie d'évaluation

L'ensemble des contraintes identifiées au cours de la recherche bibliographique sont évaluées au regard de leur importance pour le projet. Cette évaluation doit donc tenir compte à la fois de la localisation du site par rapport à la contrainte, des critères techniques du projet tel que l'action sur le fond.

Les contraintes identifiées sur le domaine littoral sont considérées comme nulle pour le projet du fait de leur éloignement. On notera cependant que ces activités côtières peuvent être des contraintes fortes non pas sur l'implantation de la ferme éolienne mais sur le choix de la route de raccordement de cette dernière. Nous mentionnons donc également quel est le niveau de contrainte maximum pour chaque critère identifié.

Les contraintes fortes sont considérées comme critères d'exclusion pour le choix d'une zone d'implantation d'éolienne.

Pour certains critères, en particulier pour les activités halieutiques et les données de sols et de transport sédimentaire, des études complémentaires sont nécessaires pour une appréciation plus fine du niveau de contrainte.

Quatre niveaux de contrainte sont retenus en fonction de leur impact sur le projet (choix de la zone, faisabilité technique, etc..) :

- ⇨ Fort : interdit le projet
- ⇨ Moyen : oui mais des risques à lever
- ⇨ Faible : pas d'opposition au projet (parfois : besoin d'études complémentaires pour confirmer)
- ⇨ Nulle : autorise le projet

Compartiment/Critère			Contrainte maximale	Contrainte sur site	Impact sur le projet - définition d'une zone	Commentaires	Investigations complémentaires ultérieures
Socio-économique	Servitudes/réglementation maritime	Epaves/obstruction	Moyenne	Moyenne	Implantation des ancrages	Nécessité de prise en compte	Géophysique / recherche spécifique
		Câbles existants	Forte	Nulle	Implantation des ancrages	liens avec les îles	idem
		Restriction/interdiction	Forte	Nulle	Choix de la zone d'implantation de la ferme	Aucune sur zone	
	Servitudes/réglementation aérienne	Sémaphores/radars	Faible	Faible			
		Radars portuaires	Faible	Nulle		Hors zone	
		Limite de visibilité à 15 km	Moyenne	Moyenne	Choix de la zone d'implantation de la ferme	Critères au-delà des demandes des services de l'état (10 km demandé)	
	Activité halieutique		Moyenne à forte	Moyenne	Choix de la zone d'implantation de la ferme		Localisation plus spécifique des sites de pêches en avant projet
	Conchyliculture		Forte	Nulle	Choix des routes d'atterrage	Hors zone	
	Projet Granulats		Faible à Moyenne	Faible		Limite de zone	
	Projet câble RTE		Forte	Forte	Choix de la zone d'implantation de la ferme	Traverse le site	

Compartiment/Critère			Contrainte maximale	Contrainte sur site	Impact sur le projet - définition d'une zone	Commentaires	Investigations complémentaires ultérieures
Environnement	Espace naturel	Sites classés/inscrits	Moyenne	Nulle	Choix des routes d'atterrage	Hors zone	
		ZNIEFF, ZICO	Faible	Nulle		Hors zone	
		Réserve naturelle	Forte	Nulle		Hors zone	
		Conservatoire du Littoral, Espaces remarquables, Réserves naturelles	Forte	Nulle		Hors zone	
		RAMSAR, Natura 2000	Forte	Nulle		Hors zone	
		Projet Natura 2000 au large	Moyenne	Faible	Choix des routes d'atterrage	Extension non définie actuellement	
	Ressource	Ichtyofaune	Forte	Faible à Moyenne		Manque d'information (nurseries, espèces sensibles ?)	Inventaires dans le cadre d'étude d'impact
		Conchylicoles	Forte	/		Pas d'information à ce jour	Inventaires dans le cadre d'étude d'impact
	Peuplement benthique		Forte	Faible à Moyenne	Implantation / type d'ancrage	Manque d'information (présence ou non d'espèces sensibles)	Inventaires dans le cadre d'étude d'impact
	Mammifères marins		Forte	Faible	Techniques mise en œuvre pour la pose	1 seule espèce, répartition à grande échelle	Peut nécessiter une campagne d'osbervation dans le cadre d'étude d'impact
	Tortues		Forte	Faible		Pas/Peu observées sur site	Peut nécessiter une campagne d'osbervation dans le cadre d'étude d'impact
	Avifaune		Forte	Faible		Hors corridors de migration, observation des espèces du site sur l'ensemble du Golfe du Lion	Peut nécessiter une campagne d'osbervation dans le cadre d'étude d'impact

Compartiment/Critère			Contrainte maximale	Contrainte sur site	Impact sur le projet - définition d'une zone	Commentaires	Investigations complémentaires ultérieures
Physique		Risques naturels –sismique/glissements	Forte	Nulle à Faible			
	Morpho-sédimentaire	Epaisseur du recouvrement et nature superficielle	Moyenne	Nulle	Type d'ancrage	Couverture importante sur l'ensemble du site de sédiments meubles	Reconnaissance des sols au cours de l'étude de faisabilité technique
		Mobilité	Forte	Faible à moyenne	Type d'ancrage	Besoin d'études complémentaires (mobilité des corps sédimentaires, compaction potentielle)	
		Morphologie	Forte	Faible	Implatation des ancrages	pente variable, terrain relativement hétérogène	
	Océano-météorologie	Courants	Moyenne	Faible		Peu de courant sur site	Reconnaissance des conditions océanographiques au cours de l'étude de faisabilité technique
		Transport sédimentaire	Moyenne	Faible	Type et implantation des ancrages	Peu de transport, études complémentaires pour les zones potentiellement en érosion lors des épisodes de tempêtes	
		Agitation	Forte	Faible à Moyenne	Dimensionnement des plate-formes flottantes et des chaines	caractéristiques cycloniques à prendre en compte	

8. Conclusions

L'analyse des contraintes, sur la base des données bibliographiques disponibles, a mis en évidence 8 zones potentielles pouvant accueillir un parc éolien flottant.

La carte ci-dessous résume les grandes zones géographiques favorables ou non à l'installation de ce type de parc :

- Les zones encadrées en rose, sont favorables au vu des contraintes physiques, géomorphologiques et conditions de sols notamment,
- Les zones en rouge ne sont pas compatibles avec ce type de projet, la sensibilité environnementale, les usages voire la structure du réseau électrique à terre rendent la création d'un parc extrêmement complexe, nous n'avons donc pas retenu ces zones
- Les zones en jaune pourraient accepter un parc sous réserve d'études complémentaires destinées non seulement à vérifier la faisabilité technique mais également l'acceptabilité. Ces zones présentent généralement certaines contraintes difficilement compatibles avec la création d'un parc, cependant nous ne les excluons pas d'autorité.
- Les zones en vert sont les zones préférentiellement identifiées pour la création d'un parc éolien flottant, l'analyse des contraintes ne montrent pas d'arguments défavorables à leur installation.

Les zones préférentielles correspondent donc aux zones à la fois encadrées en rose et colorées en vert.

Les zones identifiées sont codifiées dans le tableau suivant :

ID	Localisation	Classement par intérêt	Commentaires et études complémentaires
1	Pointe-Châteaux	7	Les aspects paysagers et l'exposition aux conditions hydrodynamiques sont pénalisantes. Des études complémentaires dans ce sens sont recommandées
2	Large du Grand-Cul-de-Sac Marin	8	Tous projets dans ce secteur est pénalisant
3	Pointe Allegre	6	Idem zone 2
4	Plateau des Saintes	4	Des reconnaissances géophysiques sont à envisager au plus tôt afin de mieux cerner les zones potentielles
5	Inter-îles (Sud)	1	
6	Banc Colombie	3	
7	Basse-Terre/Marie-Galante	2	
8	Nord de Grande-Terre	5	Idem zone 1

De manière simple, le secteur défini par le sud du Cul de sac, Marie galante, les saintes est un secteur favorable à l'implantation d'un parc éolien flottant.

Préconisations :

Au vu de la capacité du réseau électrique Guadeloupéen et du potentiel des zones identifiées, une ferme d'une capacité maximale de **40 à 50 MW**, soit un maximum de 8 éoliennes de 6MW, représente une puissance maximale raisonnable.

Cette ferme pourrait être réalisée en 2 tranches, une première tranches de 2 éoliennes par exemple puis une seconde complétant jusqu'à la puissance totale du parc.

A ce niveau de connaissance des sites, aucune technologie n'est à priori préconisée. A noter cependant que si l'assemblage est réalisé au Port de Jarry, seules les solutions à faible tirant d'eau pourront être retenues.

Les études suivantes sont cependant à envisager pour pouvoir avancer dans le projet :

Géologie : études de sols

Géophysique	Géotechnique
■ SMF : bathymétrie ■ Sismique : étude du sous-sol couches profondes ■ SBP : étude du sous-sol / couche de surface ■ SSS : cartographie des facies affleurant ■ Magnétomètre : recherche d'objet métallique ■ Résistivité : caractéristique mécanique des formations	■ Carottage sédimentaire : caractéristiques sédimentologiques et mécaniques des couches de surface ■ Sondage massif de fondation : caractéristiques mécanique des formations traversées ■ CPT : résistance des sols traversés
➡ Objectifs blocs 3D Machine par Machine ➡ Objectifs blocs 3D de l'ensemble du parc ➡ Route et dimensionnement des câbles d'énergie	➡ Corrélation avec la géophysique ➡ Profil mécanique machine par machine
CERTIFICATION DONNEES D'ENTREES SOLS / FONDATIONS ■ Ces données d'entrées sont primordiales : la fondation représente 20 à 30% du coût du projet ■ Aide au choix en termes de type de fondation, design des fondations ■ Analyse du risque en fonction des types de sols ■ Evolution des fonds dans le temps en pied de machine, évolution sédimentaire cumulée au niveau du parc	

Hydrodynamique

Courants	Houle / agitation	Mesure de vents
■ Mesure in situ : mesures de courants et de houle à point fixe ■ Modélisation des courants sur la zone du parc calé sur les mesures ; design des fondations (efforts à reprendre dans le design), impacts sur la tenue des câbles ■ Modélisation du transport sédimentaire : impact du parc sur la stabilité des fonds en cours de pose et à long terme (EIE), protection des pieds de machines. Monitoring des affouillements ■ Analyse de l'impact sur la stabilité du littoral	■ Mesure in situ : mesures de courant et de houle à point fixe ■ Modélisation des états de mer : données d'entrées pour la définition des efforts à reprendre dans le design des fondations et de la tenue des câbles. Données à prendre en compte lors des différentes opérations de pose (éoliennes et câbles)	■ Mesure in situe à partir d'un SODAR installé sur une bouée flottante
➡ Echelle du parc ➡ Echelle de la machine ➡ Itérations Machine par machine à l'échelle du parc ➡ EFFET DE TRAINEE	➡ Echelle du parc ➡ Echelle de la machine ➡ Itérations Machine par machine à l'échelle du parc ➡ EFFET DE TRAINEE	➡ Livraison de données de vents par tranche d'altitude
AMO PLAN DE POSE / STABILISATION DES MACHINES / PERMITING ■ Détermination de conditions d'opérations : calcul de fatigue et d'efforts, contraintes d'installation ■ Détermination des conditions extrêmes : idem précédent Evolution dans le temps en pied de machine, évolution cumulée au niveau du parc		

Environnement

Permiting	Monitoring
■ EIE ■ ICPE	■ Acquisition de données ■ Mesure de suivi
➡ Contraintes environnementales : ➡ Contraintes réglementaires ➡ Contraintes d'usages ➡ ..	➡ Contraintes environnementales ➡ Contraintes réglementaires ➡ Contraintes d'usages ➡
■ localisation des unités de production et structuration du parc. ■ Impact du parc lors des opérations de pose et à long terme ■ route des câbles et zone d'atterrage ■ mesures accompagnatrices et monitoring environnementales et gestion des conflits d'usages	
AMO PLAN DE POSE / PLANNING / Suivi environnemental des Travaux (qualité des eaux) ■ Caractérisation des impacts et propositions de mesures accompagnatrices ■ Mise en œuvre, suivi et contrôle de ces mesures accompagnatrices ■ accompagnement lors du débat public	

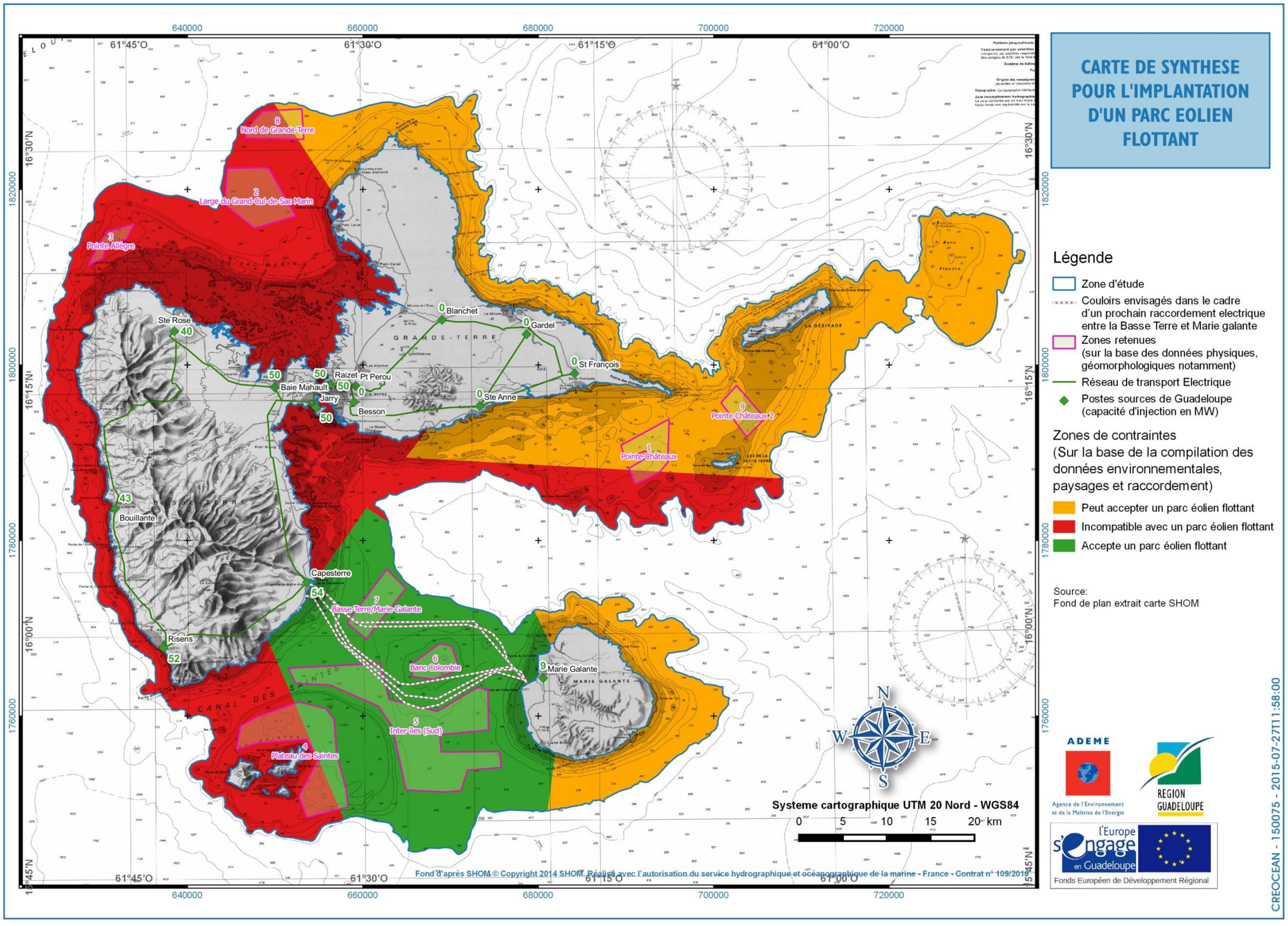


Figure 89 : Carte de synthèse pour l'implantation d'un parc éolien flottant

creocean

Environnement & océanographie

www.creocean.fr

GROUPE KERAN

akuoenergy
solutions