



POLE GEO-ENVIRONNEMENT

3, rue Jean Monnet

34830 Clapiers - France

Tél : 0467591811

Fax : 0467591824

Email : geoter@geoter.fr

Site Web : <http://www.geoter.fr>



DDE Guadeloupe
Service Aménagement et
Urbanisme



RAPPORT DE PHASE 2

**MISE A JOUR DU PLAN DE PREVENTION
DES RISQUES NATURELS
DE LA COLLECTIVITE TERRITORIALE DE
SAINT-MARTIN**

Note méthodologique

RAPPORT GTR/DDEG/0508-484 AV2

GEOTER S.A.S.

Capital 384 000 € - SIRET : 479 529 182 00012 – APE 7112 B

Client : DDE GUADELOUPE	Nature du document : RAPPORT DE PHASE 2	Identification : GTR/DDEG/0508-484 Av2 N° Affaire : 6407	
Destinataire : M. Gérard LOUSTALOT <i>Responsable des Opérations</i>	Archivage GEOTER (texte et figures) : GTI/Affaires/6407	Date d'origine : 05/2008	Nbre pages : 96
<u>TITRE RAPPORT :</u>			
<p>MISE A JOUR DU PLAN DE PREVENTION</p> <p>DES RISQUES NATURELS</p> <p>DE LA COLLECTIVITE TERRITORIALE DE</p> <p>SAINT-MARTIN</p>			
<u>SOUS TITRE RAPPORT :</u>			
<p><i>Note méthodologique</i></p>			
Réalisation :  GEOTER international		N° de commande : Acte d'engagement	
Espace 890 Route Nationale 96 13360 ROQUEVAIRE France www.geoter.fr		Date : 31/01/2008	
Tél. : (33) 04 42 36 08 60 Fax : (33) 04 42 36 08 61 Courriel : geoter.international@geoter.fr		Approbation CLIENT : M. LOUSTALOT Direction départementale de l'équipement de la Guadeloupe, Service Aménagement et Urbanisme, Cellule Prévention des Risques et qualité des constructions, Saint-Phy, BP 54, F-97102 Basse-Terre Cedex	
Ce document est propriété du client et ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation			
Date	Rédacteurs	Vérificateur	Approbateur
31/05/2008	V. CLOAREC, E. LEROI C. MARTIN, D. CARBON, O. MONGE	Ch. MARTIN	Ch. MARTIN
Visas			

SOMMAIRE

1	ACQUISITION DES DONNÉES	6
1.1	Personnes rencontrées	6
1.2	Données recueillies	7
2	LA DÉMARCHE GLOBALE DE GESTION DES RISQUES NATURELS	12
2.1	Les risques naturels	12
2.2	Les Plans de Prévention des Risques (PPR)	12
3	LES RAISONS DE LA PRESCRIPTION DU PPR	12
4	LE CONTEXTE PHYSIQUE	14
4.1	Contexte morphologique	14
4.2	Contexte climatique	16
4.3	Contexte géologique	17
4.4	Contexte géotechnique	18
5	LES PRINCIPAUX ENJEUX DE SAINT-MARTIN.	21
5.1	Principe et objectif	21
5.2	L'évolution statutaire de Saint-Martin	21
5.3	Les documents d'urbanisme	24
5.4	La population - les zones urbanisées et non urbanisées	26
5.5	Le bâti	28
	Le bâti courant	28
5.6	Les enjeux économiques de Saint-Martin	29
5.7	Infrastructures et équipements publics	32
5.8	Les enjeux environnementaux	36
6	PHÉNOMÈNES MÉTÉOROLOGIQUES	37

6.1	Généralités	37
6.2	La classification des cyclones	40
6.3	Phénomènes cycloniques historiques.....	41
7	PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES	43
7.1	Phénomènes volcaniques	43
7.2	Tremblement de terre.....	43
7.3	Phénomènes de mouvements de terrain	52
8	ALÉAS CYCLONIQUES	55
8.1	Préambule	55
8.2	Généralités	55
8.3	Modélisation de la houle	57
8.4	Cartes d'aléa	64
8.5	Zones exposées de Saint-Martin	64
9	ALÉAS INONDATIONS.....	66
9.1	Remarques préliminaires	66
9.2	Présentation de la démarche	66
9.3	Evaluation de l'aléa inondation	67
9.4	Zones exposées de Saint Martin.....	68
10	ALÉAS SISMIQUES.....	70
10.1	Le cadre réglementaire	70
10.2	Evaluation de l'aléa sismique.....	71
10.3	Aléa faille active, capable d'engendrer une rupture cosismique en surface.....	77
10.4	Liquéfaction des sols.....	77
11	ALÉAS MOUVEMENTS DE TERRAIN.....	80

11.1	Typologie des phénomènes	80
11.2	Facteurs de prédispositions ou permanents	80
11.3	Facteurs déclencheurs ou aggravants : occurrence temporelle	81
11.4	Intensité des phénomènes	81
11.5	Evaluation de l'aléa mouvements de terrain	83
12	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	86
13	LISTE DES FIGURES	88
14	LISTE DES TABLEAUX.....	90
15	PLANCHES HORS TEXTE	91
16	LISTE DES ENCARTS	91

MISE A JOUR DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS DE LA COLLECTIVITE TERRITORIALE DE SAINT-MARTIN

Note méthodologique

Le présent document est à caractère méthodologique. Il décrit la méthode utilisée et les résultats de Phase 2, portant sur l'évaluation et la cartographie des aléas. Il sera exploité ultérieurement et valorisé dans la note de présentation du PPR.

L'objectif est de présenter les études et analyses complémentaires à celles menées au début des années 2000, et jugées nécessaires pour affiner les cartographies des aléas, dans la perspective de l'élaboration du plan de prévention des risques naturels, en s'attachant en particulier aux aléas météorologiques et à l'aléa mouvements de terrain, et en prenant en compte les enjeux et projets de développements, sur la base des documents d'urbanisme et des projets communiqués par la collectivité.

1 ACQUISITION DES DONNEES

Une réunion de lancement a été organisée le jeudi 13 Mars 2008 à Saint Martin. Il s'agissait de présenter la démarche des Plans de Prévention des risques et notre démarche, d'identifier des interlocuteurs ressource (Tableau 1), et de recueillir des informations. Participaient à ces :

- Les représentants des collectivités territoriales, (élus et techniciens) ;
- Le service instructeur (DDE SERAU/PRQC) ;
- Les bureaux d'études (GEOTER, URBATER et ACSES).

1.1 Personnes rencontrées

Nos interventions sur place ont été réalisées aux dates suivantes :

- Du 8 au 19 mars 2008 par GEOTER et URBATER ;
- Du 7 au 14 avril par ACSES.

Il s'agissait à la fois :

- De rencontrer différents interlocuteurs (Tableau 2), pour bénéficier de leur connaissance du terrain et de leur expérience des événements naturels éprouvés ;
- D'effectuer les investigations de terrain, qu'il s'agisse d'observations et analyses ou de rencontres avec les riverains pour recueillir des témoignages relatifs à des événements passés.

Collectivité	Interlocuteurs identifiés	Fonction
Saint-Martin	Monsieur Pierre ALIOTTI Monsieur OGOUNDELE-TESSI Monsieur José CARTI	Vice-Président DGA des services Responsable urbanisme

Tableau 1 : Interlocuteurs identifiés.

Organismes	Personnes rencontrées / contactées	Date	Sujet
Collectivité de Saint-Martin, DDE SERAU/PRQC.	Voir compte rendu de réunion (DDE)	13 Mars 2008	Réunion de lancement du PPR
Collectivité de Saint-Martin	Monsieur José CARTI	14 mars 2008	Données, Enjeux, expérience, zones sensibles
DDE-MTIN	Monsieur Yannick BEAUD Madame Nadia NOEL	14 mars 2008	Données, Enjeux, expérience, zones sensibles

Tableau 2 : Personnes rencontrées ou contactées.

1.2 Données recueillies

Thème	Données récupérées	Auprès de	Date	Observations
Fond de plan	Données Topo (OPSIA)	DDE (Alain GLASER)	19 février 2008	Convention du 19 février 2008
Fond de plan	BD ORTHO®, SCAN 25®	DDE (Alain GLASER)	19 février 2008	Convention du 19 février 2008
Fond de plan	Données DDE : MARNU ou POS, Emplacements Réservés et Espaces Boisés Classés, SAR	DDE (Alain GLASER)	19 février 2008	Convention du 19 février 2008
Enjeux	POS	Collectivité territoriale SAINT-MARTIN	14 mars 2008	Discussion sur document. Pas de données numériques transmises
Géologie	Carte géologique et digitalisation	GEOTER	/	/
Géotechnique	Etudes géotechniques	GEOMAT, BRGM ANTEA	/	Erreur ! Source du renvoi introuvable., Tableau 4
Multi-risques	Atlas communal des risques naturels	BRGM ¹	/	BRGM (1995)
Séisme	Site Web SISFRANCE	BRGM	/	Effets des séismes

¹ <http://www2.brgm.fr/risques/antilles/quad/index.htm>

Thème	Données récupérées	Auprès de	Date	Observations
				historiques. Base SISFRANCE Antilles.
Cyclonique	Evaluation du risque lié aux houles cycloniques sur les Antilles Françaises	Météo-France	/	Météo-France (2001)
Cyclonique	Evaluation du risque lié aux surcotes cycloniques sur les Antilles Françaises	Météo-France	/	Météo-France (2002)
Inondation /Cyclonique	Programme RHI Saint Martin Quartier Low Town/Saint James, Etude de risques	DDE	/	ANTEA (2005)
Inondation /Cyclonique	Programme RHI Saint-Martin. Quartiers Shanty Town / Grand Case. Etude de risques	DDE	/	ANTEA (2005)
Inondation /Cyclonique	Programme RHI Saint-Martin. Quartiers Agrement/Hameau du Pont. Etude de risques	DDE	/	ANTEA (2005)

Tableau 3 : Données récupérées.

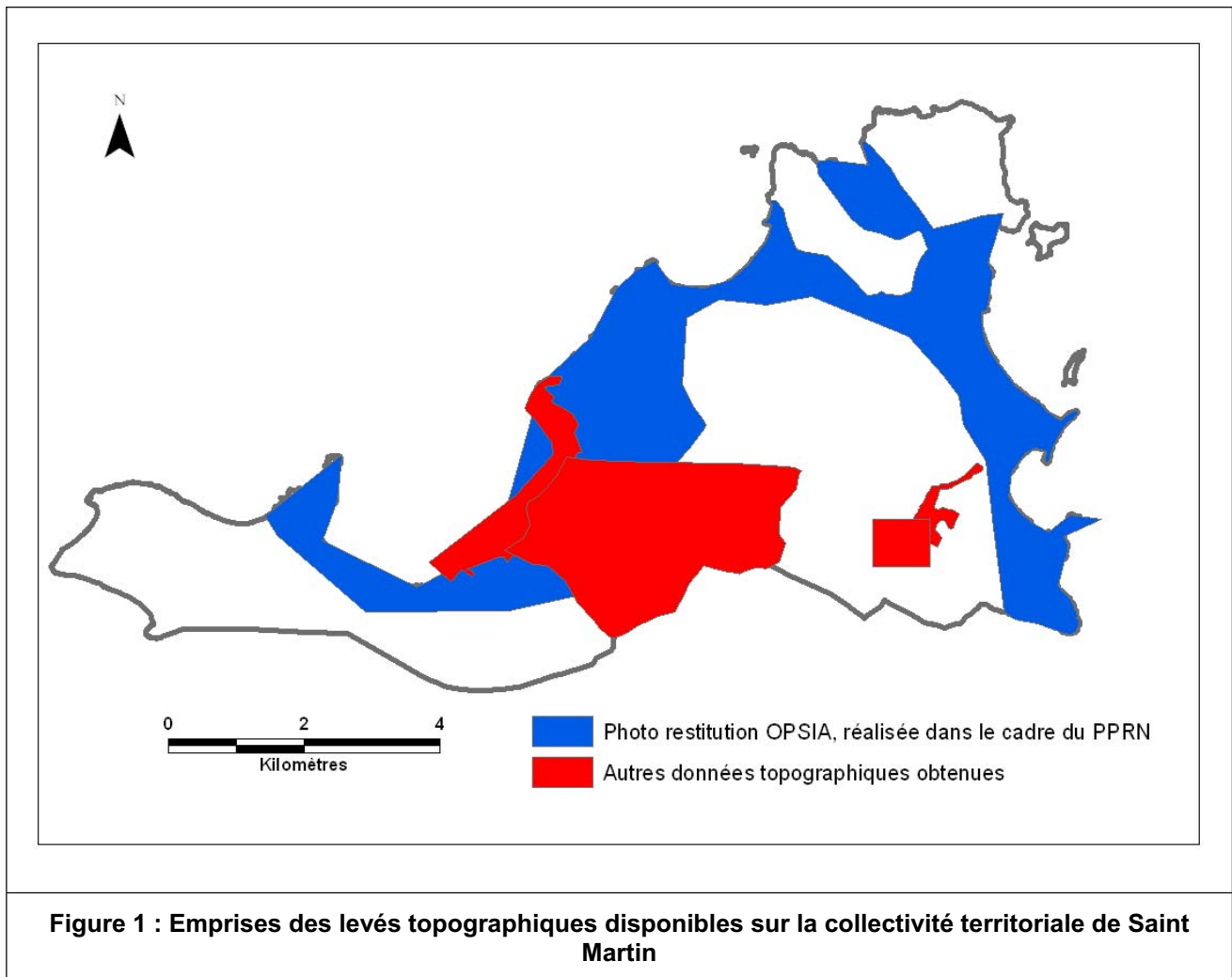
1.2.1 Données topographiques

Les données topographiques utilisées sont issues des cartes IGN (SCAN25) et de la topographie mise à disposition par la DDE : modèle numérique de terrain (MNT) de l'IGN et levés topographiques spécifiques dressés par le cabinet de géomètres OPSIA. Ces levés plus précis couvrent une partie de la collectivité territoriale de Saint-Martin et notamment les zones à enjeux et soumises à l'aléa cyclonique (zones basses côtières, Figure 1).

Des données topographiques supplémentaires ont été recueillies. Il s'agit :

- D'un levé topographique obtenu par photo-restitution du bassin versant de la ravine de Concordia et du quartier de Colombier sur la Collectivité territoriale de Saint Martin, recueilli à partir d'une étude en possession de la subdivision de la DDE de Saint Martin ;
- D'un levé bathymétrique de la baie de la Potence et de la baie de Marigot associé à un levé terrestre du front de mer, recueilli auprès de la SEMSAMAR ;
- De différents levés terrestres du Quartier d'Orléans, recueillis auprès de la SEMSAMAR.

Malgré l'ensemble de ces levés obtenus, le territoire de Saint Martin n'est pas entièrement couvert par des données topographiques autres que celles provenant du MNT de l'IGN. La Figure 1 permet de visualiser les parties couvertes par de la topographie autre que celle de l'IGN.



AVERTISSEMENT SUR LA PRECISION DES DONNEES TOPOGRAPHIQUES

Pour les territoires où l'on dispose des MNT de l'IGN et de MNT spécifiques, le modèle numérique de terrain de l'IGN est un outil dont la précision altimétrique, annoncée par l'éditeur, est de ± 10 m. La comparaison avec les levés topographiques complémentaires, réalisés par Opsia, confirme la faible précision de la topographie IGN. Cette moindre précision concerne peu le territoire de Saint-Martin. Le problème se pose sur certains secteurs non couverts par des levés topographiques plus précis que les données de l'IGN. Ainsi, sur les Terres Basses et à la Savane, au niveau de zones soumises à la submersion marine, nous ne disposons pas d'altimétrie de précision en dessous de ± 1 m ce qui rend la délimitation de ces zones approximative.

1.2.2 Rapports METEO-France

Deux rapports de Météo-France en notre possession ont été utilisés :

- Evaluation du risque lié aux houles cycloniques sur les Antilles Françaises (Météo-France, 2001) ;
- Evaluation du risque lié aux surcotes cycloniques sur les Antilles Françaises (Météo-France, 2002).

1.2.3 Données géotechniques

Pour Saint-Martin, une vingtaine d'études géotechniques ont été exploitées (Tableau 4), plus particulièrement celles relatives aux risques naturels (Antéa) ou comportant des essais pressiométriques (GEOMAT et SORES).

Les formations superficielles ont des caractéristiques médiocres, parfois moyennes. Les caractéristiques mécaniques du substratum sain calcaire ou volcanique sont bonnes. Ces formations altérées en surface présentent des caractéristiques mécaniques moyennes à bonnes.

Dossier	Maître d'Ouvrage	Titre	Organisme
00 GEO 2040	Usine de co-génération	Etude géotechnique sur le site de l'usine de co-génération de Saint-Martin	GEOMAT
99 GEO 1811	Usine de co-génération	Etude géotechnique sur le site de l'usine de co-génération de Saint-Martin	GEOMAT
A 38367. Version 1	SEMSAMAR	Programme RHI multisites Saint-Martin. Quartiers Shanty Town / Grand Case. Etude des risques naturels et zonage géotechnique	ANTEA
A 38811 Version 1	SEMSAMAR	Programme RHI multisites Saint-Martin. Quartiers Agreement/Hameau du Pont. Etude des risques naturels et zonage géotechnique	ANTEA
A 38230 Version 1	SEMSAMAR	Programme RHI multisites Saint-Martin. Quartiers Low Town/Saint James. Etude des risques naturels et zonage géotechnique	ANTEA
BRGM	DIVERS	Banque de données du sous-sol	BRGM
GEOMAT	DIVERS	Banque de données du sous-sol	GEOMAT
96GEO0558	SEMSAMAR	Tribune du stade	GEOMAT
95GEO0502	SOGEA	Station épuration	GEOMAT
96GEOref	CIEC	Pontons Anse Marcel	GEOMAT
01GEO2872	Conseil Général	Extension aéroport	GEOMAT
95GEO0402	TDF	Pylône Pic Paradis	GEOMAT
07GEO5894	SCI Aquamer		GEOMAT
95GEO0457	CIEC	Agence EDF de Concordia	GEOMAT
03GEO3768	SEMSAMAR	Port de commerce de Galisbay	GEOMAT
00GEO 2040	SCITE	Usine électrique	GEOMAT
02GEO 3014	WARTSILA	Usine électrique	GEOMAT
99GEO 1811	SCITE	Usine électrique	GEOMAT
01GEO 2359	SEMSAMAR	Aménagement Galisbay	GEOMAT
00GEO 2357	SEMSAMAR	Port de plaisance de Marigot	GEOMAT
00GEO2358	SEMSAMAR	Aquarium	GEOMAT
96GEO0549	Conseil Général	Collège de Saint-Martin	GEOMAT
AN.94.GEO.028		Port de commerce de Galisbay	SORES
206-008-449	SEMSAMAR	Ecole de Sandy ground	ICE

Tableau 4 : Etudes géotechniques à Saint-Martin.

1.2.4 Données relatives aux intensités ressenties

Les intensités macrosismiques ressenties dans les collectivités sont extraites de la base de données SISFRANCE Antilles (<http://www.sisfrance.net/Antilles>) ainsi que des rapports sur les effets des séismes de 1843 et 1974 de Lambert et Bernard (1985).

2 LA DEMARCHE GLOBALE DE GESTION DES RISQUES NATURELS

2.1 Les risques naturels

En matière de sécurité face aux risques naturels, l'action de la collectivité prend trois formes principales : l'alerte, la protection et la prévention.

- **L'alerte** consiste à prévenir à temps la population et les responsables de la sécurité pour que des dispositions de sauvegarde soient prises.
- **La protection** est une démarche plus active. Elle met en place un dispositif qui vise à réduire, à maîtriser, à supprimer les effets d'un aléa.
- **La prévention** est une démarche fondamentale à moyen et long termes. La prévention consiste essentiellement à éviter d'exposer les personnes et les biens par la prise en compte du risque dans la vie locale et notamment dans l'utilisation et l'aménagement du territoire communal. Elle permet aussi des économies très importantes en limitant les dégâts. En effet, un événement naturel majeur peut avoir un coût considérable : endommagement des biens privés et des infrastructures publiques, chômage technique, indemnisations, remises en état, coût des personnels et des matériels mobilisés sans compter les effets psychologiques.

2.2 Les Plans de Prévention des Risques (PPR)

Les PPR poursuivent deux objectifs principaux :

- **Constituer et divulguer une connaissance du risque**, pour que chaque personne concernée soit informée et responsabilisée.
- Instituer une **réglementation minimum mais durable**, afin de garantir les mesures de prévention. C'est pour cela que le PPR constitue une **servitude d'utilité publique** affectant l'utilisation du sol et s'impose notamment au plan local d'urbanisme (PLU) lorsqu'il existe.

Le PPR est donc aussi l'outil qui permet d'afficher et de pérenniser la prévention.

Il est utile de préciser qu'avant l'approbation des PPR, il était déjà tenu compte des risques naturels dans la délivrance des Permis de Construire. Les atlas communaux étaient exploités en tant que documents informatifs, portant à connaissance les risques naturels.

3 LES RAISONS DE LA PRESCRIPTION DU PPR

Les territoires des Antilles sont exposés à plusieurs phénomènes naturels, météorologiques et géologiques. Pour mémoire, il suffit de rappeler quelques unes des manifestations naturelles :

- Le grand cyclone de 1928 (12 septembre), qui fit des milliers de victimes en Guadeloupe ;
- Les vents violents de l'Ouragan Hugo qui cyclonèrent une grande partie de la Guadeloupe en septembre 1989 ;
- Les effets de la houle cyclonique HUGO (1989), MARYLIN (1995), GEORGES (1998) ou LENNY (1999) ;

- Les inondations récurrentes lors de fortes pluies comme LUIS (1995) qui causa 9 morts et un millier de sans-abri à Saint Barthélemy, MARYLIN (1995), LENNY (1999), JEANNE (septembre 2004) ou celles de novembre 2004 ;
- Le séisme du 8 février 1843 qui fit des milliers de victimes en Guadeloupe ;
- Plus récemment, le séisme du 21 novembre 2004, qui a durablement marqué la mémoire des Saintois, le patrimoine et les paysages ;
- Les mouvements de terrains dont le déclenchement se généralise lors d'épisode pluvieux importants.

Ces événements naturels ont ainsi donné lieu à plusieurs arrêtés de catastrophe naturelle (CAT-NAT, Tableau 5), démontrant incidemment la vulnérabilité des biens exposés.

L'arrêté de prescription du PPR de Saint-Martin a été actualisé par le préfet délégué aux îles du Nord. Il date du 29 octobre 2007.

Le périmètre d'étude est le territoire de la collectivité, hors îlets et îlots.

Collectivité	Type de catastrophe	Evénement	Arrêté
Saint-Martin	Phénomène lié à l'atmosphère - Cyclone/ouragan : chocs mécaniques liés à l'action des vagues. Inondation : - Par submersion marine - Marée de tempête. - Par ruissellement et coulée de boue. - Par une crue (débordement de cours d'eau).	4 au 7/09/1995 (Ouragan LUIS)	19/09/1995
Saint-Martin	Phénomène lié à l'atmosphère - Cyclone/ouragan : chocs mécaniques liés à l'action des vagues. Inondation : - Par submersion marine - Marée de tempête. - Par ruissellement et coulée de boue. - Par une crue (débordement de cours d'eau).	7 au 8/07/1996	21/01/1997
Saint-Martin	Inondations et coulées de boue	20 au 22/10/1999	29/11/1999
Saint-Martin	Inondation et coulées de boue. Mouvements de terrain. Phénomène lié à l'atmosphère - Cyclone/ouragan : chocs mécaniques liés à l'action des vagues.	18 au 19/11/1999 (Ouragan LENNY)	29/11/1999

Tableau 5 : Arrêtés de catastrophe naturelle à Saint Martin (d'après <http://www.prim.net>).

4 LE CONTEXTE PHYSIQUE

La superficie de la collectivité territoriale de Saint Martin est de 53,2 km².

4.1 Contexte morphologique

SAINT-MARTIN

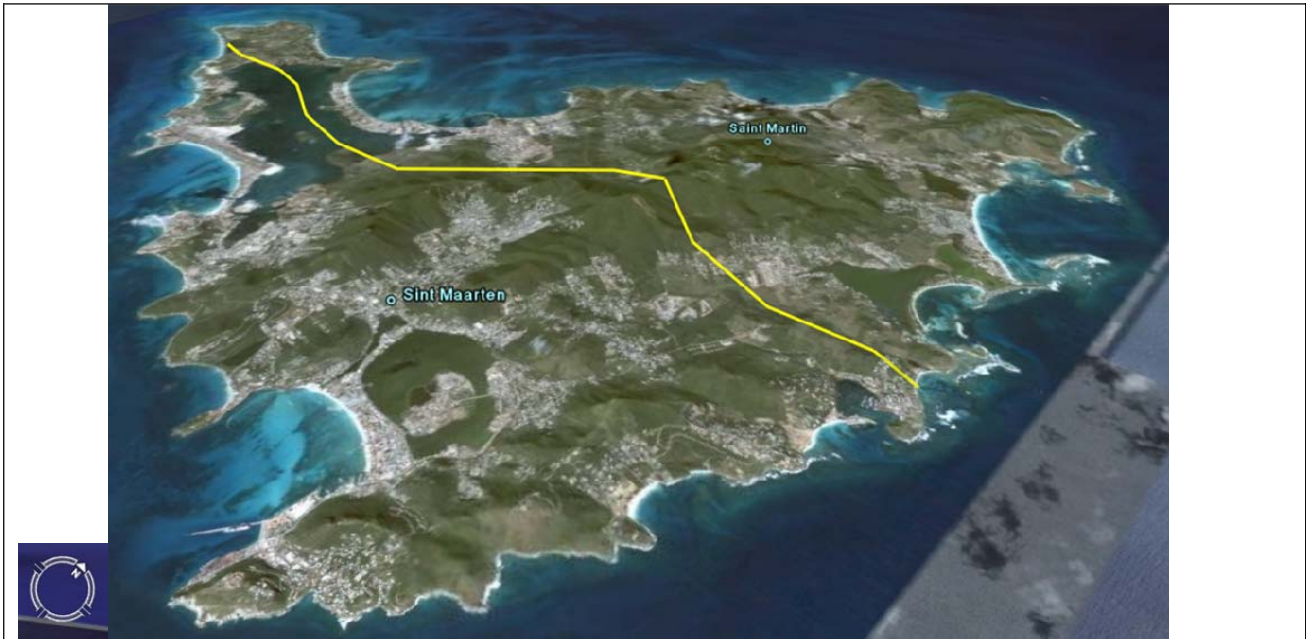
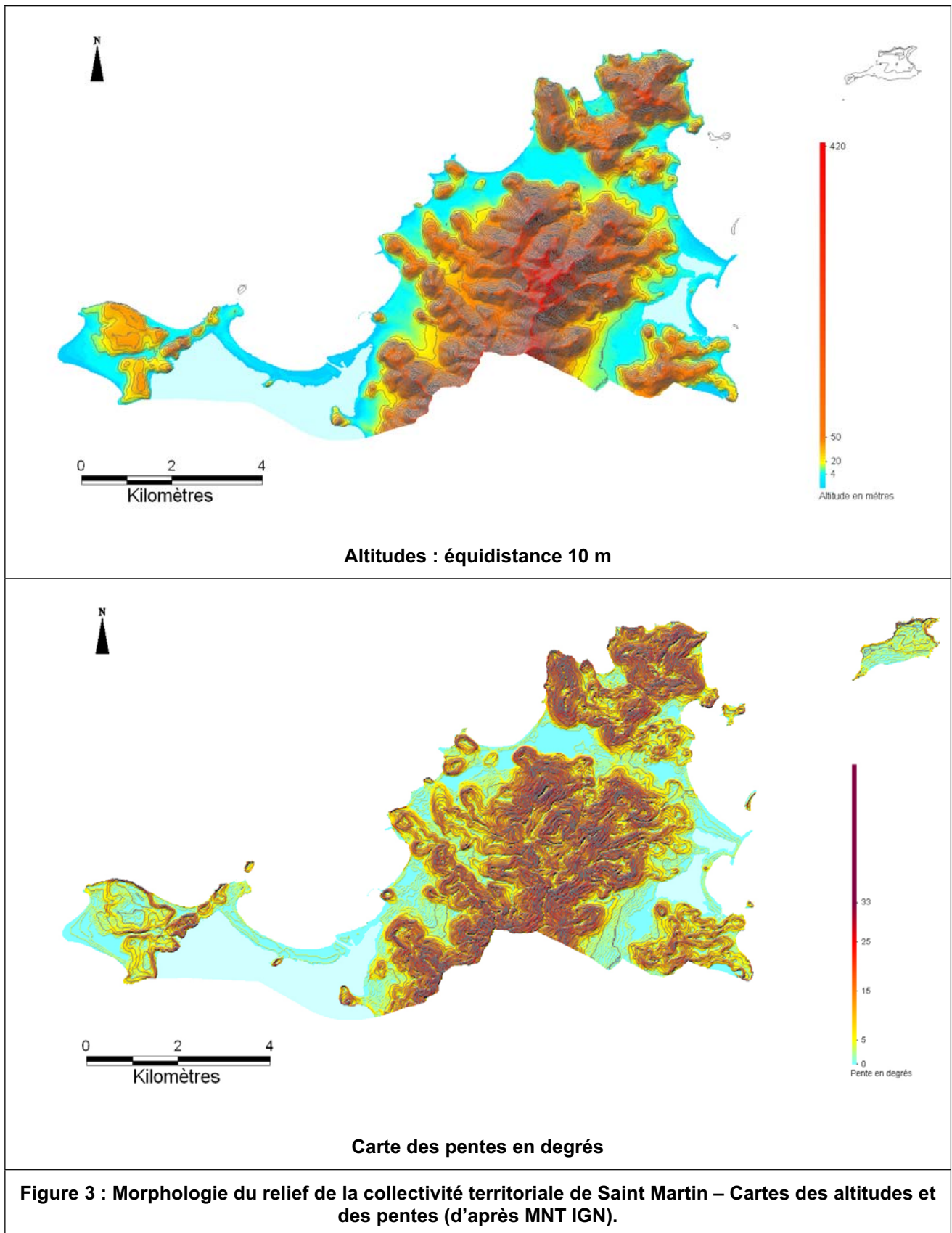


Figure 2 : Vue générale de l'île de Saint Martin (image Google Earth, 2008)

Saint Martin, située à l'extrémité Nord de l'arc des Petites Antilles est une île de forme grossièrement triangulaire, de dimension relativement réduite pour l'archipel (environ 100 km²) (**Figure 2**) : 13 km du Nord au Sud, et près de 15 km d'Est en Ouest. Cette île, et les îlets qui la frangent (dont le plus grand, Tintamarre est situé au Nord-Est et couvre environ 1,5 km²), se trouvent à quelques 250 km au Nord-Ouest de l'île de la Guadeloupe et présente la particularité d'être, malgré sa petite superficie, partagée en une zone hollandaise au Sud et une zone française, représentant respectivement un tiers et deux tiers de sa superficie.

Saint Martin présente une topographie assez marquée qui culmine au pic du Paradis (424 m). Les côtes de Saint Martin sont bien découpées en une succession de baies et d'anses dont le fond est très souvent constitué de cordons sableux isolant des lagunes de taille très variable et typiques de l'île.

Deux ensembles géographiques se distinguent : A l'Est, une partie montagneuse constituant le corps principal de l'île, à l'Ouest la péninsule des Terres Basses reliée à la première par deux longues flèches sableuses qui ferment, au Nord et au Sud, le Grand Etang de Simsonbaal.



Les plus hauts reliefs forment une échine centrale de roches volcaniques ou volcano-sédimentaires, orientée NNE-SSW avec du Nord vers le Sud, le Red Rock (265 m), le Hope Hill (292 m), la Montagne France (402 m), le pic du Paradis (424 m), le Flagstaff (386 m), le Sint Peter Hill (318 m), le Sentry Hill (340 m) et le Kool Baai Berd (190 m).

A l'Est de cet axe s'allonge, à peu près parallèlement, un alignement de reliefs, également d'origine volcanique, d'altitude plus modeste qui culmine à 300 m. L'érosion a disséqué des dépressions et des couloirs (Grand'Case, Marigot, Quartier d'Orléans, Cul-de-Sac) dont les parties littorales sont inondées et occupées par des étangs ou des lagunes barrés par des cordons littoraux.

A l'Ouest, la péninsule des Terres Basses présente un relief tabulaire constitué de dépôts calcaires. Ce plateau, d'extension réduite et de faible altitude (une trentaine de mètres) laisse toutefois affleurer, entre la péninsule des Terres Basses et l'Étang de Simsonbaal, une petite arête de roches volcaniques d'orientation NE-SW qui comprend les Mornes Rouges (altitude maximale 76 m), le Morne aux Cabris et la pointe du Bluff.

La distribution des altitudes et des pentes de Saint-Martin (Figure 3) est la suivante :

- 25% d'altitudes sont inférieures à 5 m ;
- 14% des altitudes sont comprises entre 5 m et 15 m ;
- 50% des altitudes sont comprises entre 15m et 90 m ;
- L'altitude médiane est de 72 m
- La pente médiane est de 13,4° ;
- 43% des pentes sont inférieures ou égales à 5° ;
- 20% des pentes sont comprises entre 5° et 15°.

4.2 Contexte climatique

Le climat des îles du Nord est de type tropical maritime, partagé entre :

- Une saison sèche (carême, de décembre à mai) avec des pluies peu abondantes et des températures plus modérées ;
- Une saison humide et plus chaude (hivernage, de juin à novembre), propice aux cyclones.

En raison de ses faibles reliefs (inférieurs à 300 m), l'île de Saint Barthélemy ne retient que partiellement l'humidité des masses d'air atlantiques poussées par les alizés d'Est / Nord-Est. Les hauteurs annuelles moyennes de précipitation sont inférieures à 1000 mm.

A Saint Martin, des reliefs relativement plus massifs et hauts (point culminant à 400 m), confèrent une pluviométrie annuelle moyenne plus importante que celle de la collectivité territoriale voisine (elle dépasse 1250 mm sur les reliefs).

Cette pluviométrie annuelle moyenne, réduite par rapport à celle existante sur d'autres îles des Antilles, ne se traduit pas par l'apparition d'évènements pluvieux moins intenses. Au contraire, la position de ces deux îles au Nord de l'Arc Antillais les expose à ces évènements cycloniques plus violents, les records de pluviométries sur les îles du Nord dépassant ainsi largement les records des autres îles des Antilles Françaises, notamment ceux de la Guadeloupe.

4.3 Contexte géologique

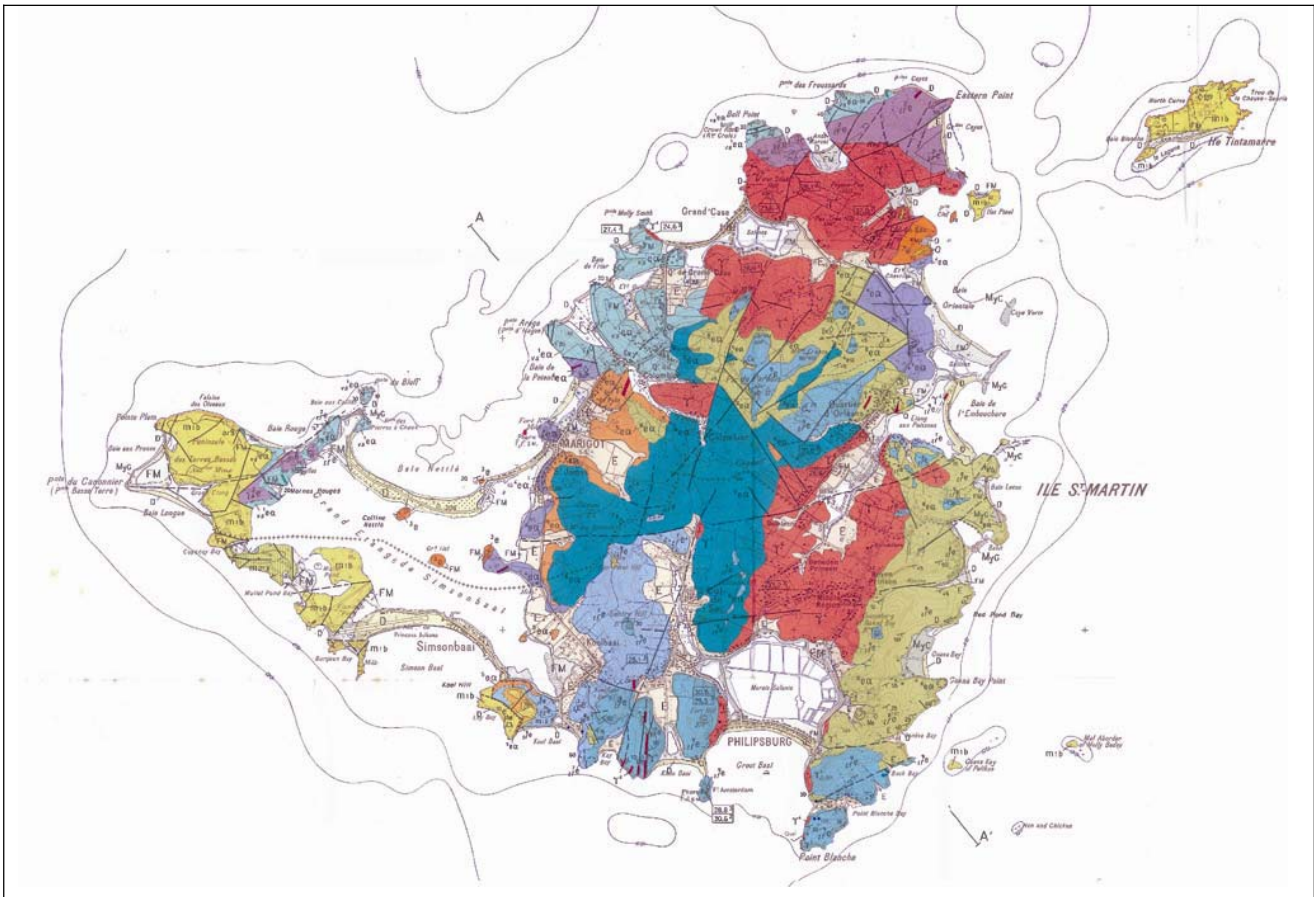


Figure 4 : Carte géologique de l'île de Saint Martin d'après Dagain *et al.*, 1989

Saint Martin est une île volcanique qui appartient à l'arc externe inactif des Petites Antilles. Elle est constituée d'une série volcanique et sédimentaire éocène recoupée par un complexe plutonique d'âge Oligocène. Ces formations pâliogènes sont frangées au Nord-Est (îlot Tintamarre) et à l'Ouest (péninsule des Terres Basses) par des dépôts calcaires miocènes.

Alors que les témoins d'une sédimentation éocène sont rares dans les Petites Antilles et toujours représentés par des affleurements dispersés et stratigraphiquement limités, Saint Martin offre au contraire une série éocène exceptionnellement développée. Elle débute à l'Eocène inférieur, entre 57 et 55 Ma, pour se terminer à l'Eocène supérieur basal, vers 40-38 Ma (Dagain *et al.*, 1989).

La série éocène est monoclinale avec un pendage moyen de 30° vers le SSE. Son épaisseur maximale est estimée à 3 000 m. Le volcanisme éocène est entièrement sous-marin. Il cesse vers la fin de l'Eocène moyen, il y a environ 40 Ma. Parallèlement, le front volcanique se déplace apparemment vers le SSE.

La plupart des datations K-Ar concernant le pluton dioritique (secteur de Philipsburg et Grand'Case) s'incrivent entre 28 et 32 Ma, c'est-à-dire vers l'Oligocène moyen. Il est probable qu'un volcanisme de surface ait été associé à la mise en place de ce système plutonique, puisque des dépôts de type nuée ardente et brèches de maar, non altérés, ont été découverts sous les calcaires miocènes au Nord des Terres Basses (Baie Rouge).

La série miocène, transgressive et discordante sur les dépôts paléogènes, a une extension relativement large, puisqu'elle correspond à un intervalle stratigraphique allant du Miocène inférieur terminal (17,5 Ma) au Miocène terminal (5,5 Ma). Elle est subdivisée en deux formations :

- La formation des Terres Basses (incluant la série carbonatée de l'île de Tintamarre) est constituée à l'affleurement de 70 m de calcaires para-récifaux attribués au Miocène inférieur et représentant la partie supérieure d'une série miocène épaisse de 300 m ;
- La formation de Cupecoy, qui forme un vaste synclinal en contact tectonique avec la formation des Terres Basses. Ses 80 m de calcaires crayeux, riches en foraminifères planctoniques, se sont déposés depuis le Miocène moyen jusqu'au Miocène supérieur terminal.

Il existe enfin quelques formations d'âge Quaternaire. Il s'agit essentiellement de dépôts littoraux comme des calcaires récifaux et des grès de plage.

L'île de Saint Martin a subi des phases de basculement qui sont corrélées aux évènements géodynamiques ayant affectés la zone de subduction de l'Est Caraïbe au cours de l'Eocène et à l'Oligocène supérieur (Dagain *et al.*, 1989).

4.4 Contexte géotechnique

Les reconnaissances géotechniques en place, mises en œuvre (Tableau 4) comprennent essentiellement :

- Des fouilles à la pelle mécanique, de profondeur limitée à quelques mètres ;
- Plus rarement des sondages carottés ou destructifs ;
- Des sondages de pénétration dynamique de type B, technique « aveugle » et dont le refus peut être prématuré sur des blocs, biaisant l'interprétation ;
- Quelques sondages avec essais pressiométriques ;
- Rarement des reconnaissances géophysiques.

D'une manière générale, les données disponibles sont moins nombreuses que dans les communes de Guadeloupe.

Aucun essai cross-hole, qui permet une mesure directe des ondes de cisaillement, n'a pu être trouvé dans les rapports et bases de données consultées.

Les formations superficielles ont généralement une extension réduite.

Outre les argiles d'altération, on distingue :

Les éboulis de pente. Ils se sont formés au pied des reliefs les plus vifs.

A Saint-Martin, ils recouvrent les versants des mornes. Constitués d'éléments anguleux, ils sont plus ou moins cimentés par des produits fins et des minéraux argileux. Ils s'accumulent parfois dans les fonds de vallée après transport par ruissellement.

Les caractéristiques géotechniques de ces matériaux sont en général assez bonnes, mais dépendent des proportions de la matrice, généralement argileuse et du squelette. Les éboulis peu ou pas consolidés sont le siège de désordres lorsqu'on les entaille, mais la pente obtenue ensuite est généralement stable. Dans ces

matériaux, la proximité et la nature du substratum et les conditions hydrogéologiques sont déterminantes et doivent être étudiées avant tout travaux.

Les Lagunes et/ou anciennes lagunes comblées.

Elles sont constituées par des matériaux détritiques fins de type colluvial, et de fines particules issues du lessivage des argiles d'altération ainsi que des produits de décomposition organique en milieu réducteur. Ces formations se sont développées dans les zones basses des fonds, en arrière des cordons littoraux sableux, qui ont fermé les baies profondes de l'île où se sont développées des lagunes saumâtres, et aujourd'hui partiellement asséchées. Les dépôts accumulés dans les lagunes sont constitués de vases de dépôts argilo-sableux très fins.

A Saint-Martin, les principales zones où l'on trouve ces formations sont situées au niveau de l'Étang Rouge, du Grand étang de Simpson Bay, de Galisbay, de l'étang Guichard, de l'aérodrome de Grand-Case, de l'étang de la Barrière, de l'étang Chevrise, des salines d'Orient et de l'étang aux poissons. Ailleurs on retrouve ces formations, en épaisseur moindre en arrière des cordons des anses de l'île.

Plages et cordons littoraux.

A Saint-Martin, ces formations sont essentiellement formées de sables coquilliers, avec localement des éléments rocheux et une phase déritique d'origine volcanique. Les grains de sable peuvent être cimentés par de la calcite.

Les cordons sableux barrent souvent des lagunes et peuvent être protégés par des grès de plage. Ils constituent des formations fortement érodables, lors des cyclones, et peuvent subir des désordres importants comme en 1999, lors de Lenny ou de Louis en 1995.

4.4.1 Détermination des propriétés mécaniques

Elles proviennent essentiellement d'essais pressiométriques et d'essais au pénétromètre statique.

Les essais pressiométriques permettent une caractérisation mécanique y compris de formations rocheuses, sans l'écueil d'un refus prématuré, non représentatif. De plus, le module de cisaillement maximal (G_{max} en MPa) et la vitesse des ondes de cisaillement peuvent être estimés à partir du module pressiométrique (E_M en MPa), en considérant les relations suivantes (Equation 1, Equation 2).

$$\text{Equation 1: } G_{max} = \alpha \cdot E_M$$

$$\text{Equation 2: } G_{max} = \rho \cdot V_s^2$$

Avec :

- α , coefficient de l'ordre de 10 (7 à 12) ;
- ρ , masse volumique du terrain (kg/m^3).

Le « tuf » d'origine calcaire ou volcanique selon la zone géographique dans l'île, ou argile d'altération raide, (E_M généralement compris entre 50 et 100 MPa pour les points de mesure disponibles) correspond à un rocher altéré ; soit de bonnes caractéristiques mécaniques (sol a des règles PS92). Il peut être sain et

correspond au rocher « sismique ». Les vitesses de cisaillement obtenues à partir de la corrélation (Equation 1) sont de l'ordre de 450 à 700 m/s pour les données disponibles

Les caractéristiques mécaniques sont moyennes (E_M généralement compris entre 5 et 25 MPa, sol b des règles PS92) pour les horizons d'altération argileuse. Les vitesses de cisaillement sont estimées de l'ordre de 200 à 400 m/s (Equation 1).

Les formations sableuses ont des caractéristiques mécaniques médiocres à moyennes (E_M de l'ordre de 3 à 15 MPa, sol c ou b des règles PS92). Les vitesses de cisaillement sont estimées inférieures à 300 m/s (Equation 1).

Les caractéristiques mécaniques de la formation argilo-sablo vasarde sont médiocres (E_M inférieur à 3 MPa, sol c des règles PS92). Les vitesses de cisaillement sont estimées inférieures à 180 m/s (Equation 1).

4.4.2 Vitesses des ondes de cisaillement dans les 30 premiers mètres

La vitesse des ondes de cisaillement moyenne sur 30 m (V_{s30}) constitue le principal critère de classification des sites (Eurocode 8, lois d'atténuation de la dernière décennie) vis à vis de la prise en compte des effets de site géologiques.

Les informations disponibles ne concernent (cf. 4.4.2.) que des mesures indirectes de la vitesse. Les profondeurs des sondages n'excèdent généralement pas 20 m, de sorte que la détermination de V_{s30} est délicate.

Pour une évaluation plus précise de ce paramètre des mesures de vibrations ambiantes pourraient être mises en œuvre, si une plus grande précision était recherchée dans la délimitation des zones présentant des effets de site particulier. Dans le cadre du PPR, et dans la mesure où cet aléa géologique local, n'induit que des contraintes faibles, la détermination d'un ordre de grandeur du paramètre V_{s30} paraît acceptable.

On peut également s'appuyer sur les ordres de grandeur des vitesses V_s réalisées par essais cross-hole, dans des formations comparables en Guadeloupe. On retiendra :

- V_s comprise entre 800 et 2000 m/s pour les tufs volcaniques compacts (rocher sain) ;
- V_s comprise entre 500 et 800 m/s pour les tufs volcaniques altérés ;
- V_s comprise entre 550 et 950 m/s pour les tufs calcaires (marno-calcaire)
- V_s comprise entre 270 et 450 m/s pour les tufs calcaires très altérés à altérés ;
- V_s comprise entre 200 et 400 m/s pour les remblais ;
- V_s comprise entre 180 et 240 m/s pour les argiles de faible caractéristique ;
- V_s comprise entre 150 m/s et 180 m/s pour les sols vaseux et tourbeux ;
- V_s comprise entre 180 m/s et 280 m/s pour les sables.

5 LES PRINCIPAUX ENJEUX DE SAINT-MARTIN.

5.1 Principe et objectif

La cartographie des enjeux, croisée avec celle des aléas est le fondement de la détermination du risque et par suite de la délimitation du zonage réglementaire. **L'analyse des enjeux** est nécessaire pour identifier et évaluer, à l'échelle du périmètre d'étude, les enjeux d'ordre humain, socio-économique et environnemental. Cette approche permet d'asseoir les choix réglementaires, de caractériser les éléments sensibles (aggravant ou réduisant les risques) et de faire l'inventaire de ceux participant à l'intervention des secours.

Dans l'optique de la réalisation d'un PPR (Encart 2), le principal objectif de l'évaluation des enjeux est de déterminer géographiquement quels sont :

- Les espaces urbanisés, protégés ou non par un ouvrage², en identifiant notamment les espaces urbanisés denses ;
- Les espaces non urbanisés.

Il s'agit en outre d'identifier les ambitions de développement portées par la municipalité sur son territoire à travers son document d'urbanisme directeur (POS ou PLU) et le cas échéant de projets de ZAC hors POS, afin d'identifier les éventuels secteurs à conflits d'usages forts, notamment entre les ambitions de développement et les « contraintes » de protection.

Il s'agit également d'identifier les éléments physiques ou non qui représentent des enjeux pour le territoire et qui pourraient représenter des fragilités au regard des risques naturels. Il s'agit principalement :

- De la population,
- Des éléments construits
- Des fonctions associées au territoire (services, administrations...)
- Des divers réseaux

Il s'agit enfin d'identifier les enjeux environnementaux soumis à des obligations de protection.

5.2 L'évolution statutaire de Saint-Martin

Historique.

L'île de Saint-Martin aurait été découverte par Christophe Colomb lors de son second voyage aux Antilles, le 11 novembre 1493, jour de la Saint-Martin. Occupée successivement par les Français, les Hollandais et les Espagnols qui l'abandonnèrent en 1648, elle fut alors reprise par les Français et les Hollandais. Ceux-ci signèrent le 13 mars 1648 un traité de partage (traité du mont Concorde) marquant la limite des deux souverainetés. Plusieurs familles anglaises y installèrent des exploitations agricoles et instaurèrent la langue anglaise qui demeure aujourd'hui la langue maternelle des Saint-Martinois des deux côtés de l'île.

Depuis la signature du traité, l'île est partagée en deux parties :

- Une partie hollandaise au sud (34 km², chef-lieu Philipsburg) ;

² Aucun ouvrage de protection particulier n'est identifié.

- Une partie française au nord (56 km², siège de la sous-préfecture des îles du nord à Marigot)

La légende veut qu'un Français et un Hollandais furent désignés pour courir autour de l'île dans des directions opposées afin de fixer la frontière à leur point de rencontre. Le Hollandais fut retardé par des marécages et des salines. Le Français put couvrir une plus longue distance. C'est pourquoi la partie de l'île revenant aux Français est plus vaste que celle attribuée aux Hollandais.

La frontière entre Saint-Martin et Sin-Maarten est théorique et n'est signalée que par un monument commémorant trois siècles de coexistences pacifique.

Rattachée en 1947 au département de la Guadeloupe, la partie française de Saint-Martin forme avec Saint-Barthélemy un arrondissement de ce département depuis 1963.

Le 7 décembre 2003, les électeurs de ces deux îles ont été consultés sur une évolution statutaire pour se placer sous le régime de l'article 74 de la Constitution. Les électeurs de Saint-Martin, avec 76.2% des voix pour 44.2% de participation, se sont exprimés en faveur du statut de Collectivité d'Outre-Mer. Les mandats des deux conseillers généraux et du conseiller général de Saint-Martin prendront fin avec la mise en place de la Collectivité Territoriale d'Outre-Mer.

Par ce nouveau statut, les îles du Nord seront détachées administrativement de la Guadeloupe continentale.

L'évolution Statutaire de L'île

Le changement de statut de Saint-Martin émane de la Volonté de la population et du gouvernement de doter l'île d'un statut qui (tienne compte de ses spécificités géographiques, historiques et économiques. A la suite de la modification de la Constitution par la loi n°2003-276 du 28 mars 2003, la population s'est prononcée le 7 décembre 2003 pour la création d'une Collectivité d'Outre-Mer (COM), permettant l'exercice des compétences actuellement dévolues aux Communes, aux Départements et aux Régions ainsi que celles qui pourront leur être transférées ultérieurement dans le cadre des futures lois de décentralisation.

Les compétences de la nouvelle collectivité

En conséquence du nouveau statut, la collectivité élargira ses champs d'application et exercera de nouvelles compétences.

1) Les compétences exécutives

Ce sont celles des Communes, Département et Région. Les dispositions législatives et réglementaires y sont applicables de plein droit. Elles pourront être adaptées dans les domaines de l'éducation afin de rendre compte dans l'enseignement des spécificités culturelles et linguistiques associées à la région.

2) Les compétences d'adaptation

La collectivité sera en droit de réclamer une adaptation des lois dans les domaines de l'environnement, l'urbanisme, la construction, l'habitation, le logement, l'énergie, sous réserve de l'approbation étatique. Il est à noter que ces compétences deviendront normatives à partir de 2012.

3) Les compétences normatives

Il s'agit de la fixation d'un ensemble de règles retenues par le gouvernement relatives aux domaines suivants : impôts, droit et taxes (LO 6214-4), cadastre, circulation routière et transports routiers,

desserte maritime d'intérêt territorial, immatriculation des navires, création, aménagement et exploitation des ports maritimes à l'exception du régime du travail, voirie, droit domanial et biens de collectivité, accès au travail des étrangers, tourisme.

D'autres compétences seront transférées ultérieurement dans le cadre des futures lois de décentralisation. De ce fait, la nouvelle collectivité pourra adapter les lois et règlements en matière de domanialité publique et d'enseignement.

L'organisation de la collectivité

Etant donné que Saint-Martin n'est plus une commune, le conseil Municipal et la fonction de maire sont amenés à disparaître. La Collectivité de Saint-Martin aura vocation à s'administrer librement par le biais de ses élus et par la voie d'une nouvelle démocratie directe locale. D'où l'émergence de nouvelles institutions et la désignation d'un Préfet délégué représentant l'Etat et le Gouvernement au sein des COM des îles de Saint-Martin et Saint Barthélémy.

1) Les nouvelles institutions

La nouvelle Collectivité d'Outre-Mer sera administrée par 5 institutions distinctes que sont le conseil Territorial, le Président du Conseil Territorial, le Conseil Exécutif, le Conseil Economique, Social et Culturel, et les Conseils des Quartiers.

Le Conseil Territorial constituera une Assemblée délibérante composée de 19 membres élus pour une durée de 5 ans selon les modalités actuellement prévues pour l'élection du Conseil Municipal. A sa tête, le Président de l'Assemblée délibérante (ou Président du conseil Territorial) élu parmi ses membres pour la durée du mandat, soit cinq ans, sera l'organe exécutif de la Collectivité d'Outre-Mer (LO 22-1-4). Il sera assisté par le Conseil Exécutif constitué de 7 membres élus pour la même durée par l'Assemblée délibérante à la représentation proportionnelle de ses membres, c'est-à-dire qu'en plus des membres de la majorité, une représentation de l'opposition est obligatoire. Le Conseil Exécutif aura pour rôle de recevoir les délégations du Conseil Territorial. Il délivrera par ailleurs les permis de construire, les autorisations de travail des étrangers et en outre, exercera son droit de préemption en terme de transferts immobiliers (LO 222-5, 222-9, 222-12).

Le Conseil Economique, Social et Culturel, composé d'acteurs de groupements professionnels ; de représentants des sphères syndicales, associatives et culturelles de la COM, bénéficiera de compétences d'initiative et de délibérations de la Collectivité d'Outre-Mer à caractère économique, social ou culturel (LO 223-1.2.3).

Enfin, les Conseils de Quartier seront les organes consultatifs qui émettront leurs opinions au sujet des projets et réglementations spécifiques à leur ressort géographique.

La démocratie directe locale énoncée plus haut fonctionnera par l'intermédiaire :

- Du droit de pétition des électeurs qui donnera l'opportunité de saisir le Conseil Territorial sur tout sujet dès lors qu'elle sera signée par au minimum 5% de la population ;
- Le référendum local (même principe que le référendum national) qui consultera les électeurs sur les décisions prises par le Conseil Territorial (les électeurs représentant 10% de l'électorat peuvent ainsi saisir le Conseil Territorial) (LO 223-1.2.3).

2) La nomination du Préfet délégué aux Iles du Nord

Sous la proposition du Ministre d'Etat, Ministre de l'intérieur et de l'Aménagement du Territoire, le Conseil des Ministres a désigné, le 7 mars 2007, Monsieur Dominique LACROIX au poste de Préfet délégué aux Iles du Nord auprès du préfet de la Guadeloupe. Ce nouveau préfet sera en charge de la mise en œuvre des nouvelles dispositions afférentes au nouveau statut des îles de Saint-Martin et Saint-Barthélemy. Il exercera, dès lors, les missions habilitées au sous-préfet d'arrondissement.

3) L'élection du Conseil Territorial

Le 11 avril 2007, le Ministre de l'Outre-mer a déclaré que les premières élections des Conseils Territoriaux de Saint-Barthélemy et Saint-Martin auront lieu les 1^{er} et 8 juillet 2007.

En terme de calendrier institutionnel, les élections du Conseil Territorial doivent s'organiser dans le délai réglementaire de 6 mois maximum à partir de la date ratification.

Les perspectives

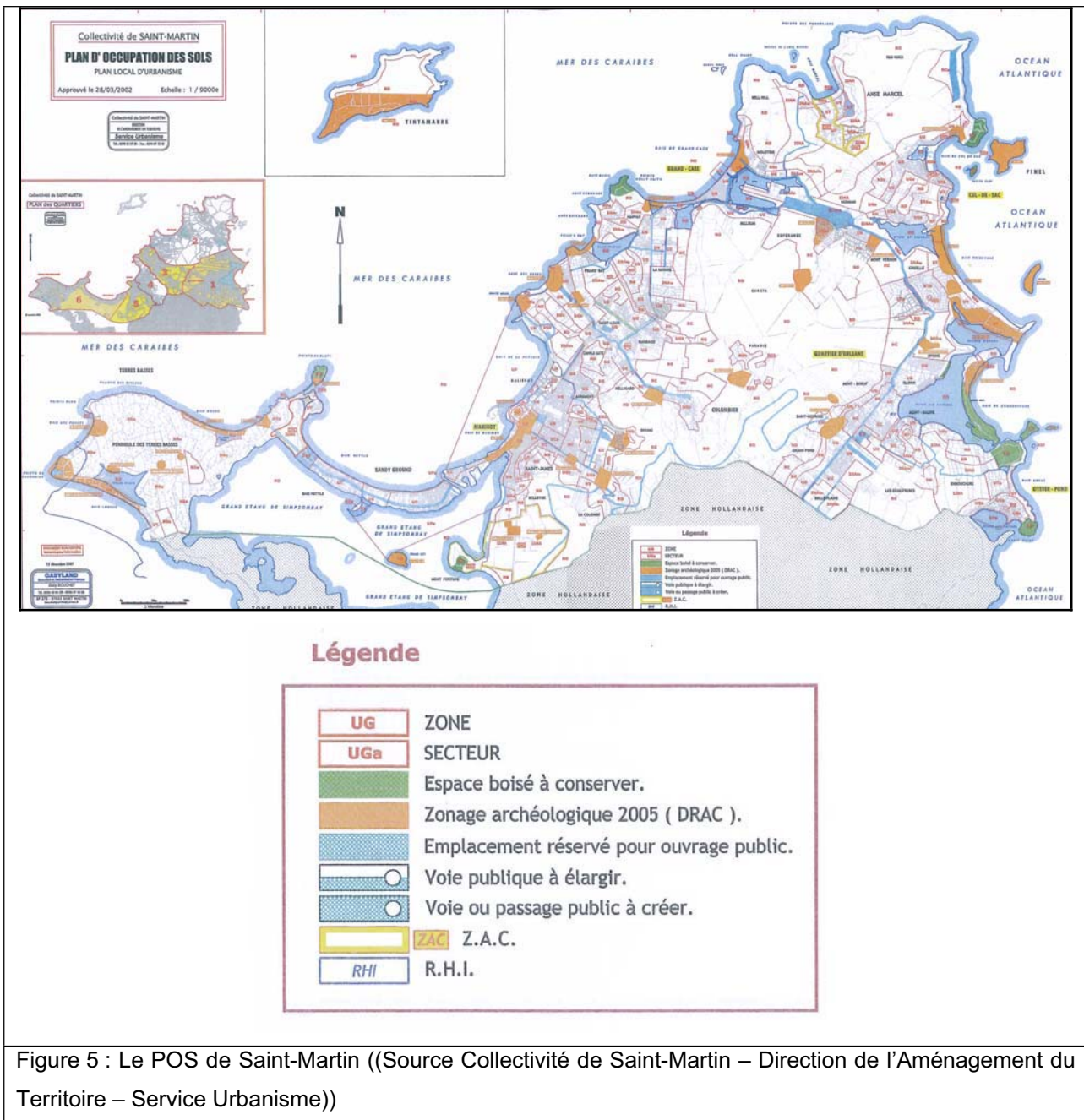
L'affectation de deux sièges (1 siège pour chacune des îles) de sénateurs pour les nouvelles Collectivités d'Outre-Mer de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy est prévue au cours des prochaines élections de septembre 2008. De même, la création de deux sièges (1 siège pour chacune des îles) de députés est programmée à partir des élections qui auront lieu en 2012.

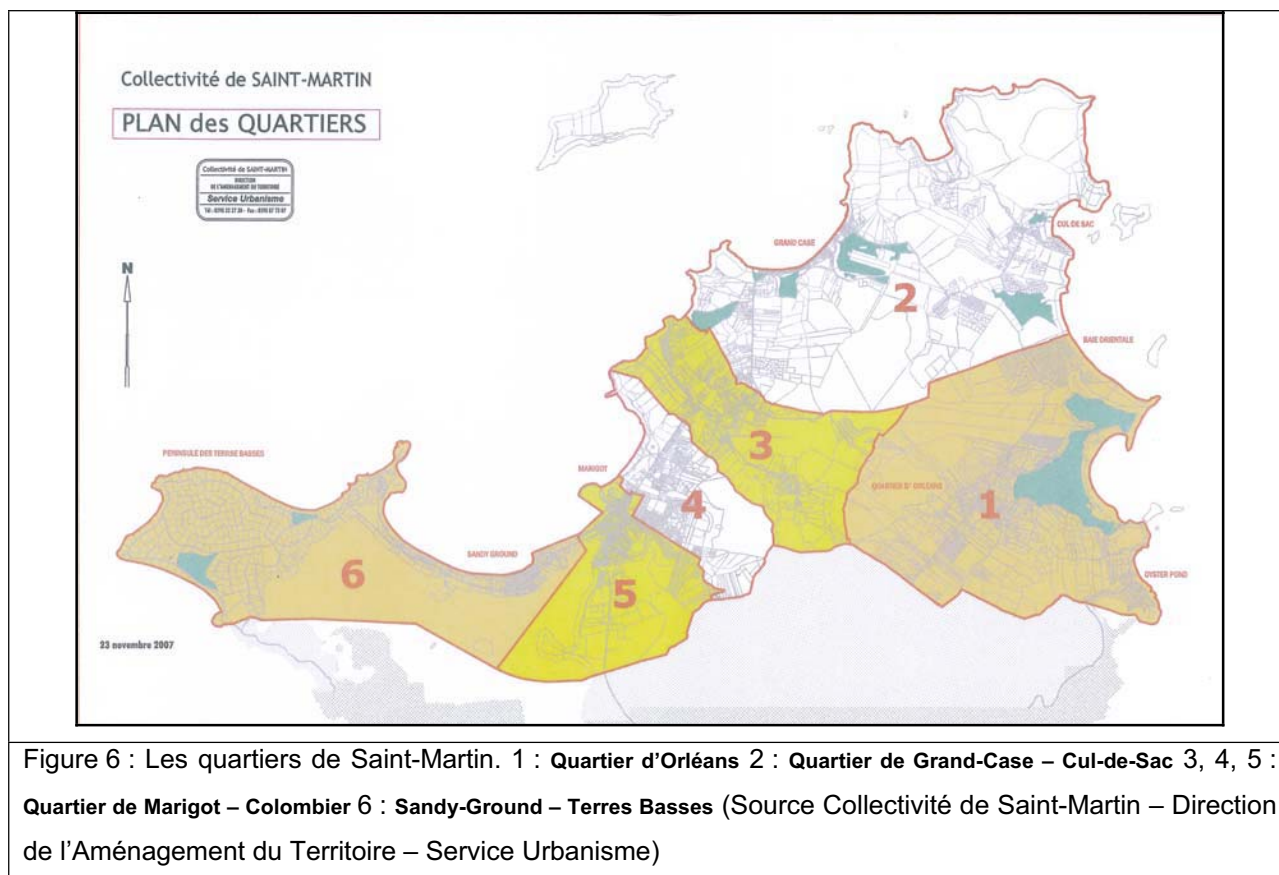
En matière de fiscalité, une convention avec l'Etat sera signée par le gouvernement et les représentants de la Collectivité Territoriale.

5.3 Les documents d'urbanisme

Le POS

Le POS de la Collectivité d'Outre-Mer de Saint Martin (Figure 5) a été approuvé le 28 mars 2002. Il fait l'objet d'une révision en 2008.





5.4 La population - les zones urbanisées et non urbanisées

La population

Au cours des années 80, Saint-Martin a connu une croissance annuelle de 17.1% liée notamment à un solde migratoire très nettement positif. La population a ainsi triplé entre 1982 et 1990. Durant la période 1990-1999, la population a progressé de 2.1%, soit un taux de croissance annuel de 0.2%. Lors du dernier recensement des Iles du Nord en 1999, l'INSEE a dénombré 29 112 habitants dont 51% de femmes.

La répartition de la population par nationalité d'origine, telle qu'elle figure dans le recensement de la population de 1999 réalisé par l'INSEE, confirme l'importance du flux migratoire au cours des années 80. Il convient toutefois de souligner que dans le cadre du renforcement des lois sur l'immigration, le solde migratoire a évolué à la baisse passant de 14.8% en 1990 à -2% en 1999. Dans ce contexte, 36% de la population de Saint-Martin, soit 10 483 personnes, était d'origine étrangère dont respectivement 43.0% et 13.7% étaient originaires d'Haïti et de République Dominicaine.

Répartition de la population saint-martinoise par nationalités

Ensemble 29 112 - Français 16 629 – Haïtiens 4 508 – Dominicains 1 432 – Saint-Luciens 159

Autre Américains 2 220 – Européens UE 1658 – Autres 506

Source : INSEE – Recensement de la population 1999

En 1999 (Tableau 6), 35.9% des habitants avaient moins de 20 ans et 71.7% moins de 40 ans. Avec 94.2% de la population âgée de moins de 60 ans, Saint-Martin se présente comme une société jeune malgré une population de 60 ans et plus, en croissance de 44.8% entre 1990 et 1999. Les estimations du CBS pour l'année 2005 n'affichent pas d'évolution marquante si ce n'est la diminution de la population âgée de 20 à 39 ans au profit de la tranche d'âge des 40 à 59 ans.

Le taux de natalité a baissé pour atteindre un niveau de 25% en 1999 contre 27.1 % en 1990.

Il reste cependant supérieur aux taux relevés en Guadeloupe (17.97%) et en Métropole (12.76%)

Population de Saint-Martin et Sint-Maarten				Sint-Maarten			
	Saint-Martin			Sint-Maarten			
	1990	1999	Répartition	2000	2005	2000	2005
	Population	Population	Répartition	Population	Répartition	Population	Répartition
de 0 à 19 ans	9 230	10 459	35,9%	9 796	32,0%	11 327	32,3%
de 20 à 39 ans	13 712	10 401	35,7%	11 237	36,7%	11 953	34,1%
de 40 à 59 ans	4 402	6 571	22,8%	8 133	26,6%	10 085	28,8%
de 60 à 74 ans	837	1 191	4,1%	1 041	3,4%	1 357	3,9%
75 ans et plus	324	490	1,7%	392	1,3%	313	0,9%
Total	28 505	29 112	100,0%	30 599	100,0%	35 035	100,0%

Source : INSEE : recensements de la population / CBS : census 2000, estimations 2005

Indicateurs démographiques				
Recensement	1974	1982	1990	1999
Taux de natalité (‰)	46,1	36	27,2	25
Taux de mortalité (‰)	10,1	8,5	4,6	3,2
Taux de variation annuel (%)	2,92	3,65	17,05	0,22
- d' au solde migratoire	-0,68	0,90	14,79	-1,97

Source : INSEE - recensement de la population 1999

Tableau 6 : Population de Saint-Martin par tranches d'âge et indicateurs démographiques (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Trame urbaine / zones urbanisées et non urbanisées

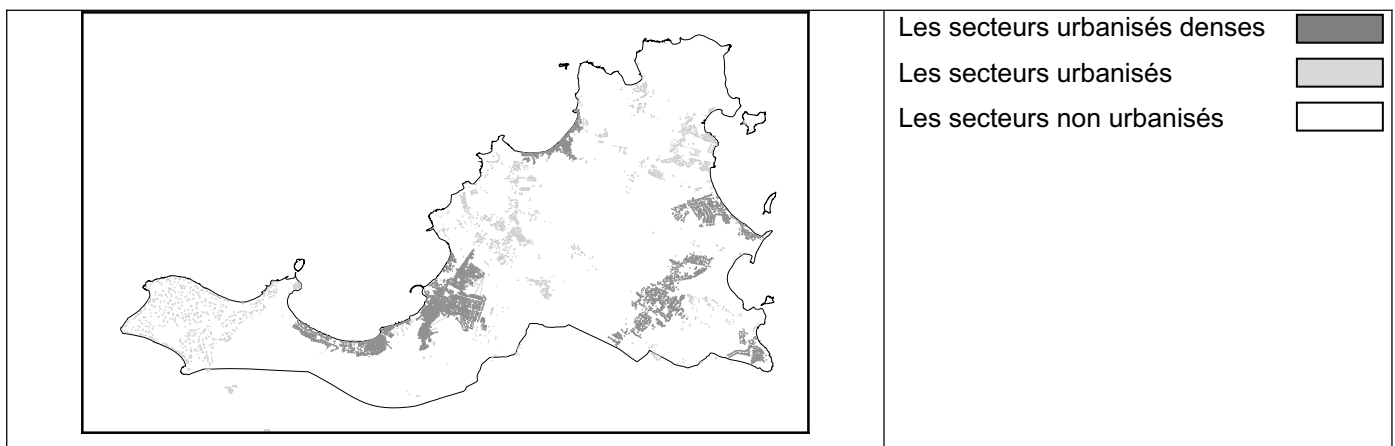


Figure 7 : Répartition géographique des secteurs urbanisés

5.5 Le bâti

Le bâti courant

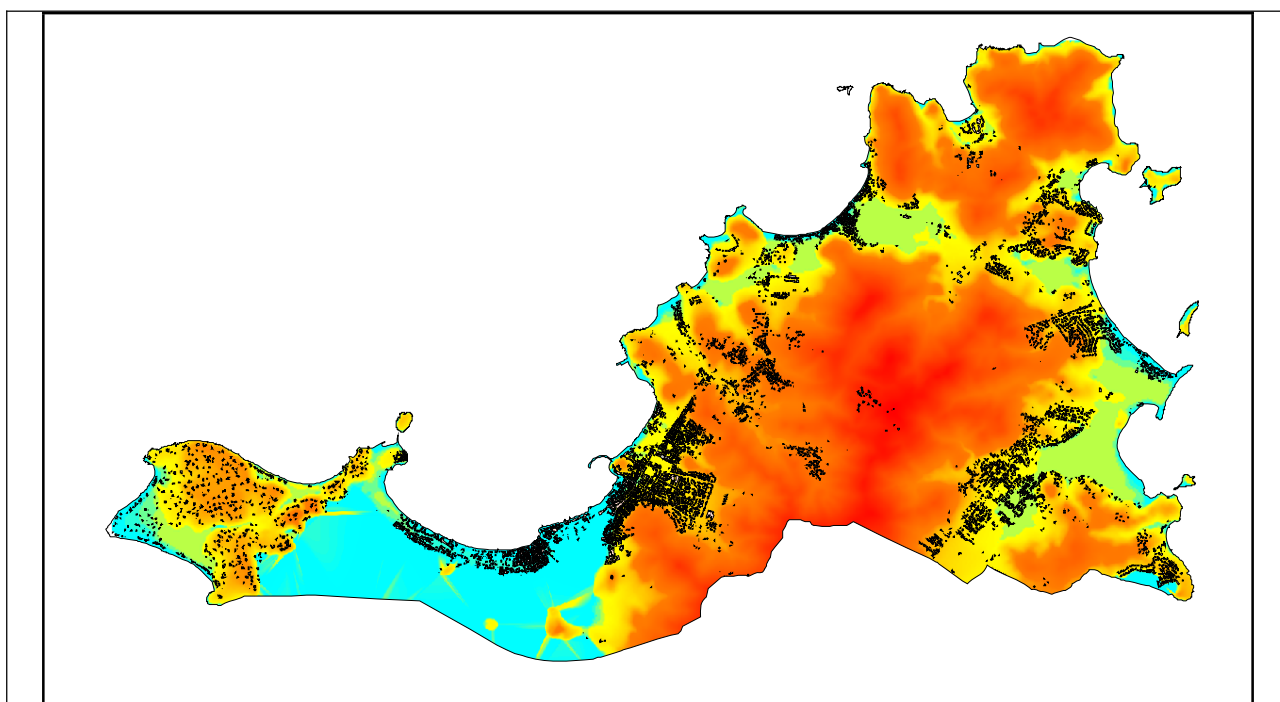


Figure 8 : Répartition du bâti à Saint-Martin

A la date du dernier recensement (Tableau 7), l'île de Saint-Martin comptait 11 056 logements répartis en 9 833 résidences principales et 202 résidences secondaires. Entre 1990 et 1999, le nombre de résidences principales a progressé de 17,5% sous l'effet, pour répondre aux besoins d'une population croissante. Sous l'effet du développement économique, le nombre de résidences secondaires a pour sa part augmenté de 64,2% sur la période.

En 2006, trois Sociétés d'Economie Mixte (SEM) assuraient la gestion des 1563 logements sociaux de Saint-Martin. Ces SEM interviennent également dans la rénovation de certains quartiers et sont des acteurs importants de la résorption de l'habitat insalubre.

L'habitat à Saint-Martin					
	Residences principales	Residences secondaires	Logements vacants	Logements occasionnels	Total logements
Recensement 1990	8 368	123	1 158	30	9 679
Recensement 1999	9 833	202	984	37	11 056
Variations 1999/1990	17,5%	64,2%	-15,0%	23,3%	14,2%

Source : INSEE - Recensement de la population 1999

Tableau 7 : Habitat à Saint-Martin (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Les établissements scolaires

L'île de Saint-Martin comptait pour l'année 2006-2007, 24 établissements scolaires du premier et du second degré, dont la totalité appartenait au secteur public.

Nombre d'établissements scolaires du 1er et 2nd degré			
1er degré	2006/07	2nd degré	2006/07
Enseignement public	14	Enseignement public	4
Préélémentaire	5	Collèges	3
Elémentaire et élémentaire spécialisé	9	Lycées	0
		Autres lycées	1

Source: Rectorat de la Guadeloupe

Tableau 8 : Etablissements scolaires du 1^{er} et 2nd degré de Saint-Martin (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

5.6 Les enjeux économiques de Saint-Martin

Le tissu économique

Fondée autrefois sur l'exposition des marais salants et la culture du tabac, puis sur celle du coton et de la canne à sucre, l'économie de Saint-Martin a fortement renforcé le secteur tertiaire et est aujourd'hui résolument tournée vers le tourisme. L'agriculture, l'élevage et la pêche ne constituent plus que des activités marginales et ont un impact négligeable sur l'économie de Saint-Martin. L'industrie proprement dite est également limitée.

Selon les statistiques de l'INSEE (Tableau 9), parmi les 4 134 entreprises recensées en 2006 sur l'île de Saint-Martin, 24.6% exerçaient une activité de commerce, 23.6% d'hôtellerie-restauration et 23.1% de services aux entreprises.

La grande majorité des sociétés (78.9%) n'emploie aucun salarié. Dans les secteurs de l'hôtellerie-restauration, de l'immobilier, des services aux entreprises et du BTP, cette proportion dépasse 81%. Les entreprises du secteur du commerce ont, quant à elles, la part des effectifs salariés la plus importante, avec 31.3%.

Répartition des entreprises implantées à Saint-Martin par secteur et taille d'effectifs	0		1 à 5		6 et plus		Total	
	nombre	part	nombre	part	nombre	part	nombre	part
Industrie	213	6,5%	42	6,4%	20	9,2%	275	6,7%
Construction	387	11,9%	65	10,0%	23	10,6%	475	11,5%
Commerce	697	21,4%	244	37,4%	74	33,9%	1 015	24,6%
commerce de gros	139	4,3%	57	8,7%	21	9,6%	217	5,2%
commerce de détail	496	15,2%	175	26,8%	45	20,6%	716	17,3%
Hôtellerie et restauration	820	25,1%	96	14,7%	60	27,5%	976	23,6%
Services	788	24,1%	137	21,0%	31	14,2%	956	23,1%
Activités immobilières	134	4,1%	25	3,8%	3	1,4%	162	3,9%
Autres	224	6,9%	44	6,7%	7	3,2%	275	6,7%
Total	3 263		653		218		4 134	
Part	78,9%		15,8%		5,3%			

Source : INSEE - Fichier sirene - Avril 2006

Tableau 9 : Répartition des entreprises (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Emploi et chômage

La population active

D'après le dernier recensement effectué par l'INSEE en 1999 (Tableau 10), la partie française de l'île de Saint-Martin comptait une population active de 14 476 personnes, en recul de 8.2% par rapport au recensement de 1990. Sur ce total, près de 3 actifs sur 4 étaient occupés dont 44.3% étaient des femmes, en progression de 5.9 points entre les deux recensements. La population active représente 49.7% de la population totale de l'île contre 45.3% pour l'ensemble de la Guadeloupe. A titre de comparaison, à Sint-Marteen, la population active représentait 58.9% de la population totale de la partie hollandaise, soit 19 633 personnes.

	Répartition de la population active					
	Saint-Martin				Sint-Maarten	
	1990		1999		2003	
	Nombre	Part	Nombre	Part	Nombre	Part
Actifs occupés	11 961	76,0%	10 644	73,5%	16 200	82,5%
dont Femmes	4 596	38,4%	4 712	44,3%	7 419	37,8%
Chômeurs au sens du BIT	3 789	24,0%	3 832	26,5%	3 433	17,5%
dont Femmes	1 959	51,7%	2 208	57,6%	1 888	55,0%
Total de la population active	15 770	100,0%	14 476	100,0%	19 633	100,0%

Source : INSEE - Recensement de la population 1999, CBS Labour Force Service Estimation 2003

Tableau 10 : Répartition de la population active à Saint-Martin(Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Le tourisme

L'île de Saint-Martin accueille surtout une clientèle nord-américaine et, dans une moindre mesure, des visiteurs européens et sud-américains attirés par son climat, ses plages, ses magasins hors taxe et ses casinos. Cette clientèle est en grande partie une clientèle de croisiéristes de passage sur l'île qui profite de la zone franche de Philipsburg.

Depuis 1997, l'île (partie française et hollandaise) connaît une croissance continue de son secteur touristique. En effet, à l'exception des années 1999 et 2000 suite aux passages de deux cyclones, la fréquentation totale de l'île n'a cessé de progresser (+ 37.3% en 10 ans). L'année 2006 a cependant montré quelques signes de ralentissement de la fréquentation de l'île avec 2 067 294 visiteurs contre 2 237 525 en 2005.

L'activité hôtelière

L'île de Saint-Martin est connue dans le monde entier pour ses établissements haut de gamme réputés qui côtoient de petits hôtels plus modestes. La partie française dispose d'un parc hôtelier (Tableau 11) dont la construction a été stimulée par les possibilités de financement en défiscalisation.

Le nombre de chambres est ainsi passé de 500, avant 1986, à plus de 3170 en 1996. En 2006, Saint-Martin ne comptait plus que 1636 chambres soit une chute de 48.4% de sa capacité d'accueil en 10 ans. En 2006, ce ne sont pas moins de 399 chambres qui ont disparu (- 19.6%) à la suite de la fermeture de l'Habitation Lonvilliers (ancien MERIDIEN) pour rénovation (233 chambres), qui devraient ouvrir sous l'enseigne RADISSON en 2008, et de la fermeture définitive de trois autres établissements (Mont Vernon, Pinel Beach et le Privilège) transformés en logements.

Parc hôtelier de Saint-Martin						nombre				
	Hôtels				Var	Chambres				
	2003	2004	2005	2006	06/05	2003	2004	2005	2006	06/05
4 étoiles et luxe	15	15	12	11	-8,3%	1449	1449	1182	937	-20,7%
3 étoiles	17	18	22	19	-13,6%	929	860	805	651	-19,1%
1 et 2 étoiles, et non classés	14	11	4	4	0,0%	304	262	48	48	0,0%
Total	46	44	38	34	-10,5%	2682	2571	2035	1636	-19,6%

Source : Office Départemental du tourisme de la Guadeloupe - Observatoire du tourisme

Tableau 11 : Parc hôtelier de Saint-Martin (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

La croisière

L'île de Saint-Martin (parties française et hollandaise) reste l'une des destinations de croisière les plus prisées au monde avec depuis 2002 plus d'un million de passagers par an et une croissance annuelle supérieure à 10% jusqu'en 2005. Au cours de l'année 2006, l'île a cependant connu une baisse du nombre total de croisiéristes qui s'est établi à 1 438 840 soit un recul de 3.8%. Le nombre d'escales a suivi la même tendance, passant de 708 escales en 2005 à 692 en 2006 et ce malgré la hausse de 23.9% des escales en partie française.

Le port de Philipsburg, en partie hollandaise, concerne la plus grande partie des entrées de touristes de croisière sur l'île. Il est équipé depuis l'an 2000 d'un dédié pouvant recevoir simultanément jusqu'à quatre paquebots. Sin-Maarten a accueilli ainsi 99.4% des croisiéristes en 2006. Ne disposant pas d'un port en eau profonde autorisant l'accueil de paquebots de croisière à fort tirant d'eau, la partie française s'est orientée vers une clientèle haut de gamme voyageant sur des navires de plus petite taille

Evolution du tourisme de croisière à Saint-Martin (entrées)						nombre
	2002	2003	2004	2005	2006	var. 06/05
Partie française						
- Paquebots	60	78	74	67	83	23,9%
- Passagers	5 471	9 954	11 139	8 144	8 843	8,6%
Partie hollandaise						
- Paquebots	531	597	666	641	609	-5,0%
- Passagers	1 055 040	1 171 734	1 348 450	1 488 461	1 429 997	-3,9%

Source : Office du Tourisme de Saint-Martin

Tableau 12 : Evolution du tourisme de croisière à Saint-Martin (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

La plaisance

La plaisance fait partie du paysage touristique de l'île de Saint-Martin qui constitue une escale appréciée des navigateurs. Outre la position géographique privilégiée de l'île, située à proximité des côtes nord-américaines, les points de mouillage sont nombreux et faciles d'accès et les conditions d'accueil favorables (casinos, restaurants, commerces en dollars, usage de la langue anglaise...)

L'offre nautique y est très développée ; en 2005, pas moins de 23 loueurs de bateaux exerçaient dans les nombreuses marinas réparties de façon homogène tout autour de l'île.

La marina « Fort-Louis » à Marigot, en activité depuis octobre 2002, est la plus importante de l'île. Elle dispose en effet de 200 places, dont 140 pour les yachts de 8 à 20 mètres, 40 pour les yachts de plus de 20 mètres et 14 pour les yachts d'une dimension supérieure à 25 mètres. A noter que des travaux

d'amélioration ont été effectués au cours de l'année 2006, comme la construction d'un ouvrage destiné à régler les problèmes d'instabilité rencontrés en cas de houles du nord

Marinas de Saint-Martin et Sint Marteen			
Saint Martin	Places	Sint Maarten	Places
Marina Fort Louis	200	Princess yacht club	56
Port Lonvilliers	150	Great Bay Marina	42
Marina Port La Royale	120	Simpson Yatch Club	132
Captain Oliver	160	Lagoon Marina	4
Port de Plaisance de Marigot	150	Bobby's Marina	141
		Palapa Marina	22
Total	780	Total	397

Source : Office du Tourisme de Saint-Martin

Tableau 13 : Nombre de places dans les marinas de Saint-Martin (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

5.7 Infrastructures et équipements publics

Le port et les activités (Tableau 14)

L'île de Saint-Martin dispose de quatre ports : deux en partie française et deux en partie hollandaise. Coté français ; le port de Galisbay est prévu pour le trafic de marchandises, et le port de Marigot pour le trafic passagers. A Sin-Maarten, le port d'Oyster Pound est pour l'essentiel consacré au trafic passagers inter-îles tandis que le port en eau profonde de Pointe Blanche permet l'accueil de l'essentiel des croisiéristes et traite la majorité des importations de l'île.

Evolution des trafics de fret maritime du port de Galisbay				en tonnes
	2004	2005	2006	var 06/05
Entrées de marchandises				
Produits Alimentaires	5 286	4 874	7 737	58,7%
Matériaux de Constructions	61 138	57 529	110 802	92,6%
Véhicules de transport et engins	1 585	1 017	651	-36,0%
Carburants	56 029	58 889	56 859	-3,4%
Mobiliers	221	262	15	-93,9%
Vêtements/ Chaussures et autres	242	122	14	-88,5%
Divers	13 320	27 472	22 930	-16,5%
vides	773	904	1 577	74,4%
Total tonnage	139 494	151 069	200 586	32,8%
- dont conteneurisées	39 050	44 650	32 017	-28,3%
Sorties de marchandises				
Produits Alimentaires	2 205	1 297	2 334	80,0%
Matériaux de construction	54 877	26 564	1 171	-95,6%
Véhicules de transport et engins	1 933	1 220	843	-30,9%
Carburants	433	790	1 815	129,7%
Mobiliers	24	19	56	194,7%
Vêtements/ Chaussures et autres	1 205	16	0	-100,0%
Divers	9 495	15 472	18 470	19,4%
vides	2 153	3 763	3 264	-13,3%
Total tonnage	72 330	49 141	27 953	-43,1%
- dont conteneurisées	12 404	16 049	18 964	18,2%

Source : Regie Municipale du Port

Tableau 14 : Activités du port de Galisbay (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Echanges de marchandises avec le Port autonome de Guadeloupe						en tonnes
	2002	2003	2004	2005	2006	var 06/05
Total Entrées à Saint-Martin	22 085	18 208	18 872	20 936	35 850	71,2%
Partie française	8 844	6 347	5 190	7 773	15 908	104,7%
Partie hollandaise	13 241	11 861	13 682	13 163	19 942	51,5%
Total Sorties de Saint-Martin	14 079	28 199	20 882	8 139	5 974	-26,6%
Partie française	1 470	12 404	12 328	1 322	1 077	-18,5%
Partie hollandaise	12 609	15 795	8 553	6 817	4 897	-28,2%

Source : PAG

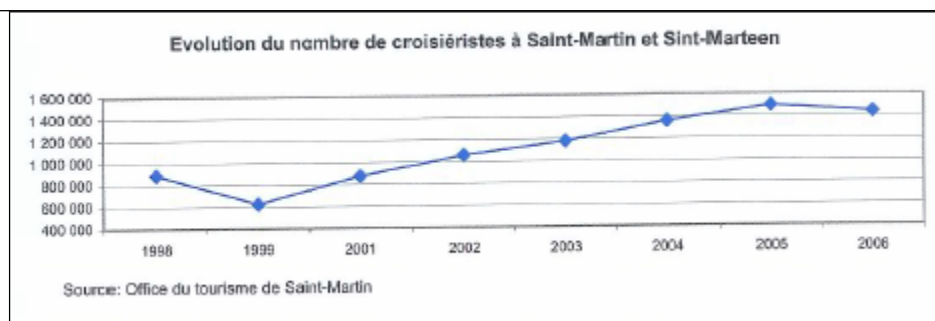


Tableau 15 : Activités portuaires (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

L'aéroport et ses activités

L'île de Saint-Martin compte deux aéroports : l'aéroport Espérance Grand-Case, situé en partie française, et l'aéroport international Princess Juliana, en zone hollandaise, qui peut recevoir des avions gros porteurs, mais dont la piste trop courte ne permet pas les liaisons directes à pleine charge vers l'Europe. En 2006, ce sont 628 454 passagers qui ont visité l'Île de Saint Martin, dont 72.1% ont débarqué en partie hollandaise. La fréquentation de l'île s'inscrit ainsi en repli de 1.6% en raison de la diminution d'activité enregistrée à Juliana.

L'aéroport de Grand-Case, propriété du Département de la Guadeloupe, est géré depuis le 17 février 2006 par la collectivité ; il a été agrandi et rénové en 2004 mais reste plus modeste en termes de structures et de trafic que celui de Juliana.

En 2006, 175 119 passagers ont fréquenté l'aéroport de Grand-Case. Le trafic a ainsi progressé de 2,7% par rapport à l'année précédente sous l'effet, notamment, de l'augmentation du trafic en provenance des Antilles avec le développement du partenariat entre Air France et Air Antilles Express.

Trois compagnies régulières régionales desservent l'aéroport de Grand-Case, Air Caraïbes couvrant 50% du trafic de passagers, Air Antilles Express (38,5%) et Saint Barth Commuter (8,9%). Des sociétés privées réalisent également des vols à la demande, en provenance ou à destination des îles voisines. Malgré une augmentation de 91% des mouvements d'avions privés et de 26,2% de leurs passagers, elles ont cependant représenté en 2006 moins de 1% du trafic en nombre de passagers.

Evolution du trafic de l'aéroport de Grand Case (arrivées et départs)						
	2002	2003	2004	2005	2006	variations 2006/2005
Mouvements d'avions commerciaux	2 830	3 808	3 726	3 918	4 116	5,1%
Mouvements d'avions privés	1 389	1 406	1 140	1 171	2 237	91,0%
Total mouvements d'avions	4 219	5 214	4 866	5 089	6 353	24,8%
Passagers de lignes commerciales	104 099	149 179	160 627	168 423	172 406	2,4%
Passagers d'avions privés	3 327	2 990	2 777	2 150	2 713	26,2%
Total passagers	107 426	152 169	163 404	170 573	175 119	2,7%
Fret (tonnes)	150	173	191	215	216	0,5%
Paste (tonnes)	33	62	70	119	93	-21,8%

Source : Aéroport de Grand'Case

Tableau 16 : Trafic aéroport (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Le réseau routier

Essentiellement organisé à partir d'une route nationale circulaire, le réseau viare irrigue l'ensemble des quartiers grâce des routes secondaires. La structure du réseau ne favorise pas la fluidité d'un trafic par

ailleurs extrêmement dense quelle que soit la période de la journée. Les mouvements pendulaires entre les différents quartiers avec un tropisme fort vis-à-vis de Marigot sont nombreux entre l'Est et l'Ouest de l'île, sans possibilité de jonction transversale.

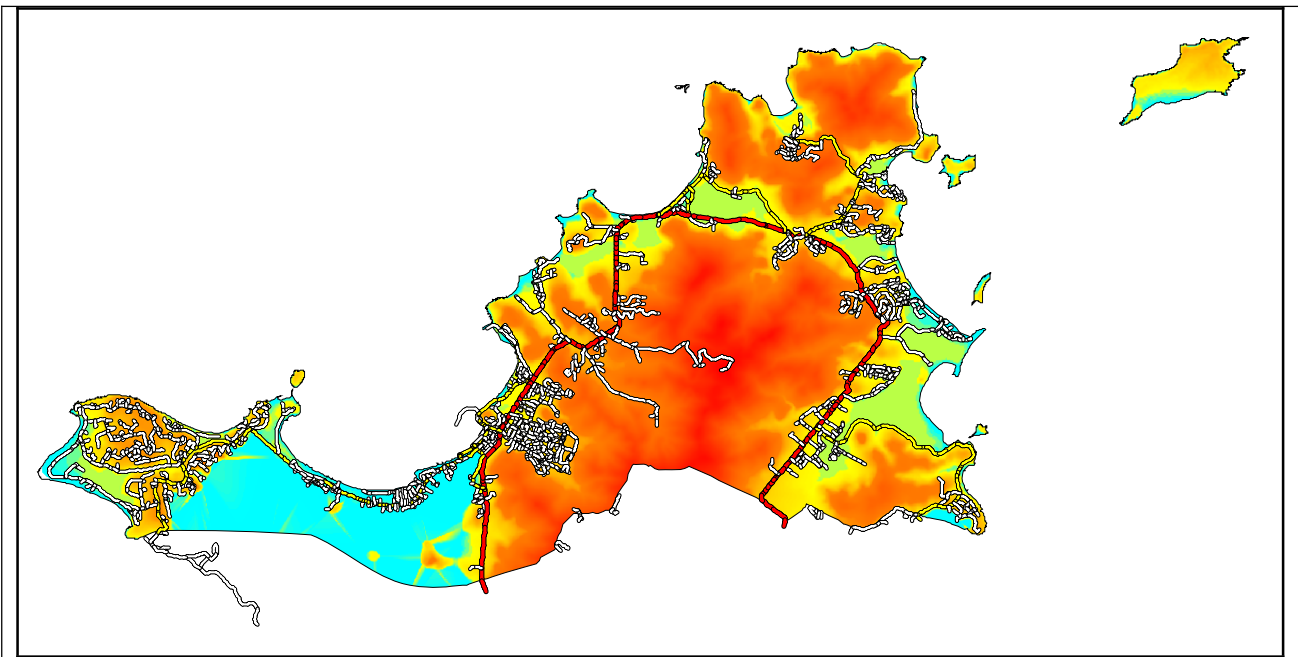


Figure 9 : Réseau routier de Saint-Martin.

Energie : la production électrique

L'île de Saint Martin est fortement handicapée par sa dépendance vis-à-vis de l'extérieur puisque la totalité de la production d'énergie électrique de l'île est encore d'origine fossile, à la fois coûteuse et polluante.

Contrairement à la Guadeloupe continentale où près de 14% de l'électricité sont produits à partir d'énergies renouvelables, l'île de Saint Martin ne compte que quelques chauffe-eau solaires et des panneaux photovoltaïques non connectés au réseau EDF. Compte tenu du vent régulier des alizés particulièrement favorable au développement de l'énergie éolienne, des études sont menées en vue d'implanter des fermes éoliennes à l'horizon 2008. L'île de Saint Martin dispose de 2 fournisseurs d'électricité : EDF en partie française et GEBE en partie hollandaise. Bien que les parties française et hollandaise de l'île soient juxtaposées, il n'existe pas d'interconnexion à proprement parler entre les réseaux électriques. Une seule ligne permet néanmoins d'éventuels échanges en cas de problème technique chez l'un des fournisseurs.

EDF dispose d'une centrale thermique d'une puissance de 38 MWh, mais distribue également de l'électricité produite par la centrale Diesel de 14 MWh d'Energie de Saint Martin filiale de d'EDF Energies Renouvelables.

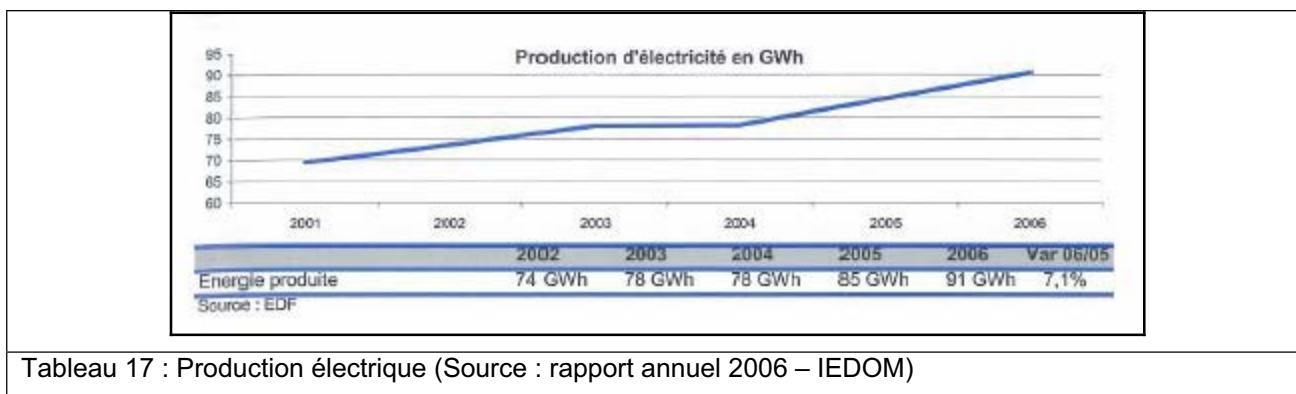


Tableau 17 : Production électrique (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

L'alimentation en eau potable

La Collectivité de Saint-Martin souffre d'un déficit chronique d'eau imputable à une faible pluviométrie et à un manque de ressources naturelles en eau potable (sources et nappes phréatiques). Saint Martin dispose d'une capacité de stockage de 16 300m³ répartis entre quatre unités et d'un potentiel de production de 6000m³ par jour.

Jusqu'en 2006, Saint-Martin disposait d'une usine de dessalement d'eau de mer fonctionnant selon un procédé de distillation et gérée par l'Union Caraïbe de Dessalement d'Eau de Mer. En 2006, un nouvel établissement a été créé (Etablissement des Eaux et de l'Assainissement de Saint-Martin). Parallèlement, une nouvelle usine, produisant de l'eau suivant le procédé de l'osmose inverse, technologie plus récente, plus performante et surtout moins coûteuse, a été construite. Le prix du mètre cube d'eau a ainsi été réduit de 35% pour se fixer à 2.71€/m³.

En 2006, la consommation totale de l'île a diminué de 2.3% pour s'établir à un peu plus d'un million de mètres cube, la consommation moyenne atteignant 87 mètres cube par an et par abonné.

Rendement du réseau					
	2002	2003	2004	2005*	2006
Volume consommé (m ³)	1 073 837	1 104 606	1 051 323	1 052 681	1 028 639
Nombre de clients	9 748	10 180	10 826	11 372	11 813

Source : Générale des eaux Guadeloupe *Données rectifiées

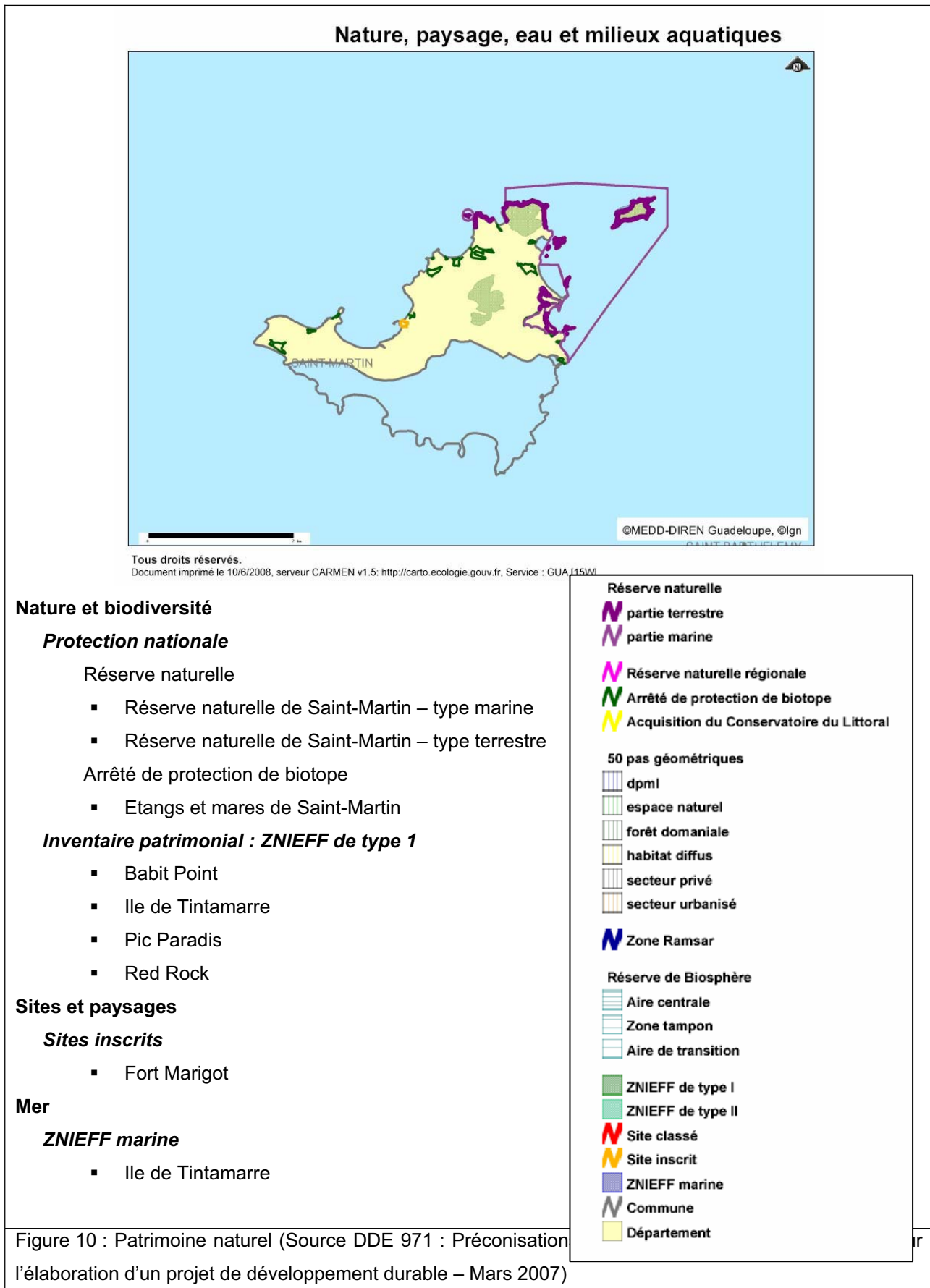
Tableau 18 : Rendement du réseau d'eau de Saint-Martin (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Le traitement des eaux usées

La collectivité de Saint-Martin a la charge de l'assainissement des eaux usées et pluviales ; elle a signé un contrat d'affermage avec la Générale des Eaux. Dans le cadre du Schéma Directeur d'Assainissement (SDA) la priorité a été donnée à la création d'une nouvelle station d'épuration dans le quartier d'Orléans.

Concernant le traitement des eaux usées, le taux de raccordement, représentant le nombre d'équivalent-habitants reliés à une station d'épuration, n'est en effet que de 34% (source DAF) à Saint-Martin contre 48% dans l'ensemble de la Guadeloupe et 73% dans l'hexagone.

5.8 Les enjeux environnementaux



6 PHENOMENES METEOROLOGIQUES

6.1 Généralités

Le cyclone est une perturbation atmosphérique tourbillonnaire des zones tropicales de grande échelle due, entre autre, à une chute importante de pression atmosphérique. La structure générale d'un ouragan est caractérisée par une énorme masse nuageuse organisée en bandes spiralées qui convergent en un anneau compact et étroit entourant lui-même la partie centrale de la perturbation appelée œil. Les vents se dirigent donc vers le minimum de pression au centre, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Nord.

Cyclone est un terme général, en effet le phénomène cyclonique englobe tous les systèmes atmosphériques tropicaux : dépressions tropicales, tempêtes tropicales et ouragans. La plupart des cyclones se forment à partir des ondes tropicales qui circulent d'Est en Ouest sur l'Atlantique, de juin à novembre.

Les conditions à la formation des cyclones sont de plusieurs ordres et doivent se produire simultanément :

- Température de l'océan supérieure à 26°,5 dans les soixante premiers mètres : en effet, les ouragans tirent leur énergie des eaux chaudes des tropiques et de la chaleur latente de la condensation ;
- Instabilité de l'atmosphère et forte humidité, favorisant le développement vertical de cumulonimbus : en effet, si l'air est instable il continue à monter et la perturbation s'intensifie, ce qui ne se produit que si les vents de tous les niveaux de l'atmosphère (du niveau de la mer jusqu'à 10 000m ou plus) soufflent à la même vitesse et dans la même direction. Autrement dit, il doit y avoir peu de cisaillements verticaux du vent, l'énergie du cyclone en formation ne pouvant pas se dissiper ;
- Latitude supérieure à 5°, plus de 500 kilomètres de l'Équateur, car à moins de 500 kilomètres, la force de Coriolis (Figure 11) est trop faible. En effet, c'est cette force (effet produit pas la rotation de la Terre) qui donne au cyclone son mouvement en spirale et qui maintient les basses pressions atmosphériques de la perturbation ;
- Présence d'un centre de hautes pressions dans la haute atmosphère au-dessus de la tempête naissante. L'air de ces centres de hautes pressions s'éloigne du centre, laissant la place à l'air ascendant de la tempête, ce qui « encourage » encore plus le mouvement ascendant. Ce centre de hautes pressions est en quelque sorte « l'échappement » de la tempête.

La force de Coriolis (Figure 11) est l'effet apparent de la rotation de la Terre qui détourne la direction de tout objet ou liquide vers la droite dans l'hémisphère Nord et vers la gauche dans l'hémisphère Sud. C'est la force de Coriolis qui cause le mouvement tournant des cyclones. Sans elle, il n'y aurait pas de cyclones tropicaux.

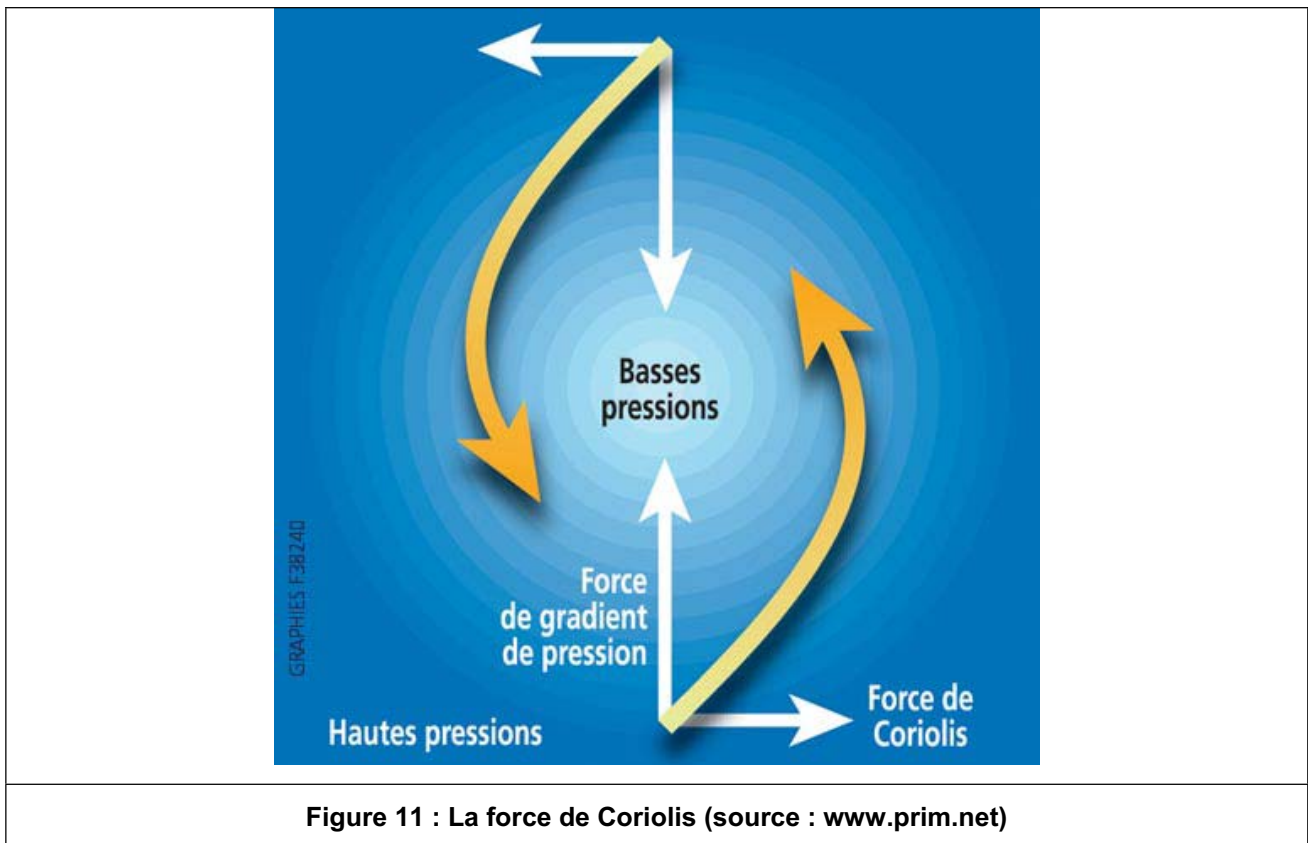


Figure 11 : La force de Coriolis (source : www.prim.net)

Le cyclone (Figure 12, Figure 13) est constitué d'une énorme masse nuageuse organisée en bandes spiralées, convergeant vers la partie centrale, de forme quasi circulaire ayant un rayon compris entre 500 et 1000 km et de plus de 15 km de hauteur. Le rayon de la partie la plus active est de 50 à 250 km.

Au centre (pour les plus gros cyclones) : l'œil du cyclone est d'un diamètre compris généralement entre 20 et 35 km. Il s'agit d'une zone étonnamment calme (peu ou pas de vent). Dans l'œil du cyclone, le ciel est souvent dégagé même si, autour, les nuages continuent à s'amonceler. L'œil n'est pas toujours au centre de la tempête. Il lui arrive de tourner ou de se déplacer dans diverses directions, la tempête continuant sa propre course. Les vagues convergent au-dessous de l'œil, rendant la mer très dangereuse. À l'intérieur, les conditions sont relativement calmes, précipitations nulles, vents faibles. La pression y atteint son minimum. La température augmente sensiblement de la périphérie vers le centre, l'anomalie de température pouvant atteindre 10 à 15°C dans l'œil, au-delà de 7 000 mètres d'altitude, le cyclone est donc une perturbation à cœur chaud

À la périphérie immédiate de l'œil, dans le «mur» des nuages qui l'entoure : la violence des conditions météorologiques est maximale. C'est à cet endroit que se situent les plus fortes précipitations et les vents les plus forts, c'est la zone la plus dangereuse.

Les cyclones tropicaux qui menacent chaque année l'arc antillais entre le mois de juin et le mois de novembre sont des phénomènes météorologiques potentiellement destructeurs et les dangers se caractérisent par :

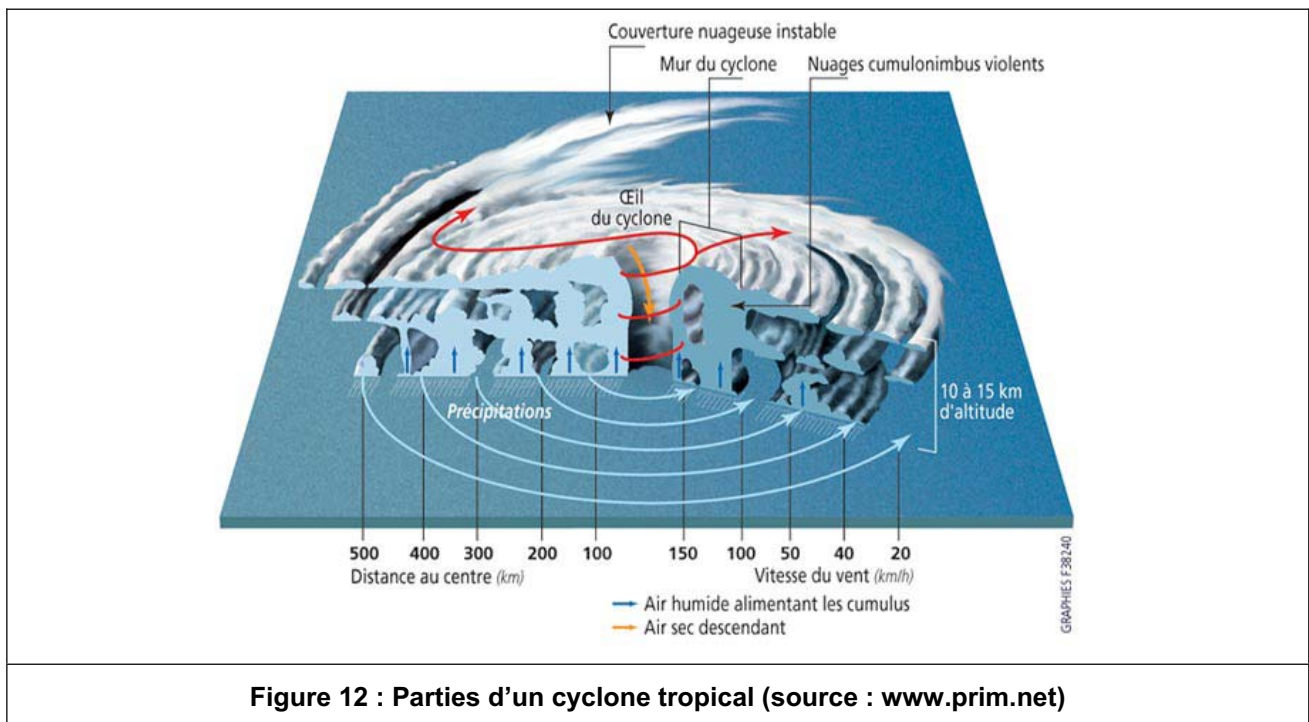
- Des vents très violents (les rafales en périphérie de l'œil, peuvent atteindre jusqu'à 350 km/h), les dommages les plus importants viennent des débris, morceaux de toits, fenêtres, qui sont transportés à une grande vitesse ;

- Des pluies diluviennes, souvent torrentielles, et responsables d'inondations brutales, elles mêmes responsables de glissements et éboulements de terrain ;
- Des houles cycloniques et des marées de tempête qui affectent particulièrement les communes littorales.

A noter que les fortes houles cycloniques sont des phénomènes plus fréquents que les forts vents ou la marée de tempête car pouvant être ressenties à plusieurs centaines de kilomètres de la trajectoire du cyclone.

L'extrême violence de ces manifestations météorologiques peut causer des dégâts considérables et parfois la perte de vies humaines.

En raison de la grande variabilité des directions des vents, il n'existe pas, dans l'état actuel des connaissances, de cartographie des zones plus ou moins exposées à la composante aérienne du phénomène. Ils ne sont pas pris en compte dans les documents cartographiques du PPR.



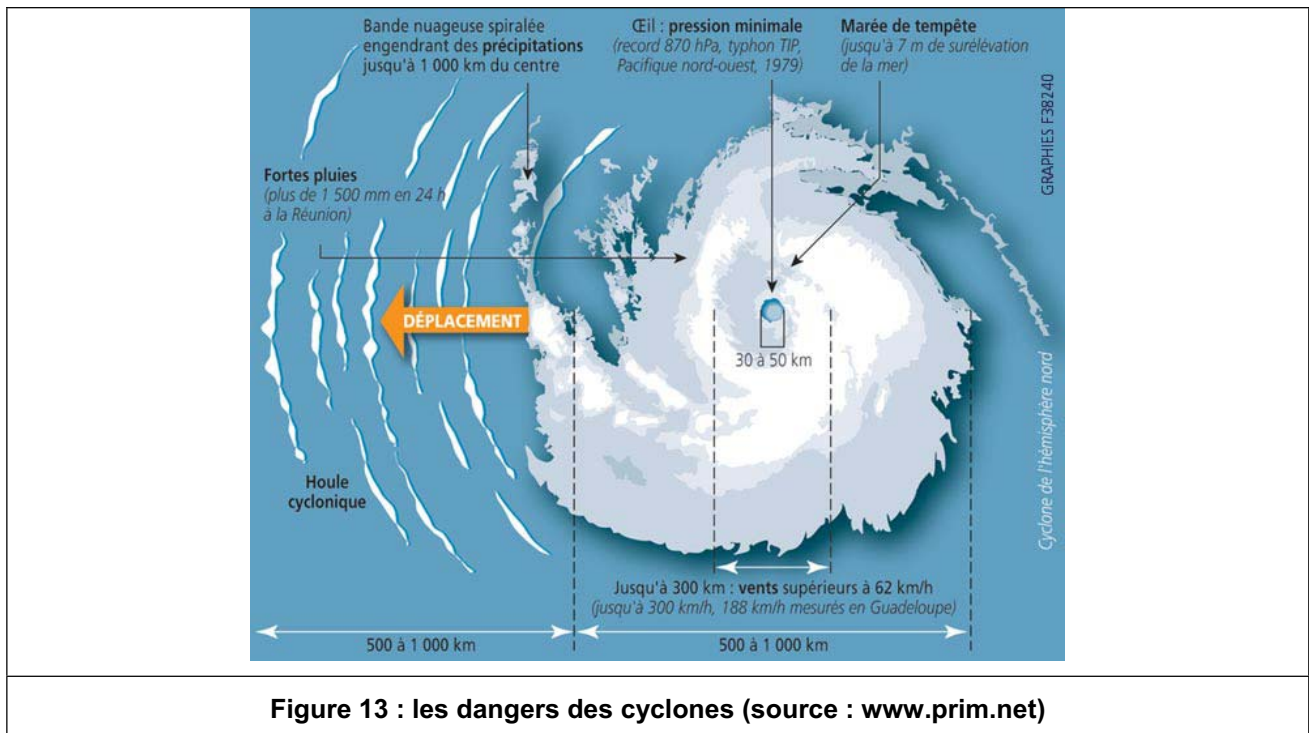


Figure 13 : les dangers des cyclones (source : www.prim.net)

6.2 La classification des cyclones

La force des cyclones est classée sur une échelle allant de 1 à 5, échelle de SAFIR SIMPSON. La classification des cyclones (Tableau 19) dépend essentiellement de leur force, estimée à partir de la vitesse moyenne (sur une minute) du vent maximum. En dessous de cette échelle, on parle de dépression tropicale ou de tempête tropicale selon la vitesse du vent.

Catégorie	Vitesse des vents (km/h)
Dépression tropicale	< 62
Tempête tropicale	62-118
Ouragan cat. 1	118 – 153
Ouragan cat. 2	154 - 177
Ouragan cat. 3	178 - 210
Ouragan cat. 4	211 – 249
Ouragan cat. 5	> 250

Tableau 19 : Classification des cyclones et catégories d'ouragans (échelle de SAFFIR-SIMPSON).

Les cyclones sont détectés très à l'avance. A l'origine, des vents modérés et des masses pluvieuses forment une dépression tropicale. Le phénomène passe au stade de tempête tropicale dès que les vents oscillent entre 63 km/h et 118 km/h. La tempête est alors baptisée d'un prénom, auparavant exclusivement féminin, désormais alternant avec les prénoms masculins à la suite des plaintes des ligues féminines. Au-delà de 118 km/h, c'est un ouragan. Des niveaux d'alertes sont prévus pour prévenir la population qui est

familiarisée avec les consignes régulièrement diffusées à la télé et à la radio. Souvent, il ne s'agit que de simple alerte, par mesure de sûreté, car les cyclones changent fréquemment de trajectoire.

6.3 Phénomènes cycloniques historiques

Les Iles du Nord sont en première ligne lors des passages des événements cycloniques sur la mer des Caraïbes. Ainsi, **depuis 1852**, on comptabilise **25 tempêtes tropicales**, **16 ouragans de catégorie 1 ou 2** et **10 ouragans majeurs** qui sont passés dans un **cercle de 100 km de rayon centré autour des Iles du Nord**, ce qui représente en moyenne :

- 1 phénomène cyclonique (en dehors des dépressions tropicales) tout les 3 ans ;
- 1 ouragan tout les 6 ans ;
- 1 ouragan majeur tout les 14,2 ans.

Le Tableau 20 rassemble ces phénomènes cycloniques depuis qu'ils ont été nommés :

Tempête tropicale		Ouragan de catégories 1 ou 2		Ouragan majeur	
Années	Nom	Années	Nom	Années	Nom
Avant 1950	19 phénomènes	Avant 1950	11 phénomènes	Avant 1950	6 phénomènes
EDNA	1953	ALICE	1954	DOG	1950
HILDA	1955	FAITH	1966	DONNA	1960
CLAUDETTE	1979	BERTHA	1996	LUIS	1995
FREDERIC	1979	JOSE	1999	GEORGES	1998
KLAUS	1990	DEBBY	2000	LENNY	1999
CHRIS	2006				

Tableau 20 : Phénomènes cycloniques passés à moins de 100 km des Iles du Nord

Depuis 1990, l'activité cyclonique a été plus soutenue que la moyenne depuis 1852 avec, en moyenne :

- 1 phénomène cyclonique (en dehors des dépressions tropicales) tout les 2,1 ans ;
- 1 ouragan tout les 2,8 ans ;
- 1 ouragan majeur tout les 8,5 ans.

Parmi ces événements, ceux qui ont le plus laissé de trace sont LUIS (1995, catégorie 4) pour l'état de la mer et le vent et, en 1999, à un mois d'intervalle, JOSE et LENNY (respectivement de catégorie 1 et 4) en ce qui concerne les précipitations.

LUIS restera longtemps dans le mémoire pour les dégâts qu'il a occasionné sur les côtes de Saint Martin et de Saint Barthélemy. Les creux des vagues ont largement dépassé les 10 m et certains témoins parlent d'une surcote de l'ordre de 2 m.

A Saint Barthélemy, pratiquement l'ensemble des zones basses exposées à la houle a été dévasté.

Des maisons ont été détruites par le choc des vagues, certaines ont basculé à la suite d'un retrait important des terres dû à l'érosion subite provoquée par le déferlement des vagues sur le littoral. Le port de commerce de l'Anse Public a été détruit. Beaucoup de bateaux se sont échoués et certains ont été retrouvés au fond de la Rade de Gustavia.

A Saint martin, les témoignages sont plus rares mais les dégâts ont dû être similaires **le front de mer de Grand-Case** ayant été dévasté. La surcote importante est marquée par la présence de bateaux de gros gabarit sur les plages.

Concernant la pluviométrie, l'année 1999 est celle de tous les records.

Tout d'abord le passage de **JOSE** en octobre engendre des précipitations jamais vues sur les Iles du Nord. **A Saint Barthélemy**, la station météorologique de Gustavia a relevé **298 mm dans la journée du 21** et 384 mm pour les journées du 20 et 21 réunies, 86 mm étant tombés dans la nuit du 20 au 21 lors du passage du centre cyclonique. Le **total de l'épisode (60 heures) est de 420 mm.**

A Saint Martin, c'est le même constat. Une des stations de Marigot (DDE) a relevé 217 mm dans la journée du 21, ce qui donne **340 mm** depuis le 20 au soir en un peu plus de 36 heures, et **498 mm en 48 heures** (entre 18h00 le 20 et 18h00 le 22).

Un mois plus tard, le cyclone **LENNY** de catégorie 4 vient attaquer les Iles du Nord par l'Ouest. Outre l'état déchaîné de la mer provoquant d'importants dégâts, ce sont les précipitations qui sont les plus marquantes et battent les records déjà établis par JOSE.

A Saint Barthélemy (Lorient), il tombera **393 mm** pour les journées du 17 et 18 novembre réunies.

A Saint Martin, il tombera à Marigot (Gendarmerie) 384 mm le 17 novembre et 482 mm le 18 novembre, soit un **total sur deux jours de 866 mm !**

Les conséquences de ces deux événements pluvieux extrêmes sont désastreuses. L'ensemble des zones basses s'est retrouvé submergé et des crues torrentielles ont envahi les axes d'écoulement.

A Saint Barthélemy, la Grande Saline est restée sous les eaux pendant 10 jours, le temps que l'ouvrage de faible gabarit permette la vidange. Les différentes anses habitées ont été touchés par les inondations : le comblement et l'urbanisation des étangs a entraîné la création de cuvette habitée récoltant l'ensemble des ruissellements des versant riverains.

A Saint Martin, outre la montée des eaux dans les étangs et parfois l'inondation des zones urbaines riveraines, le tracé artificiel et le faible gabarit des ravines traversant les zones urbaines ont aggravé les inondations. Cela est notamment le cas à Concordia, où une crue torrentielle a traversé la zone urbaine avec des hauteurs d'eau atteignant 2 m, et au Quartier d'Orléans, où toute la zone située en amont de l'Etang aux Poissons a été inondée par la ravine du Quartier et la ravine Paradis.

Les informations localisables figurent dans la carte informative des phénomènes météorologiques sur les planche hors texte décrivant la carte informative des phénomènes météorologiques de la collectivité..

7 PHENOMENES GEOLOGIQUES

7.1 Phénomènes volcaniques

L'ossature géologique résulte d'épisodes volcaniques sous-marins et de dépôts calcaires intercalés anciens, qui se seraient déroulés entre -39 et -43 millions d'années. Une phase d'activité phréatomagmatique plus récente et moins profonde, se serait déroulée à l'Eocène supérieur ou à l'Oligocène inférieur. Aucun phénomène volcanique actif ne concerne les îles du Nord actuellement. Grâce à leur position septentrionale par rapport aux volcans actifs régionaux, le territoire est peu exposé. Seules des retombées limitées de cendres volcaniques sont signalées comme possibles. Il n'y a donc pas lieu de cartographier plus spécifiquement cet aléa.

7.2 Tremblement de terre

Les habitants des Petites Antilles ressentent régulièrement des tremblements de terre de faible intensité. Les séismes destructeurs, fort heureusement moins nombreux, appartiennent toutefois à l'histoire récente des îles. Les conséquences (1 victime, de nombreuses destructions et des mouvements de terrain sur l'archipel des Saintes, à Marie-Galante et sur la Basse-Terre) du séisme du **21 novembre 2004** (magnitude 6,3) ou celles du séisme du 29 Novembre 2007 (magnitude 7,3) qui a affecté la Martinique, sont considérées comme des avertissements, rappelant la réalité des tremblements de terre et leurs effets destructeurs. Mais le séisme du **8 février 1843** est de loin le plus destructeur connu (plus de 1 500 morts, Figure 14). De magnitude estimée entre 7,5 et 8, il était situé entre Antigua et la Guadeloupe, et fut ressenti avec une intensité VI à Saint-Barthélémy et V à Saint-Martin.



Figure 14 Images des destructions liées au séisme de 1843 et de l'incendie qui s'est déclaré peu de temps après le séisme à Pointe-à-Pitre (Guadeloupe)

La distribution de la sismicité, historique et instrumentale, est représentée à l'échelle de l'arc antillais, en fonction de la magnitude et de la profondeur des événements (Figure 15), et à l'échelle de la partie Nord de l'arc des Petites Antilles (Figure 16). Une coupe de la subduction à la latitude des îles du Nord est présentée sur cette figure. La projection des foyers des séismes sur la coupe, traduit l'approfondissement de l'activité sismique suivant le plan de la subduction de la lithosphère Atlantique sous la plaque des Caraïbes. Le contexte sismotectonique conduit à différencier l'activité sismique liée :

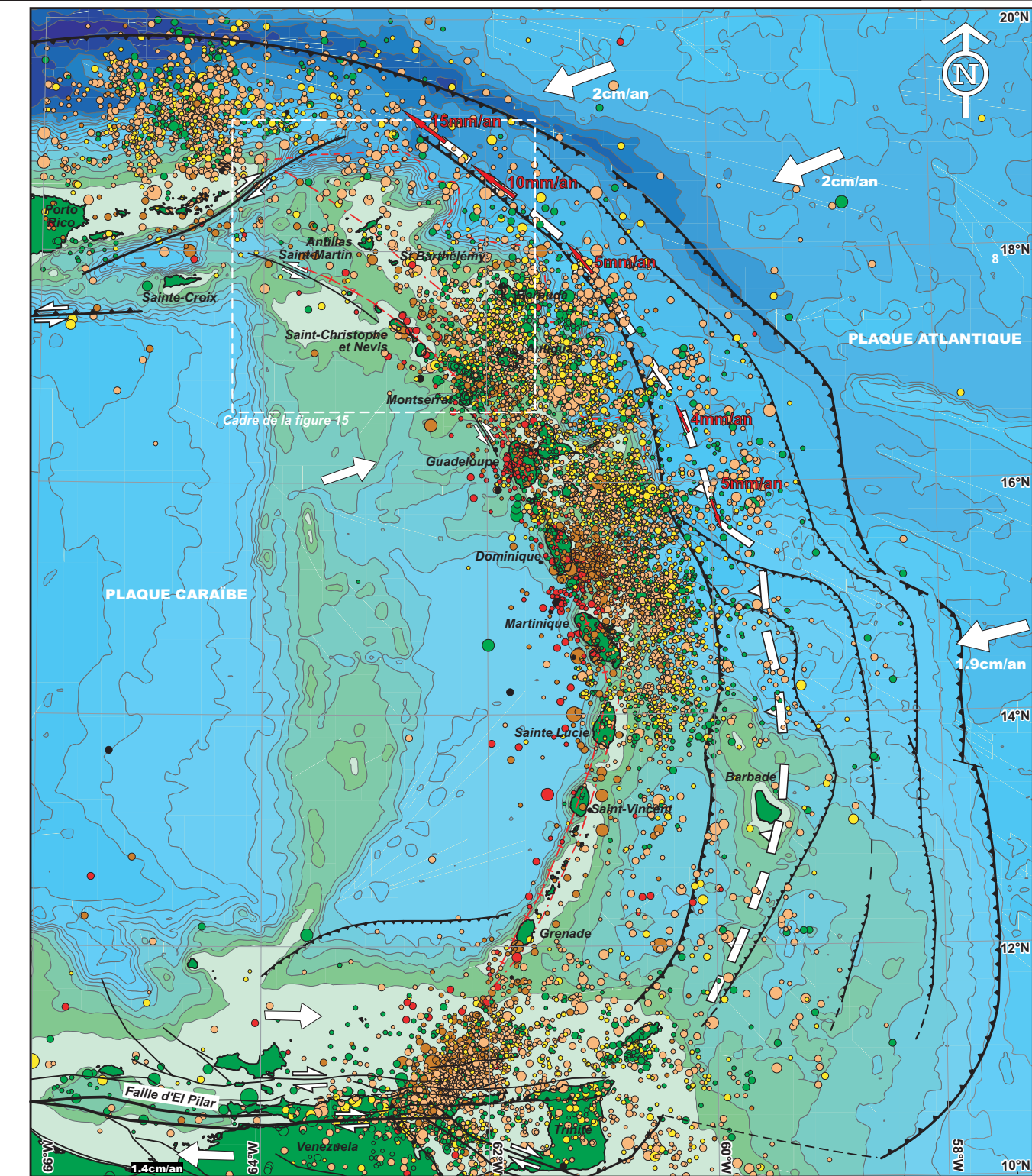
- Aux déformations interplaques localisées dans la zone de couplage entre les deux plaques, capables de générer de forts séismes à des profondeurs intermédiaires (comme celui de 1843) ;
- Aux déformations intraplaque subductée (« intraslab »), localisées dans la plaque plongeante à plus grande profondeur (~60-200 km) ;
- Et enfin aux déformations de la plaque des Caraïbes, en domaine d'avant-arc et d'arc volcanique, capable de générer des séismes de magnitude parfois importante à de faibles profondeurs (cas par exemple du séisme des Saintes du 21 novembre 2004, magnitude 6.3 ou celui de 29 avril 1897, magnitude 5.5 à 6.0 dont l'épicentre est situé au Sud de Pointe-à-Pitre).

Ainsi, les sources qui peuvent être à l'origine de dommages sont respectivement :

- Des sources locales, de magnitude modérée (jusqu'à 5 à 6,5), localisées à faible profondeur, dans la plaque Caraïbes, et associées à des failles crustales.
- Des sources sismiques plus lointaines en distance focale, qui peuvent atteindre des magnitudes plus fortes (jusqu'à 7 à 8), associées aux mécanismes de la subduction de la plaque Atlantique, sous la plaque Caraïbes.

Ainsi, le séisme du 21 novembre 2004, conséquence de la rupture de l'une des failles du système des Saintes, correspondant à une source locale de magnitude 6,3 (Mw). Le tremblement de terre du 8 février 1843 (magnitude estimée entre 7,5 et 8, profondeur estimée à 50 km) correspond à un séisme de subduction dont le foyer est situé dans la zone de couplage interplaques. Enfin, on peut signaler le récent séisme du 29 Novembre 2007 dont l'épicentre est localisé à 25 km au Nord de la Martinique (magnitude 7.3, 172 km de profondeur), qui a les caractéristiques d'un séisme de subduction très profond et donc moins dommageable en surface.

D'après le catalogue de sismicité compilé à partir de différentes sources (IPGP, SISFRANCE, ISC), quelques séismes superficiels se sont produits à proximité des îles de Saint Martin et Saint Barthélémy. En particulier, il faut signaler le séisme du 21 avril 1994 qui s'est produit à une profondeur de 27 km avec une magnitude 5.1. La localisation de l'IPGP donne une position épiscopentrale à 12 km à l'Est de Saint Barthélémy et à 40 km de Saint Martin. Quelques épicentres de séismes sont situés à proximité de Saint Martin, mais ces séismes présentent de faibles magnitudes (3 à 3,6). Il s'agit de séismes de profondeur comprise entre 8 et 29. Le plus important s'est produit le 28 novembre 1987 avec une magnitude 3,6 et une profondeur de 29 km. L'épicentre est situé à 6 km au Sud de l'île.



0 200 400 km

STRUCTURES GEODYNAMIQUES MAJEURES

- Tracé d'écaillage supposé de la croûte océanique
- Axe d'anomalie négative de gravité : tracé de subduction en profondeur marquant le contact avec la plaque Caraïbe
- Chevauchement plat
- Chevauchement secondaire
- Axe / arc actuel interne actif (-5/6 à 0 Ma)
- Axe / arc externe
- Direction et taux de déplacement des plaques
1.4cm/an

SISMICITE
(catalogue GEOTER, 2006)

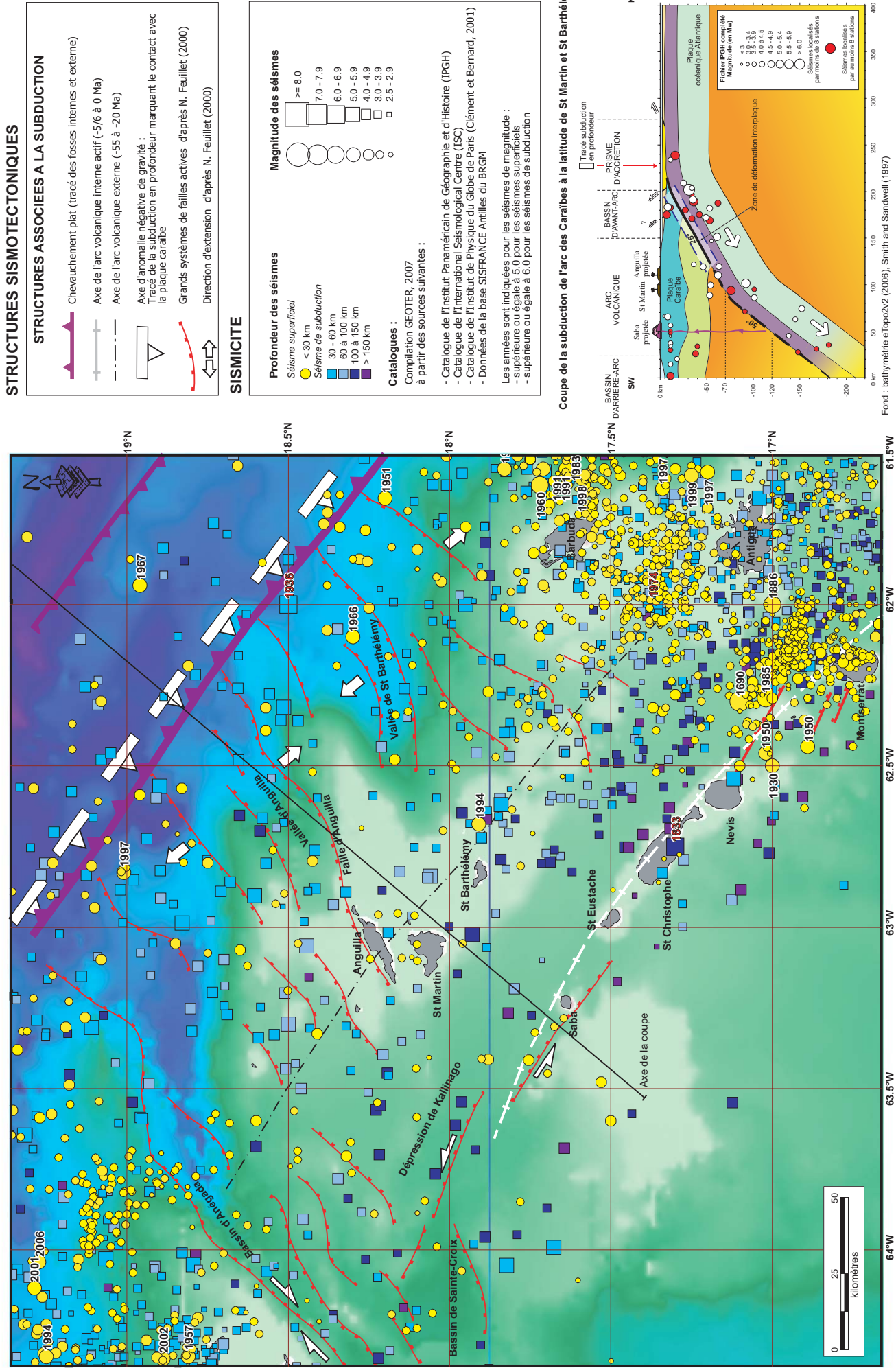
- | Magnitude | Profondeur des séismes (km) |
|-----------|-----------------------------|
| ● 8 - 9 | ■ > 200 |
| ● 7 - 8 | ■ 150 - 200 |
| ● 6 - 7 | ■ 100 - 150 |
| ● 5 - 6 | ■ 30 - 100 |
| ● 4 - 5 | ■ 15 - 30 |
| ● 3 - 4 | ■ < 15 |

BATHYMETRIE
ETopo 2, Smith and Sandwell (1997)

- | | |
|-----------------|-----------------|
| ■ -8500 à -8000 | ■ -4000 à -3500 |
| ■ -8000 à -7500 | ■ -3500 à -3000 |
| ■ -7500 à -7000 | ■ -3000 à -2500 |
| ■ -7000 à -6500 | ■ -2500 à -2000 |
| ■ -6500 à -6000 | ■ -2000 à -1500 |
| ■ -6000 à -5500 | ■ -1500 à -1000 |
| ■ -5500 à -5000 | ■ -1000 à -500 |
| ■ -5000 à -4500 | ■ -500 à 0 |
| ■ -4500 à -4000 | |

Activité sismique superficielle et profonde de la partie Nord de l'arc des Petites Antilles

FIGURE : 16



La base de données SISFRANCE-Antilles³ permet d'apprécier les effets des plus forts séismes connus sur la période historique. On reporte Tableau 21, les séismes responsables d'une intensité macrosismique supérieure ou égale à IV sur le territoire de la collectivité. Ce degré correspond à une secousse assez largement ressentie, sans frayeur pour la population, et avec le réveil de quelques dormeurs.

Date	Localisation épicentrale	Région épicentrale	Intensité épicentrale	Intensité (Encart 3) rapportée à Saint-Martin
9 Septembre 1848	Saint-Eustatius	Saint-Eustatius	VII-VIII	VI-VII
18 Novembre 1867	Iles vierges (Saint-Thomas)	Saint-Thomas	VIII-IX	VI
29 Mai 1966	Guadeloupe (Saint-Martin)	Guadeloupe	V	VI
27 Septembre 1951	Guadeloupe (Saint-Martin)	Guadeloupe	V	V
26 Septembre 1848	Saint-Martin	Guadeloupe	V	V
8 Février 1843	Nord-Est Guadeloupe	Guadeloupe	IX-X	V
7 Mars 2004	Nord-Ouest Saint-Martin	Saint-Martin	V	IV
4 Septembre 1988	Guadeloupe (Saint-Martin et Saint-Barthélemy)	Guadeloupe		IV
13 Avril 1985	Guadeloupe (Saint-Martin et Saint-Barthélemy)	Guadeloupe		IV
16 Mars 1985	Guadeloupe	Guadeloupe	VI	IV
17 Octobre 1974	Antigua	Antigua		IV
29 Septembre 1970	Guadeloupe (Saint-Martin et Saint-Barthélemy)	Guadeloupe	IV	IV
2 Décembre 1969	Guadeloupe (Saint-Martin et Saint-Barthélemy)	Guadeloupe	IV	IV
3 Novembre 1963	Guadeloupe (Saint-Martin)	Guadeloupe	IV	IV
21 Juillet 1955	Guadeloupe (Saint-Martin et Saint-Barthélemy)	Guadeloupe	IV	IV

³ <http://www.sisfrance.net/antilles/>

30 Mai 1955	Guadeloupe (Saint-Martin et Saint-Barthélemy)	Guadeloupe	IV	IV
28 Avril 1955	Guadeloupe (Saint-Martin et Saint-Barthélemy)	Guadeloupe	IV	IV
11 Octobre 1918	Porto-Rico (Déroit de Mona)	Porto-Rico	IX	IV

Tableau 21 : Effets macrosismiques d'intensité supérieure ou égale à 4, rapportés historiquement à Saint-Martin (d'après Sis-France-Antilles).

A Saint-Martin, si des secousses sont assez souvent ressenties par la population, les informations historiques disponibles sur les trois derniers siècles révèlent que l'intensité macrosismique n'a jamais excédé VI-VII. Ce degré est intermédiaire entre le degré VI (apparition de dommages légers comme parfois des fissures dans les murs, et la frayeur de nombreuses personnes) et le degré VII (dommages prononcés tels que larges lézardes dans les murs de nombreuses habitations).

Vis à vis des effets ressentis sur une période d'un peu plus de trois siècles, il convient de remarquer que les îles du Nord ont été beaucoup moins affectées que les communes de Guadeloupe ou de Martinique.

En effet, aucune intensité supérieure ou égale à VII, significative des premiers dommages aux constructions n'a été rapportée dans les écrits. Cela est à mettre en parallèle avec les évaluations spécifiques de l'aléa sismique réalisées par GEOTER lors de l'élaboration du zonage probabiliste sous-tendant l'application de l'Eurocode 8, pour lequel les niveaux d'accélération, à période de retour équivalente, étaient nettement moins forts pour les îles du Nord de Saint-Martin et Saint-Barthélemy.

7.2.1 Faille capable d'engendrer une rupture de surface co-sismique

Une faille active est définie comme une fracture dans l'écorce terrestre, le long de laquelle, des déplacements peuvent se produire. Ces brusques mouvements relatifs, de part et d'autre du plan de faille, sont généralement associés à un ébranlement du sol : le séisme. En profondeur, le tremblement de terre libère l'énergie tectonique sous la forme d'ondes sismiques. Dans le cas de séismes peu profonds et de magnitude importante, le déplacement le long du plan de faille peut atteindre la surface et provoquer une rupture du sol. Il s'agit dans ce cas d'une faille active capable d'engendrer une rupture co-sismique en surface. Ce déplacement irréversible, vertical (normal ou inverse), oblique (mouvement composite) ou horizontal (décrochement), peut s'avérer inadmissible pour la stabilité des ouvrages construits au droit de la faille et provoquer des dommages.

Dans l'état actuel des connaissances et des investigations menées, il n'est pas répertorié d'exemple de faille ayant produit des ruptures de surface co-sismiques. En outre, il n'y a jamais eu non plus de témoignage de secousses historiques locales de forte intensité durant les trois derniers siècles ou de séismes instrumentaux significatifs enregistrés durant les trente dernières années. La sismicité superficielle

(0-15 km) de la zone sismotectonique à laquelle sont rattachées les îles de Saint Martin et Saint Barthélemy est faible, tant par les magnitudes (< 5.5) que par la fréquence des secousses. De fait, sur la période historique, qui ne remonte toutefois pas au-delà du XVI^{ème} siècle, aucun séisme superficiel local n'aurait pu produire de rupture de surface.

La prise en compte des failles actives s'appuie sur les recommandations formulées par le groupe de travail « failles actives avec rupture de surface » de l'Association Française de Génie Parasismique [AFPS], et sur l'expérience acquise par GEOTER en Guadeloupe et en Martinique à l'occasion de plusieurs études appliquées sur cette thématique. GEOTER a en particulier contribué avec le BRGM à la réalisation d'une étude intitulée « Failles actives et évaluation de l'aléa sismique : prise en compte des failles actives dans l'aménagement du territoire aux Antilles (Martinique et Guadeloupe) », réalisée en 2001 pour le compte du MEDD (Terrier *et al.*, 2002⁴). Les résultats de cette étude ont été discutés avec le groupe de travail de l'AFPS. Néanmoins, cette étude ne couvrait pas le territoire des îles du Nord.

Les critères retenus par le groupe de travail « failles actives » de l'AFPS pour justifier la prise en compte de la potentialité de rupture en surface des failles actives à l'échelle de la durée de vie des ouvrages courants sont :

- Les failles dont l'existence est prouvée avec une extension d'au moins 5 à 10 km, à partir de laquelle il est considéré qu'elles peuvent produire un séisme suffisamment fort ($M > 5.5$) pour engendrer une rupture de surface ;
- La possibilité d'occurrence dans la zone sismotectonique considérée, de séismes superficiels (autour de 5 km de profondeur) avec des magnitudes supérieures à 5.0-5.5.
- L'existence d'indices de déformations tectoniques récentes (quaternaire) sur les failles révélant une certaine activité dans les derniers millions d'années.

Dans la zone sismotectonique des îles du Nord du zonage probabiliste des Antilles (Martin *et al.*, 2002), la magnitude maximale historique observée est de 5.3, soit une magnitude voisine du seuil de 5.0-5.5 défini par le groupe de travail de l'AFPS, comme seuil à partir duquel des ruptures de surface peuvent survenir dans le cas de séismes très superficiels.

Identification des grands systèmes de failles actives dans la zone sismotectonique des îles du Nord

Les îles du Nord appartiennent au domaine de l'arc volcanique externe inactif de la partie septentrionale de l'arc des Petites Antilles. Comme l'atteste l'activité sismique superficielle qui se produit dans cette partie de la croûte océanique des caraïbes, ce domaine est affecté par des failles et des systèmes de failles actives dont certaines sont susceptibles de recouper les îles de l'archipel de la Guadeloupe. C'est le cas par exemple des failles du graben de Marie-Galante qui s'étendent principalement en mer, mais se prolonge

⁴ TERRIER M., COMBES P. (2002). Failles actives et évaluation de l'aléa sismique : Prise en compte des failles actives dans l'aménagement du territoire aux Antilles (Martinique et Guadeloupe) Partie 1 : Identification des systèmes de failles actives dans l'archipel de la Guadeloupe et l'île de la Martinique. *Rapport BRGM 51258*.

aussi à terre (failles de Gosier et de Morne Piton). Les différentes études réalisées sur ces failles (e.g. travaux de N. Feuillet, 2000 et de GEOTER, 2001-2007) ont démontré l'activité récente de ces failles.

Dans la partie Nord de l'arc des Petites Antilles, les travaux universitaires de N. Feuillet (2000) ont permis de mieux comprendre l'activité sismotectonique de cette région, en relation avec le fonctionnement de la subduction océanique. Ils ont notamment contribué à une meilleure cartographie des systèmes de failles actives en domaine marin, grâce à l'exploitation des données de sismicité du réseau régional de l'IPGP et surtout grâce aux données bathymétriques de la campagne AGUADOMAR (1998-1999). Ces données de très bonne qualité ont permis de cartographier assez précisément les escarpements de faille sous-marins. Malheureusement, la couverture bathymétrique de cette campagne n'a dépassé que de peu vers le Nord l'île d'Antigua et n'a donc pas couvert le domaine des îles du Nord. Les données des campagnes antérieures, de moins bonne résolutions (SEACARIB, 1985) et la bathymétrie Smith & Sandwell (1997) ont donc été utilisées par N. Feuillet pour tenter de caractériser les systèmes de failles actives de l'extrémité Nord de l'arc.

L'analyse de ces données bathymétrique montre que la bordure Nord-Est de la plaque Caraïbe est, depuis la Guadeloupe jusqu'au passage d'Anegada, entaillée de vallées profondes (vallées d'Anegada, d'Anguilla et de Saint Barthélémy en particulier, de direction moyenne NE-SW à Est-Ouest (Figure 16). La morphologie de ces vallées apparaît similaire à celles des vallées de la Désirade, de Willoughby et d'Antigua.

Au Sud des îles Vierges, la bathymétrie révèle en outre la présence de plusieurs bassins (bassins des Îles Vierges et de Sainte Croix) orientés Est-Ouest à ENE-WSW. Le bassin des îles Vierges, le plus profond (4500 m) se prolonge vers le NE au niveau du bassin d'Anegada. D'après N. Feuillet (2000), les similitudes morphologiques des vallées d'Anegada, d'Anguilla et de Saint Barthélémy avec celles situées plus au Sud suggère que ces vallées sont, elles aussi, limitées par des failles normales dont les escarpements pourraient atteindre plusieurs kilomètres de haut.

Au Sud-Est du bassin de Sainte Croix et à l'Ouest des îles de Saint Martin et Saint Barthélémy, la dépression de Kallinago est coupée par un système de failles à composante normale orientées WNW-ESE, disposées en échelon senestre (Jany *et al.*, 1990⁵). L'orientation et la géométrie de ce système de failles apparaît comparable à celles des segments de failles constituant plus au Sud le système de Bouillante-Montserrat-Redonda.

L'ensemble de ces observations et les résultats acquis dans l'archipel de la Guadeloupe ont conduit N. Feuillet à proposer un modèle de déformation active pour cette partie de l'arc des Petites Antilles. Dans ce modèle, les failles NE-SW en bordure de plaque Caraïbe résultent d'une tectonique extensive parallèle à la fosse de la subduction. Elles permettent d'accommoder la composante extensive en terminaison orientale du grand système de décrochement senestre parallèle à la fosse (développement de type « queue de cheval »), dont le mouvement décrochant s'amplifie du Sud-Est au Nord-Ouest-Ouest de 4 à 19 mm/an en raison de la diminution d'obliquité entre la direction de convergence des plaques Atlantique et Caraïbe et la direction de la fosse (Feuillet, 2000) (cf. Figure 15).

⁵ JANY I., SCANLON M., MAUFFRET A. (1990). Geological interpretation of combined Seabeam Gloria and seismic data from Anegada Passage (Virgin Islands, North Caribbean). *Marine Geophysical Researches*, 12, p. 173-196.

La cartographie des grands systèmes de failles identifiées par N. Feuillet (2000) a été reportée sur la carte de la sismicité de la partie Nord de l'arc des Petites Antilles (Figure 16). La figure montre clairement que les îles de Saint Martin et de Saint Barthélémy sont relativement éloignées des grands systèmes de failles précédemment décrits (notamment les systèmes de failles d'Anguilla et de Saint Barthélémy). Néanmoins, il convient de rappeler que les données bathymétriques utilisées dans ce secteur ont une résolution bien moindre que celle des données exploitées au niveau de l'archipel de la Guadeloupe. Il n'est pas exclu que des failles moins importantes, puisse exister à proximité de ces îles.

Identification des failles et systèmes de failles

La structure générale de l'île de Saint Martin, se présente comme une série monoclinale de formations volcaniques et sédimentaires d'âge Eocène à pendage régional dirigé vers le Sud, recoupée par un complexe plutonique oligocène. L'île est frangée au Nord-Est et à l'Ouest par des calcaires miocènes discordants (Dagain *et al.*, 1989⁶). D'après la carte géologique, deux grandes familles d'accidents recoupent les terrains paléocènes. La direction N20-40° est celle empruntée par les structures volcaniques oligocènes (dykes et plutons). La faille principale, segmentée en deux parties, recoupe l'île du Sud (baie de Kay) au Nord (Anse Marcel). Sa longueur totale à terre est d'une dizaine de kilomètres. Les autres failles NE-SW ont des longueurs à terre inférieures à 5 km. La deuxième famille de failles a jouée en phase terminale de refroidissement de l'intrusif. Un accident Est-Ouest principal recoupe l'île d'Ouest (Grand Etang de Simsonbaal) en Est (Baie de l'Embouchure) avec une longueur connue d'environ 8 km. Des failles sont également observées dans les séries miocènes affleurant dans la péninsule occidentale (Terres Basses). Les plus représentatives ont une orientation NE-SW et individualisent vers le centre de la péninsule, le petit graben de Cupecoy (synclinal faillé). Les longueurs connues de ces failles sont de 1 à 2 km.

Ces différentes failles ou systèmes de failles n'affectent pas de formations plus récentes que le Miocène.

En conclusion, il apparaît :

- Qu'aucun rapport ou publication ne fait état de déformation de surface de terrains récents, imputables à une propagation de rupture cosismique jusqu'en surface du sol ;
- Qu' aucune faille n'est réputée avoir affecté de dépôts d'âge quaternaire et aucun indice de ce type n'a été identifié sur le terrain ;
- Les failles de Saint Martin ne sont pas associées à une activité sismique significative ;
- L'île est relativement éloignée des grands systèmes de failles actives qui affectent ce domaine de la plaque Caraïbe.

⁶ DAGAIN J., ANDREIEFF P., WESTERCAMP D., BOUYASSE P., GARRABE F. (1989). Carte géologique à 1 :50 000 de Saint Martin et notice explicative. BRGM.

7.2.2 Liquéfaction des sols

Les traces de liquéfaction que l'on observe parfois lors de séismes de forte magnitude, s'estompent le plus souvent assez rapidement après un tremblement de terre. La recherche de tels événements est par conséquent plus probante dans les écrits que sur le terrain. SAINTE-CLAIRE DEVILLE (1843) rapporte ainsi des observations précises de liquéfaction lors du séisme majeur du 8 février 1843. Elles concernent essentiellement les îles de Guadeloupe et les dépendances proches.

A Saint-Martin, si certaines formations présentent bien des critères de sols liquéfiables, aucun phénomène de liquéfaction n'a été relaté dans les écrits de 1843 ni dans la documentation disponible sur les trois derniers siècles. Ceci tient vraisemblablement dans les faibles niveaux de sollicitation sismique qu'ont eu à subir les îles du Nord sur cette même période. Rappelons en effet qu'historiquement, l'intensité la plus forte ressentie, correspond au degré VI de l'échelle macrosismique MSK à Saint-Barthélémy et VI-VII à Saint-Martin, soit à des niveaux de secousses trop faibles pour déclencher un phénomène de liquéfaction.

Cela ne signifie pas pour autant qu'il ne faille pas considérer cet aléa, les sols présentant, en particulier le long des cordons sableux des critères de sols susceptibles à la liquéfaction.

D'autre part il convient de considérer cet aléa, d'après le critère empirique magnitude – distance (AMBRASEYS, 1988), qui précise que de la liquéfaction a pu être observée par le passé jusqu'à une distance épacentrale de :

- 20 à 50 km pour un séisme de magnitude 6,0 à 6,5 ;
- 200 à 350 km pour un séisme de magnitude 7,5 à 8.0.

Ces types de séismes ne sont pas exclus dans l'environnement sismotectonique de l'île.

7.3 Phénomènes de mouvements de terrain

Différentes sources d'informations et l'observation de terrain ont permis le recensement de plus de 220 phénomènes ou indices de mouvements de terrain dans les îles du Nord.

A Saint-Martin, nos différents interlocuteurs (Tableau 1, Tableau 2), nous ont signalés peu de secteurs :

- Le secteur de Milrum au pied du Mont O'Reilly, fortement affecté par des coulées lors de l'épisode cyclonique Lenny en 1999 ;
- Ces mêmes pentes derrière la pharmacie de Grand Case ;
- Les chaos de Red Rock et Pigeon Pea.

Plusieurs maisons ont été affectées par des coulées lors de l'épisode cyclonique Lenny de 1999.

La **base de données nationale sur les mouvements de terrain** (BDMvt, www.bdmvt.net) n'est pas à jour pour les îles du Nord et ne fournit pas d'information pertinente.

La **carte géologique** mentionne plusieurs éboulis de pente. Il n'est pas toujours possible de distinguer des dépôts gravitaires liés à des instabilités ou des formations probablement d'origine volcanique. Cette

information est parfois représentée sur la carte informative. Par ailleurs, d'autres dépôts de pentes observables sur le terrain n'ont pas toujours été cartographiés sur la carte géologique.

A notre connaissance aucun événement historique n'est signalé dans les archives, notamment lors du séisme 8 février 1843 (SAINTE-CLAIRE DEVILLE, 1843 ; BERNARD et LAMBERT, 1985).

Les falaises constituent naturellement des zones où les éboulements sont fortement probables, leur démantèlement relevant de phénomènes d'instabilités et/ou d'érosion. Localisées dans des zones non vouées à l'urbanisation, elles ne sont pas cartographiées.

L'**enquête de terrain** reste l'information la plus probante. Elle permet dans les endroits indiqués de préciser les conditions d'apparition des phénomènes. Dans d'autres secteurs, l'observation a mis en évidence des phénomènes probants et notamment :

- De nombreux éboulements coulées ou chutes de gros blocs ;
- Des blocs éboulés ou mobilisables, en particulier sous sollicitation dynamique ou sous fort épisode pluvieux.

La **photo interprétation** (exploitation de la BD ORTHO et du modèle numérique de terrain) a permis l'identification supplémentaire de morphologies suspectes. Il s'agit d'événements ayant une ampleur suffisante, pour être repérés grâce à la photographie aérienne.

Chronologiquement, des phénomènes ont été déclenchés par les épisodes cycloniques récents. D'autres, liés à des événements antérieurs sont repérables bien que la végétation ait repris ses droits. La date des autres phénomènes n'est cependant pas identifiable : relativement récurrents ou cumul à l'échelle géologique ?

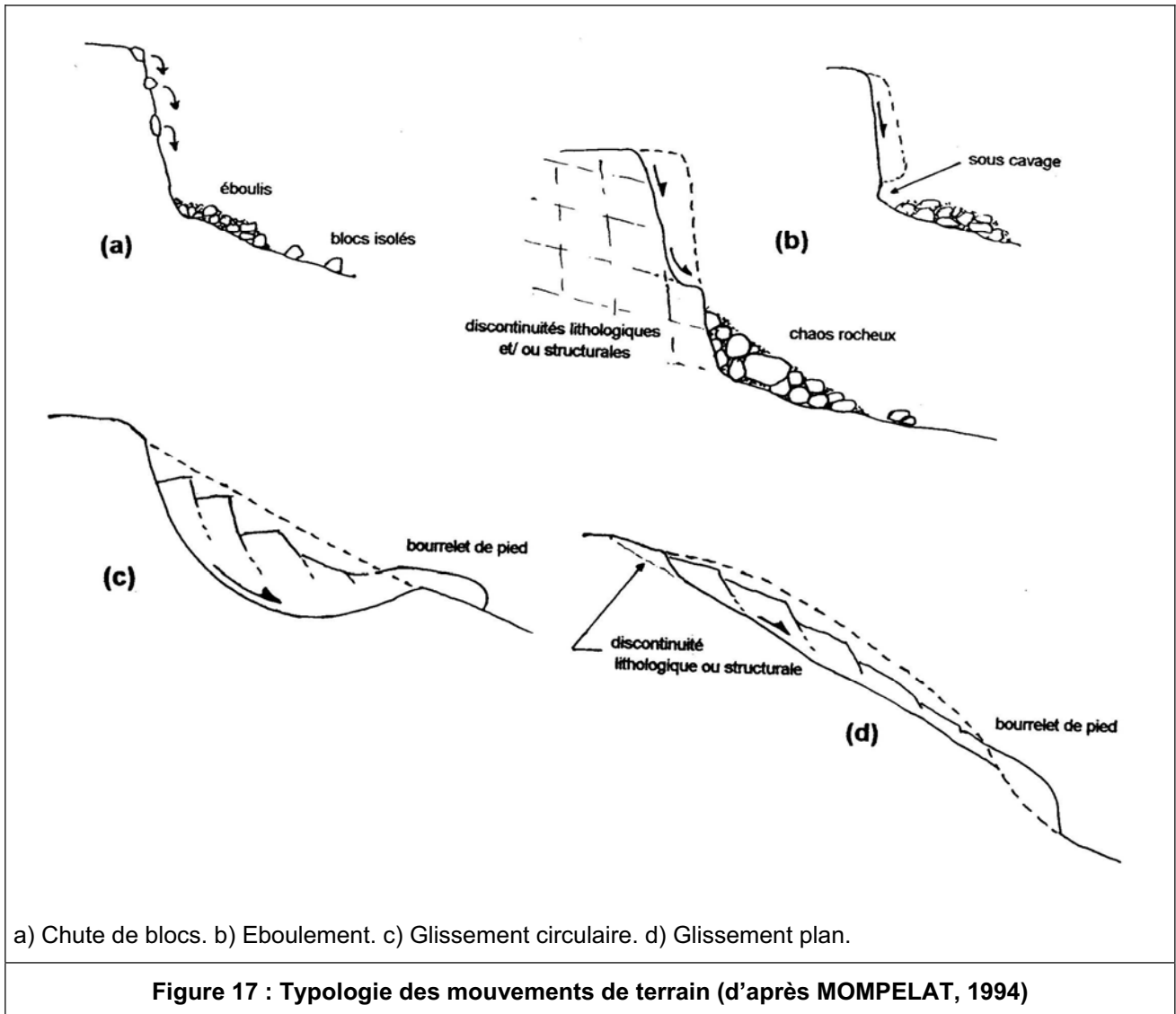
A Saint Martin, plus de 85 phénomènes ou indices sont recensés et décrits, en dehors des érosions littorales ou chutes de blocs de falaises côtières.

Ils sont reportés sur la carte informative des instabilités de pentes (planche hors texte). Les informations sont classées selon leur type (Figure 17) et en distinguant s'il s'agit d'événements probables ou avérés (60%) ou plutôt d'indices ou de phénomènes supposés (40%). Du point de vue typologique, on dénombre :

- Essentiellement (87%) des chutes de blocs ou éboulements (Encart 5). Les plus significatifs sont localisés sur les versants des mornes de Red Rock, de First-stick hill, de Pea Tree Hill, de Pigeon pea Hill. D'autres affectent les reliefs abrupts du Mont O'Reilly, de la Montagne de France et du Pic Paradis, mais sont moins visibles en raison d'un couvert végétal plus dense ;
- Environ 10% de glissements superficiels ou pelliculaires de type coulées, dont les traces récentes sont parfois bien visibles et associées à l'épisode cyclonique Lenny de 1999 (versant de Millrum) ;
- Plus rarement des glissements plus profonds (3%) dont les traces apparaissent anciennes (sur les flancs du Mont O'Reilly ou du pic Paradis).

Les chutes de blocs et éboulements sont ainsi le type de phénomène le plus souvent rencontrés (environ 85% des informations collectées, Encart 5).

Les deux principales causes naturelles, susceptibles de déclencher des instabilités de pente sont : des épisodes pluvieux (passage d'un cyclone, hivernage particulièrement arrosé ou épisode pluvieux intense) et des séismes. Le déclenchement peut être étalé dans le temps, compte tenu de la cinématique et de l'évolution de chaque phénomène ou bien synchrone d'un événement exceptionnel (séisme). Ces déclencheurs peuvent avoir un effet de purge des versants.



8 ALEAS CYCLONIQUES

8.1 Préambule

Le système de référence retenu pour évaluer les surcotes est le Nivellement Général de la Guadeloupe (NGG). C'est le système de référence utilisé sur les cartes IGN et par les géomètres de Guadeloupe.

Le 0 NGG correspond sensiblement au niveau moyen de la mer, et donc à la ligne de rivage.

Nota : le 0 NGG se situe 0,5 m au-dessus du 0 NH des cartes marines. En effet, le NH ou Niveau Hydrographique prend son origine au niveau des plus basses mers.

L'évaluation de l'aléa cyclonique repose sur une estimation des caractéristiques de la houle lorsqu'elle aborde le rivage, croisée avec la topographie de la côte sur laquelle elle vient s'abattre.

Les caractéristiques de la houle au rivage dépendent de celles de la houle au large d'une part, et de la bathymétrie à l'approche des côtes d'autre part (Figure 18). La houle au large est décrite par Météo-France tandis que la bathymétrie à l'approche des côtes a été évaluée sommairement à partir des cartes marines du SHOM au 1/15 000 et au 1/60 000.

Les données de relief utilisées sont issues des cartes IGN 1/25 000 et de la topographie mise à disposition par la DDE et/ou récupérée (BD alti IGN, levés photogramétriques réalisés par OPSIA, et autres levés topographiques).

Les observations de terrain et, lorsqu'ils n'étaient pas contradictoires, les témoignages recueillis, ont permis d'ajuster les résultats issus de la théorie. L'événement cyclonique possédant la plus grande ampleur tant en terme de dégâts engendrés par la houle cyclonique qu'en terme de hauteur de vague et de surcote cyclonique est LUIS (1995), ouragan de classe 4.

8.2 Généralités

8.2.1 Les marées de tempête

Le niveau moyen des marées se situe à environ 0.40 m au-dessus du niveau hydrographique (0.00 NH) et peut atteindre, lors des plus fortes amplitudes, 0.60 à 0.70 m hydro.

En plus de la marée astronomique, on peut superposer une surcote due aux phénomènes atmosphériques. Ces surcotes exceptionnelles peuvent se produire en cas de cyclone et sont dues à la conjonction de la pression atmosphérique, des vents générant une forte houle et de la marée, aggravées ou minimisées par les données du site liées à la géométrie côtière et à la bathymétrie.

En cas de cyclone, survient pendant une brève durée une surélévation du niveau de la mer qui est due principalement à l'effet de succion provoqué par la forte dépression atmosphérique.

Ce phénomène se traduit par « un gonflement » du niveau de la mer sous la zone de l'ouragan engendré par la très basse pression au centre de celui-ci. Associé à un relief particulier de fonds sous marins, une géométrie côtière fermée, ainsi qu'une « accroche » du cyclone sur les profils terrestres, cette combinaison d'actions dynamiques peut provoquer des hauteurs du plan d'eau largement supérieures à celles statiques, causées uniquement par la dépression. Pour cette raison, les marées de tempêtes sont de plus faible amplitude dans la zone des Antilles que dans l'océan indien ou pacifique. (75 cm pour Luis en 1995 contre 13 m en Australie en 1899).

Ce phénomène se remarque uniquement au moment du passage du cyclone tandis que les fortes houles induites surviennent avant ou après le passage du cyclone, en fonction de la célérité des houles et de la trajectoire de l'œil du cyclone.

Le déferlement des vagues à l'approche du rivage crée une pression latérale sur le plan d'eau et une accumulation entre la zone de déferlement et le trait de cote. La conséquence est l'apparition du niveau moyen du plan d'eau, c'est la **surcote dynamique** (setup) due à la houle.

La surcote totale peut donc avoir trois composantes, la première liée à la marée astronomique, la deuxième appelée marée de tempête liée aux basses pressions, et la troisième nommée surcote dynamique liée à la houle. La marée astronomique et la marée de tempête forment la **surcote statique**.

Les marées de tempête représentent un danger pour les personnes et pour les biens implantés en bordure de mer, à très basse altitude. Sur les îles, les populations sont, pour des raisons économiques, installées le long du littoral. Associées à de forts courants, les marées de tempête sont un grand danger. Elles provoquent, dans certains lieux, une forte érosion de la côte.

Elles peuvent également affecter indirectement l'intérieur des terres. Lors du passage d'un cyclone, la hausse du niveau de la mer peut avoir comme conséquence de ralentir l'écoulement des rivières et donc de provoquer des inondations, surtout en présence de précipitations abondantes.

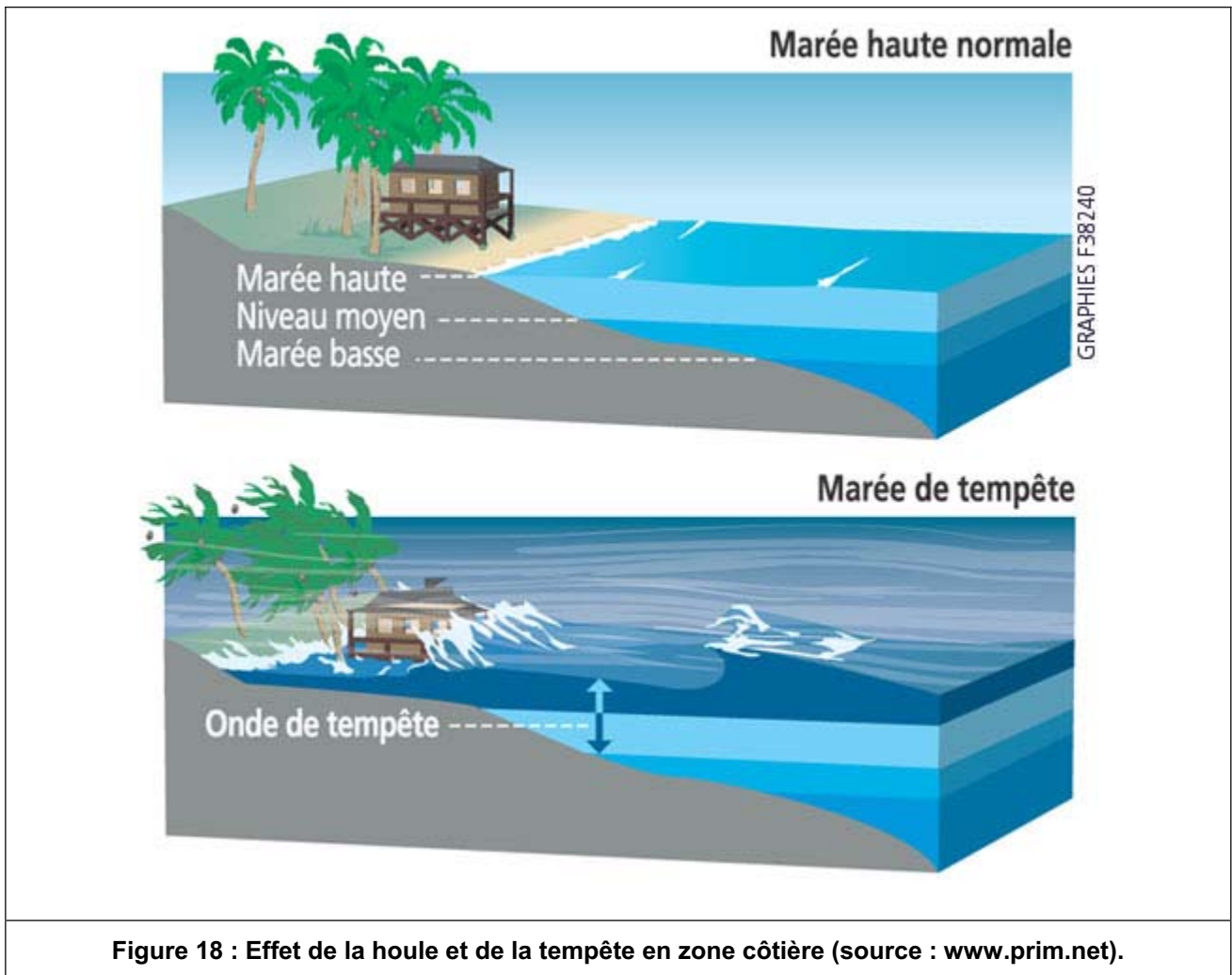
8.2.2 Les houles cycloniques

La houle cyclonique désigne le système d'onde soulevée par le vent associé aux cyclones et affectant la surface de la mer. Elle se propage très rapidement. Elle est de longue période et très destructrice. La houle cyclonique peut parfois être observée jusqu'à 1000 kilomètres du cyclone et ses effets continuent à se faire sentir après le passage du cyclone.

A l'approche des côtes, la houle est modifiée lors de sa propagation. On distingue alors trois phénomènes physiques : la réfraction, la diffraction et le déferlement.

L'interaction de la houle et de la côte est complexe :

- lorsque les fonds sont profonds près des côtes, l'impact est fort ;
- à l'inverse lorsque la bathymétrie est faible, offrant des pentes également faibles, ou qu'il existe des barrières coralliennes, l'énergie de la houle est en grande partie dissipée avant d'atteindre la côte.



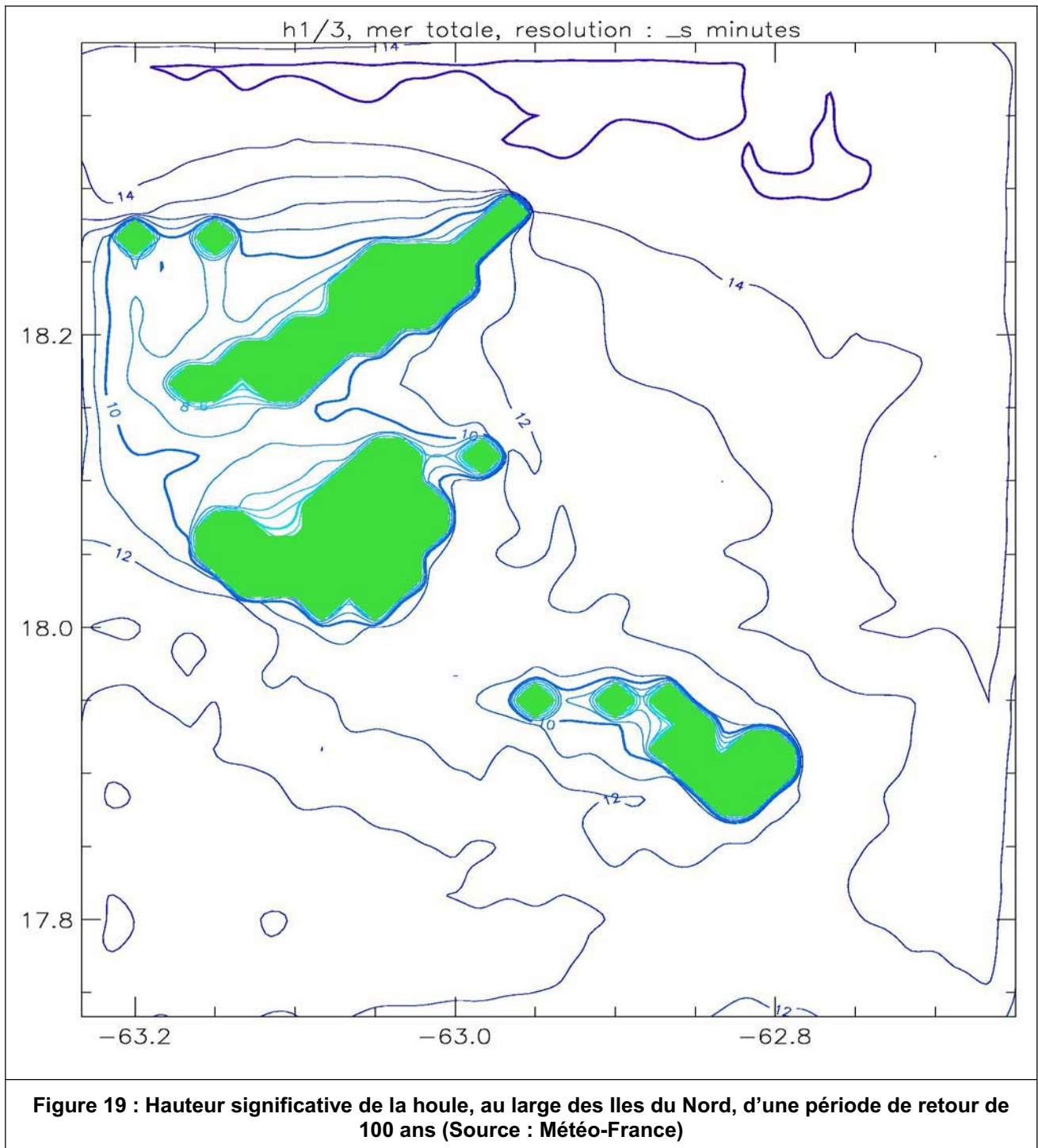
8.3 Modélisation de la houle

8.3.1 Caractéristiques de la houle au large

Dans le cadre global des études du risque cyclonique, Météo France utilise un modèle de calcul des durées de retour de houle cyclonique aux abords des petites Antilles. L'étude « Evaluation du risque lié aux houles cycloniques sur les Antilles Françaises » fixe l'ordre de grandeur des vagues aux larges, cela pour plusieurs périodes de retour.

Suivant leur direction d'exposition et leur forme géométrique, les hauteurs significatives de houles au large considérées sont différentes, elles varient ainsi de 6 m dans la Baie de Saint Jean à Saint Barthélemy à 12 m sur le rivage de l'extrémité Est de cette même collectivité territoriale (Figure 19).

La période de la houle au large est par contre considérée constante et égale à 12 s.



Nota : H_s , la hauteur significative des vagues, est une mesure de l'état de la mer. Elle peut être comprise comme une moyenne de la hauteur maximum des vagues. A l'origine, il y a 50 ans, quand seulement les observations visuelles dominaient, on disait qu'il s'agissait de la moyenne des hauteurs du 1/3 des vagues les plus grandes. On la retrouve parfois sous la notation $H_{1/3}$. La hauteur maximale H_{max} de la houle est comprise entre 1,6 et 2 fois H_s .

8.3.2 Caractéristiques de la houle à l'arrivée sur le rivage

8.3.2.1. Terminologie

La **marée astronomique**, indépendante de la présence d'un cyclone, correspond aux variations du niveau de la surface de la mer observées au quotidien.

En cas de cyclone, la forte dépression atmosphérique (aspiration) et les vents latéraux (accumulation) qui caractérisent ce phénomène entraînent un exhaussement du niveau de la mer nommé **marée de tempête**. Cette marée de tempête, dans le cas le plus défavorable, vient s'ajouter à l'amplitude de la marée astronomique : l'élévation qui en résulte s'appelle la **surcote statique**. La surcote statique ne tient compte d'aucun effet dynamique lié aux vagues. Elle donne en quelque sorte le niveau, pendant la tempête, qu'aurait la mer « au repos ». Bien sûr, la réalité est toute autre et les turbulences provoquées par la forte houle provoquent des exhaussements supplémentaires. Ces exhaussements dynamiques, à l'approche du rivage, sont de plusieurs natures⁷. Leur détermination nécessite de connaître Hs, T, la bathymétrie et la topographie côtières.

La **surcote dynamique (setup)** désigne une surcote, liée à l'accumulation d'eau, apportée par les vagues à l'approche de la côte, en eau peu profonde.

Le **runup** quantifie la hauteur maxi atteinte par l'étalement de la vague sur le rivage, au-dessus des surcotes (statique et dynamique).

L'**overtopping** est le franchissement par les vagues du sommet d'un rivage ou d'un obstacle, entraînant une submersion des terres situées derrière et en contrebas. L'overtopping n'intervient donc qu'en présence de topologies côtières particulières.

La **surcote totale** est la somme des surcotes statiques et dynamiques. Elle représente le niveau minimum permanent de submersion du rivage pendant l'événement étudié.

La connaissance de l'ensemble de ces paramètres permet d'appréhender le comportement de la houle lorsqu'elle atteint le rivage.

8.3.2.2. Détermination de la surcote totale

a/ Marée astronomique

Son amplitude maximale est de l'ordre de + ou – 40 cm.

Le niveau de pleine mer est donc considéré comme étant une constante égale à :

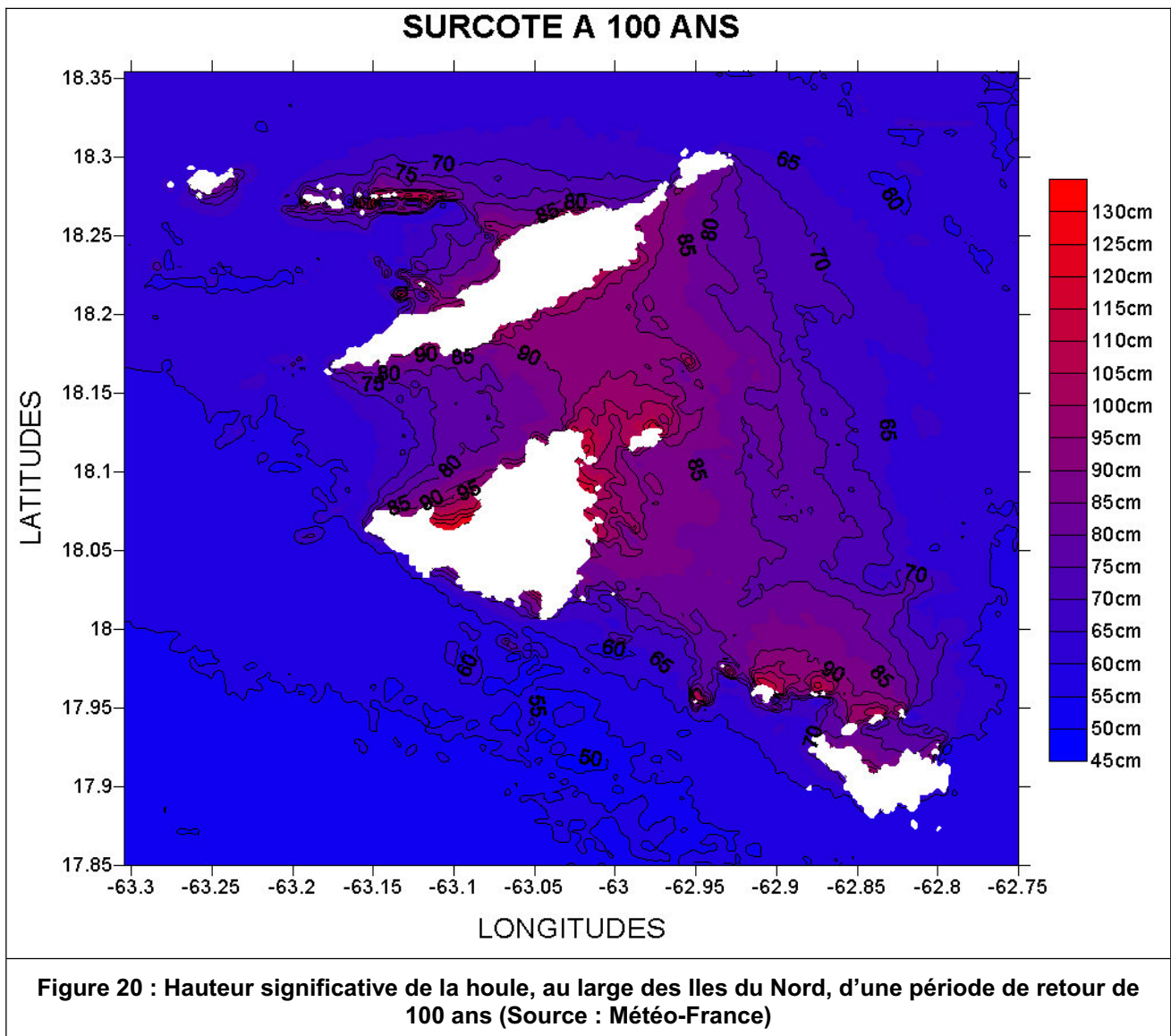
0,40 m NGG

b/ Marée de tempête

Influencée par certains effets de site, l'élévation supplémentaire du niveau de la mer due à la marée de tempête est estimée en conditions cycloniques centennales.

⁷ Voir le *Shore Protection Manual* et le *Coastal Engineering Manual (CEM)* édités par le US Army Corps of Engineers.

Le modèle de surcote de Météo-France permet d'obtenir une estimation de la valeur de cette surcote pour différentes périodes de retour et en tous points des Antilles françaises. La Figure 20 représente le résultat de ce modèle aux abords des Iles du Nord pour une période de retour de cent ans.



d/ Surcote dynamique (Setup) et surcote totale théorique

La valeur de la surcote dynamique (Setup) dépend de la hauteur de la houle au large mais également de la bathymétrie à l'approche du rivage. Son estimation est réalisée par un modèle de propagation de la houle jusqu'au rivage suivant une théorie exposée dans le *Coastal Engineering Manual (CEM)* édité par le US Army Corps of Engineers. Cette théorie est basée sur les équations suivantes :

Propagation de la hauteur de la houle depuis le large jusqu'au rivage :

$$\frac{d(H^2 d^{1/2})}{dx} = -\frac{\kappa}{d} (H^2 d^{1/2} - \Gamma^2 d^{5/2}) \quad \text{si } H > H_{\text{stable}}$$

$$\frac{d(H^2 d^{1/2})}{dx} = 0 \quad \text{si } H < H_{\text{stable}}$$

Avec

H la hauteur de la houle à la distance x du rivage

H_{stable} la hauteur de la vague lorsqu'elle arrête de déferler et se reforme,
donnée par $H_{\text{stable}} = \Gamma \cdot d$
 d la profondeur
 Γ un coefficient empirique pris égal à 0,4
 κ un coefficient empirique pris égal à 0,15

Propagation du setup jusqu'au rivage :

$$\frac{d\eta}{dx} = -\frac{3}{16} \frac{1}{h+\eta} \frac{d(H^2)}{dx}$$

Avec H , la hauteur de la houle à la distance x du rivage
 η le setup moyen à la distance x du rivage
 h la profondeur

Ce modèle de propagation permet ainsi d'estimer le setup à partir de la houle au large et d'un profil en travers des fonds marins depuis le large jusqu'au rivage.

La surcote totale théorique représentant le niveau moyen de l'état de la mer au droit du rivage durant l'épisode cyclonique est ainsi la somme de la marée astronomique, de la marée de tempête et de la surcote dynamique (setup).

Les valeurs de surcotes sont estimées pour les différents sites de Saint-Martin, pour une houle centennale dans le **Tableau 22**.

Tableau 22 : Estimation de la surcote totale : Collectivité territoriale de Saint Martin				
Site	Marée astronomique (m)	Marée de tempête (m)	Surcote dynamique (m)	Surcote totale (m)
Baie Longue	0,4	0,7	0,8	1,9
Baies aux Prunes		0,8	0,7	1,9
Baie Rouge		0,9	0,6	1,9
Baie Nettlé		1,15	0,65	2,2
Baie de Marigot		1,15	0,6	2,15
Baie de la Potence		1,1	0,65	2,15
Anse des Pères		0,9	0,7	2,0
Friar's Bay		0,9	0,85	2,15
Happy Bay		0,9	0,9	2,2
Baie de Grand Case		0,95	0,6	1,95
Anse Marcel		1	0,5	1,9
Grandes Cayes		0,9	0,85	2,35
Etang de la Barrière		1,15	0,3	1,85
Baie Orientale		1,15	1,1	2,65
Baie de l'Embouchure		1,05	1,1	2,55
Baie Lucas		1,05	0,8	2,25
Etang aux Huîtres	1	0	1,4	

8.3.2.3. Approche du run-up et de l'overtopping

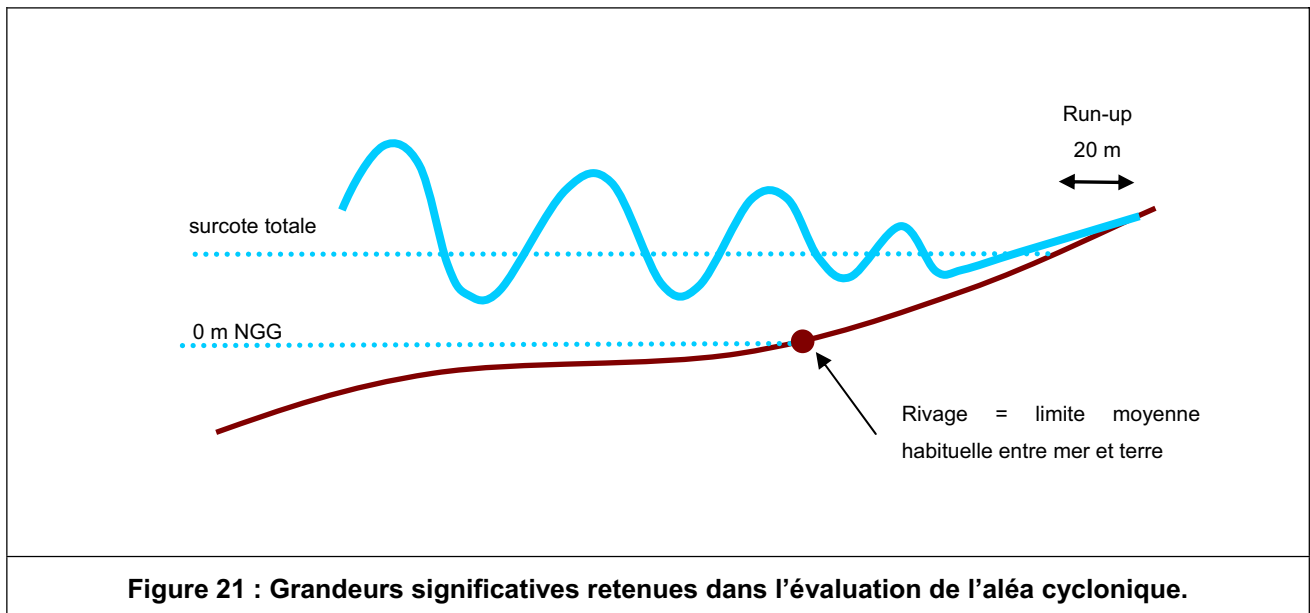
Dans l'état actuel de l'art, le run-up est difficilement quantifiable avec fiabilité malgré l'existence de formules empiriques qui s'appliquent à des structures spécifiques ou des plages régulières et de pente uniforme depuis le large. Compte tenu de la complexité et de la multitude des formes géométriques du rivage, le calcul du run-up devient irréaliste et demanderait un travail qui sort du cadre de cette étude. Nous nous contenterons d'estimer l'étalement des vagues à 20 m au-delà de la rencontre du niveau moyen marin (0 m NGG + la surcote totale) avec le terrain naturel.

La présence de plusieurs étangs derrière des cordons littoraux rend le phénomène de l'overtopping possible en plusieurs points du rivage des Iles du Nord. Cependant, pour les mêmes raisons que pour le run-up, son estimation est difficile. De plus, les phénomènes de rentrée des eaux engendrée par la surcote cyclonique ou l'inondation pluviale en amont des cordons littoraux surclassent les submersions engendrées par le

passage des vagues par dessus les cordons littoraux. Nous avons donc délibérément choisi d'ignorer le phénomène de l'overlapping pour la définition des aléas cycloniques.

8.3.2.4. Récapitulatif et commentaires

Le schéma suivant (Figure 21) illustre les grandeurs significatives retenues dans l'évaluation de l'aléa cyclonique.



CARACTERE EXCEPTIONNEL DE L'ÉVÉNEMENT CYCLONIQUE CONSIDÉRÉ

La conjonction d'une marée astronomique pleine, d'une marée de tempête centennale et d'une houle elle-même centennale constitue un événement théorique dont la période de retour est nettement supérieure à 100 ans. Cela laisserait supposer que l'événement théorique retenu dépasse largement l'objectif de sécurité centennial imposé par la démarche PPR. Cependant, plusieurs aspects viennent atténuer cette observation :

- La détermination précise du runup nécessite d'avoir recours à la simulation sur modèles réduits. En l'absence de ce type d'approche (coûteuse), le runup est extrapolé à partir de cas de figure connus.
- Les valeurs de setup retenues dans les PPR sont des moyennes obtenues à partir de formules simples. Compte tenu de la configuration du littoral de l'archipel, à certains endroits, il est très vraisemblable que des effets de site accentuent l'effet du set-up. Seules des modélisations numériques aux éléments finis en deux dimensions, dépassant le cadre de cette étude, permettent de quantifier ces effets de site.
- La hauteur de houle centennale retenue est une hauteur moyenne des vagues pendant le cyclone. Les vagues les plus hautes peuvent dépasser cette moyenne de 60 à 100% !
- Les surcotes cycloniques calculées dans le cadre de cette étude sont du même ordre de grandeur que les surcotes observées lors du passage du cyclone de référence LUIS (1995), c'est à dire de l'ordre de 2 m ;

- L'élévation moyen du niveau marin prédit par le GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) n'a pas été prise en compte dans l'estimation des surcote cycloniques. Suivant le scénario le plus pessimiste, cette surélévation pourrait atteindre plus de 0,4 m à la fin du 21ème siècle.

8.4 Cartes d'aléa

En croisant les données de hauteur d'eau (NGG) avec la topographie des zones étudiées, les hauteurs d'eau en tout point du plan X,Y peuvent être déterminées et, par conséquent, les limites de pénétration des eaux à l'intérieur des terres deviennent connues.

Nous avons pris la décision de retenir trois niveaux d'aléa : fort (C3), moyen (C2) et faible (C1). Les critères retenus pour la détermination de l'intensité de l'aléa sont les suivants (Tableau 23).

Critères	Aléa cyclonique (houle et submersion)
Situé à moins de 10 m du rivage OU situé à moins de 10 m de l'intersection entre le niveau marin moyen et le terrain naturel OU Submersion « permanente » supérieure à 1 m	Fort (C3)
Situé à moins de 20 m de l'intersection entre le niveau marin moyen et le terrain naturel OU Submersion « permanente » supérieure à 50 cm ET pas d'aléa fort	Moyen (C2)
Submergé ET pas d'aléa fort ni moyen	Faible (C1)
Non submergé	Nul ou considéré comme négligeable

Tableau 23 : Critères de détermination des niveaux d'aléa cyclonique (houle et submersion marine).

L'aléa houle et submersion cyclonique est cartographié à l'échelle du 1/10 000 (planche hors texte).

8.5 Zones exposées de Saint-Martin

Les zones où l'aléa est élevé correspondent principalement aux zones littorales basses, c'est-à-dire aux anses, aux baies et aux étangs. Par ailleurs, comme indiqué au chapitre précédent, une bande littorale de 10 m de large est systématiquement considérée en aléa fort (C3) sur tout le périmètre de l'île.

Les principales zones exposées aux aléas cycloniques sont les suivantes :

- Baie Nettlé, Baie de Marigot et Baie de la potence

Ces trois baies formant à elles trois une seule et grande baie, elles sont soumises à une marée de tempête importante (1,15 m). Les parties les plus basses se retrouvent ainsi en aléa fort. Sandy Ground se retrouve plus ou moins épargné en raison de sa surélévation suffisante. En revanche, la zone située entre le pont de Sandy Ground et le centre de Marigot est fortement touchée par l'aléa fort en raison d'un niveau

relativement bas (de l'ordre de 1 m NGG) sur pratiquement toute cette partie. Pour les mêmes raisons, le centre de Marigot est touché par l'aléa fort et l'emprise initiale de l'Etang de Galisbay (en partie remblayé) est également touchée par des aléas faibles à forts.

- Friar's Bay, Etang Guichard

La plage de Friar's Bay est logiquement soumise à l'aléa fort. Cet aléa rentre profondément dans les terres par l'étang Guichard. En effet, le cordon sableux séparant le front de mer et l'étang est relativement bas ce qui permet une rentrée de la marée de tempête et de la surcote dynamique dans l'étang et jusqu'au terrain toujours en dessous de la cote de 1 m NGG en amont.

- Grand-Case

L'ensemble du front de mer de Grand-case est en aléa fort. La grande proximité des constructions du trait de côte en est la raison. Compte tenu des dégâts observés suite au passage de LUIS (1995), ce classement en aléa fort du front de mer est justifié. Les étangs situés derrière le front de mer sont situés en aléa cyclonique faible à fort en raison de la communication possible par des canaux avec le milieu marin et du niveau relativement bas du terrain naturel.

- Baie Orientale

La baie Orientale est soumise d'une part à une houle forte (littoral directement exposé à l'Est) et à une marée de tempête forte. Il en résulte une surcote totale importante et de larges zones se retrouvent ainsi en aléa fort, notamment l'extrémité Sud de la Baie Orientale où des constructions sont implantées sur un terrain relativement bas (entre 0 et 1 m NGG).

9 ALEAS INONDATIONS

9.1 Remarques préliminaires

Du fait de la grande variabilité des phénomènes naturels et des nombreux paramètres qui interviennent dans leur déclenchement, l'aléa ne peut être qu'estimé et cette estimation est relativement complexe. Son évaluation reste en partie subjective ; elle fait appel à l'ensemble des informations recueillies, notamment aux différentes études antérieures, au contexte géologique, aux caractéristiques des précipitations, et à l'appréciation du chargé d'études. Pour limiter l'aspect subjectif, le guide des PPR préconise que la crue de référence à prendre en compte soit celle de la plus grande crue connue, et si celle-ci est d'une fréquence inférieure à 100 ans, qu'on se base sur une crue reconstituée d'occurrence au moins centennale. Ceci nécessite une bonne connaissance pluviométrique et une topographie relativement précise au droit de la zone considérée.

Les précipitations sont un des processus hydrologiques les plus variables. Elles diffèrent selon plusieurs facteurs (déplacement de la perturbation, lieu de l'averse, influence de la topographie, etc.). Leur mesure est relativement compliquée car elles ont une grande variabilité dans l'espace, et ceci quelle que soit l'échelle spatiale prise en compte (régionale, locale, etc.) mais également dans le temps, aussi bien à l'échelle annuelle qu'à celle d'un événement pluvieux.

De plus, l'imbrication étroite existante entre les causes météorologiques et les conséquences hydrologiques n'est pas exempte de difficultés.

Les événements pluviométriques les plus importants connus ces dernières années sont apparus lors des passages des cyclones JOSE et LENNY en 1999. Nous considérons ces événements comme la référence pour la cartographie de l'aléa inondation.

9.2 Présentation de la démarche

La détermination de l'aléa inondation a été conduite par une approche géomorphologique (analyse de la topographie et de la photo aérienne, expertise de terrain) et hydrologique. Les résultats obtenus ont été confrontés à ceux des études existantes et aux témoignages recueillis sur le terrain.

Les disfonctionnements et donc les inondations apparaissent généralement au droit des ouvrages de franchissement, au niveau de l'insuffisance du réseau d'eaux pluviales et dans les dépressions naturelles favorables à un stockage de l'écoulement.

La définition de l'aléa est réalisée par une analyse du fonctionnement hydraulique des axes d'écoulement. Cette analyse est réalisée tout d'abord par l'observation de leur morphologie (observation visuelle du terrain, analyse des levés topographiques et des photos aériennes, ...), par les renseignements pris auprès des riverains et, ponctuellement, par des calculs à l'aide de formules simples ou, localement, par des

modélisations hydrauliques permettant d'appréhender les contours des zones inondables et les vitesses d'écoulement.

Il faut signaler que l'aléa inondation n'est pas indépendant de l'aléa cyclonique. Au contraire, le second aggrave l'intensité du premier : l'élévation du niveau de la mer peut fortement entraver l'évacuation des ruissellements pluviaux vers la mer.

9.3 Evaluation de l'aléa inondation

L'évaluation de l'aléa inondation porte sur :

- L'analyse des facteurs intervenants dans leur formation ;
- La description et la prise en compte des événements ayant affecté le territoire communal ;
- L'évaluation du niveau de l'aléa, jugé fort (I3) moyen (I2), éventuellement faible (I1).

Les niveaux d'aléa (Tableau 24) sont déterminés en fonction de l'inondation de référence. Les paramètres physiques capables de traduire les dommages aux biens et la gravité pour les personnes sont essentiellement les suivants :

- Les hauteurs d'eau ;
- Les vitesses d'écoulement ;
- Les durées de submersion.

9.3.1 Aléa inondation fort

Est classée en zone d'aléa inondation fort, une zone dont au moins une des conditions suivantes est vérifiée :

- Les hauteurs d'eau peuvent être supérieures à 1 m ;
- Les vitesses d'écoulement peuvent représenter un danger vis-à-vis des personnes et de la stabilité des terrains, la vitesse d'écoulement de la crue centennale est supérieure à 1 m/s (3,6 km/h) ;
- Les durées de submersion peuvent être importantes dans le cas des inondations lentes (supérieures à la journée).
- Le risque d'embâcles est clairement identifié et / ou témoigné ;

Ces zones correspondent généralement :

Au lit mineur des cours d'eau où à leurs abords immédiats (lit moyen) ;

- A la grande majorité des fonds de ravines.
- Aux zones au sein desquelles le lit peut divaguer au cours d'une crue, c'est à dire engendrer une modification significative dans le tracé du thalweg principal (méandres éventuels).

9.3.2 Aléa inondation moyen

On considère que le risque pour les personnes débute à partir d'une hauteur d'eau de 0,5 m. Ce risque est essentiellement lié aux déplacements :

- Routiers (véhicules emportés en tentant de franchir une zone inondée)
 - A 0,5 m une voiture peut être soulevée par l'eau et emportée par le courant.
 - 0,5 m est aussi la limite de déplacement des véhicules d'intervention classiques de secours.
- Pédestres ; des études basées sur les retours d'expérience des inondations passées, menées par les services de secours (équipement, pompiers, services municipaux...) montrent qu'à partir de 0,5 m d'eau,

un adulte non entraîné, et à fortiori des enfants, des personnes âgées ou à mobilité réduite, sont mis en danger :

- Fortes difficultés dans leurs déplacements ;
- Plus de visibilité du relief (trottoirs, fossés, bouches d'égouts ouvertes, etc...).

Sont classées en zone d'aléa inondation moyen les zones remplissant au moins une des conditions suivantes :

- la hauteur d'eau est supérieure à 0,5 m
- la vitesse d'écoulement est supérieure à 0,5 m/s.

9.3.3 Aléa inondation faible

Il s'agit des zones avec les caractéristiques suivantes :

- Les hauteurs d'eau restent inférieures à 50 cm ;
- Les vitesses d'écoulement ne font pas craindre de danger pour la sécurité des biens et des personnes ;
- Les durées de submersion sont limitées dans le cas des inondations lentes (quelques heures).

Le risque, en termes de fréquence de submersion, de hauteur d'eau et de vitesse de courant y est moins important. Elles ne sont donc pas concernées par les crues courantes, cependant elles ont été ou seront submergées lors des crues rares ou exceptionnelles.

Ces zones correspondent généralement :

- Aux zones de débordement, dans le lit majeur des cours d'eaux ;
- Aux dépressions topographiques qui peuvent entraîner des phénomènes de stagnation des eaux pluviales (cuvettes naturelles).

L'aléa inondation est cartographié à l'échelle du 1/10 000 (Planche hors texte).

Hauteur	Vitesse d'écoulement		
	Faible (stockage)	Moyenne (écoulement)	Forte (grand écoulement)
H < 0,50 m	Faible (2)	Moyen (2)	Fort (3)
0,50 m < H < 1 m	Moyen (2)	Moyen (2)	Fort (3)
H > 1 m	Fort (3)	Fort (3)	Fort (3)

Tableau 24 : Détermination des niveaux d'aléa inondation.

9.4 Zones exposées de Saint Martin

Une zone rouge d'au moins 20 mètres de large a été ménagée le long des axes hydrauliques principaux et centrée sur ces derniers. Cela est justifié par le caractère torrentiel des axes hydrauliques en crue et par les possibilités de divagations.

Les principales zones exposées aux aléas inondation sont les suivantes :

- Marigot :

Le niveau du centre de Marigot est situé à une altitude plus basse que le front de mer et l'évacuation pluviale vers le Grand Etang de Simson Bai est partiellement bloqué par des constructions de la Marina. Un poste de refoulement existe permettant l'évacuation des eaux pluviales mais il s'avère insuffisant lors des pluies extrêmes. Il s'ensuit une inondation du centre de marigot avec des hauteurs d'eau dépassant localement le mètre (notamment au droit de l'Hôtel de Collectivité).

- Concordia, Galisbay :

Le quartier de Concordia est régulièrement touché par de graves inondations (Juillet 2005, lors des passages de JOSE et de LENNY en 1999). La ravine portant le même nom a en effet été fortement remaniée par l'urbanisation du quartier et déplacée de son cours naturel. Lors des fortes pluies, l'écoulement torrentiel reprend son cheminement naturel en traversant les rues de Concordia avec des vitesses et des hauteurs d'eau importantes (atteignant localement 2 m). L'écoulement rejoint ensuite Galisbay plus ou moins via son cours normal (provoquant des inondations de part et d'autre) et en passant au pied de Fort Louis.

- Ravine Colombier :

La ravine Colombier possède un grand bassin versant susceptible de générer des débits importants et des crues torrentielles. Cependant, son lit mineur relativement profond et large limite fortement les dégâts. Des inondations peuvent cependant se produire lors des pluies extrêmes, notamment au droit de méandres parfois douloureux et des ouvrages hydrauliques qui créent des réductions de section hydraulique. En aval immédiat de la route nationale, les terrains situés en rive gauche sont vulnérables car ils sont situés à un niveau plus bas que les berges du cours d'eau.

- Grand-Case :

Coincé entre deux étangs, le Morne O'Reilly et la mer, le village de Grand-Case voit ses parties basses menacées par la montée des eaux dans les étangs. Le seul exutoire de ces deux étangs est un canal traversant Grand-Case dont l'ouvrage de franchissement de la route principale est complètement obstrué par du sable ; l'étang de la Savane et l'étang de l'aéroport communiquent en effet par un canal mal entretenu qui est l'exutoire du premier dans le second. Lors des pluies très importantes, la montée d'eau dans les deux étangs provoque l'inondation des terrains alentours avec des hauteurs d'eau pouvant localement dépasser le mètre.

- Quartier d'Orléans :

La ravine du Quartier traverse le Quartier d'Orléans avant de se jeter dans l'Etang aux Poissons. L'examen de la topographie indique que cette ravine a été remaniée et déviée de son cours naturel, les terrains situés en rive gauche sur sa partie aval étant plus bas que ses berges. Son gabarit étant insuffisant lors des pluies intenses (notamment au droit des ouvrages hydrauliques), la ravine déborde et envahit l'ensemble des terrains les plus bas du Quartier d'Orléans avec des hauteurs d'eau supérieures au mètre.

10 ALEAS SISMIQUES

10.1 Le cadre réglementaire

Comme l'ensemble des Petites Antilles, les îles du Nord sont exposées à un aléa sismique, considéré d'un point de vue réglementaire, comme le plus fort du territoire national.

La sollicitation sismique de référence, contre laquelle il convient de se prémunir comporte une composante régionale et locale (Encart 4).

Les règles parasismiques en vigueur sont obligatoires, il s'agit actuellement (Printemps 2008) des :

- Règles PS 92 (NF P 06-013, AFNOR, 1995) ;
- Règles PS-MI Antilles pour les maisons individuelles.

Cependant, la réglementation parasismique est en cours d'évolution (Eurocode 8) du point de vue du règlement et du zonage sismique, et des arrêtés ministériels sont en cours de finalisation :

- Projet de décret, modifiant le code de l'environnement, le code de la construction et de l'habitation et le décret n° 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique et portant extension à Mayotte de certaines dispositions réglementaires relatives à la prévention des risques naturels majeurs.
- Projet d'arrêté relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la catégorie dite "à risque normal" telle que définie par le décret n° 91- 461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique. Cet arrêté définit les nouvelles zones de sismicité et les coefficients à adopter sur le territoire national pour l'application de l'Eurocode 8.

L'aléa régional de référence est défini par une accélération maximale de référence (a_{gR}). Un coefficient d'importance est appliqué selon la catégorie d'importance des bâtiments de la classe dite « à risque normal ».

L'aléa local est ensuite défini :

- Par des spectres de réponses tenant compte de la classe de sol (A, B, C, D ou E, Tableau 29, Encart 4).
- Le cas échéant par un coefficient d'amplification topographique.

D'après l'arrêté provisoire, l'ensemble des départements et collectivités des Antilles sont situés indifféremment en zone 5. **L'accélération a_{gR} devrait être de 3 m/s²** pour l'ensemble des secteurs appartenant à la classe A des sols. Cette accélération doit être multipliée par un coefficient d'importance des bâtiments (Tableau 25), puis par un coefficient de site S et en adoptant les formes spectrales à définies dans le tableau.

Catégories d'importance de bâtiment	Coefficient d'importance γ_I
I (A PS92)	0,8
II (B PS92)	1
III (C PS92)	1,2
IV (D PS92)	1,4

Tableau 25 : Coefficient d'importance des bâtiments.

Les valeurs du paramètre de sol, S, résultant de la classe de sol (au sens de la norme NF EN 1998-1) sous le bâtiment sont données par le Tableau 26 :

Classes de sol	S (pour la zone de sismicité 5)
A	1
B	1,2
C	1,15
D	1,35
E	1,4

Tableau 26 : Coefficient de sol S.

Les modalités d'utilisation du paramètre de sol, S, sont définies dans la norme NF EN 1998-1.

Les valeurs usuelles de T_B , T_C et T_D , exprimées en secondes sont données dans le Tableau 27. T_B et T_C , sont respectivement la limite inférieure et supérieure des périodes correspondant au palier d'accélération spectrale constante et T_D est la valeur définissant le début de la branche à déplacement spectral constant.

Classes de sol	Pour la zone de sismicité 5		
	T_B	T_C	T_D
A	0,15	0,4	2
B	0,15	0,5	2
C	0,2	0,6	2
D	0,2	0,8	2
E	0,15	0,5	2

Tableau 27 : Valeurs des périodes caractéristiques des formes spectrales normatives.

L'adoption d'une valeur constante pour l'ensemble des Antilles reflète mal la réalité de l'aléa sismique, très différent selon la localisation des îles le long de l'arc. C'est la raison pour laquelle l'aléa spécifique est déterminé à partir des modèles développés par GEOTER aux Antilles.

10.2 Evaluation de l'aléa sismique

10.2.1 Composante régionale de l'aléa sismique

Un calcul probabiliste spécifique à la zone d'étude a été réalisé. Les modèles de zones source développés par MARTIN et al. (2002) et le catalogue de sismicité sont mis à jour et exploités. Cette approche intègre

l'influence spatiale et temporelle de tous les types de source, aussi bien les sources proches associées à la déformation crustale, que les sources plus lointaines de subduction.

Pour l'île de Saint-Martin, la valeur médiane de l'accélération à 475 ans de période de retour est de 2,2 m/s².

Il apparaît par rapport, à l'aléa « normatif réglementaire » que **l'aléa physique spécifique est plus faible** dans une proportion significative. L'adoption de l'**accélération maximale de calage** proposée pour les îles du Nord dans le futur arrêté, **de 3,0 m/s²** (ouvrage de classe B PS 92 ou de classe II EC8, situé au rocher de référence) est conservative.

10.2.2 Prise en compte des effets de site topographiques

La prise en compte des effets de site topographique dans le calcul de l'agression sismique reste relativement aisée⁸, tout en requérant une géométrie suffisamment fiable du relief. C'est pourquoi, l'évaluation et la cartographie qui pourraient être réalisées ici n'auraient qu'une valeur informative d'une part, sans se substituer d'autre part à un calcul propre au site de construction, selon la règle générale, en disposant d'une topographie fine du site, telle qu'elle peut être remodelée par le projet. Par conséquent, **l'aléa effets de site topographique n'est pas évalué ni cartographié**. Cet effet est en revanche à prendre en compte dans l'application du règlement adopté, et doit faire l'objet d'une prescription dans le règlement du PPR.

10.2.3 Prise en compte des effets de site géologiques

Au-delà de la sollicitation sismique régionale, il convient de préciser si des effets de site géologiques sont de nature à modifier localement la secousse sismique.

Le **retour d'expérience** sur les séismes indique que les dommages sont plus forts (à type de bâti équivalent), sur les sols que sur le rocher, ce qui résulte d'une sollicitation localement plus forte, due à un effet de site géologique ou d'une interférence constructive des ondes sismiques⁹.

Géologiquement, les formations préjugées capables de modifier localement le mouvement sismique sont :

- Les remblais ;
- Les formations sableuses (plages, dunes et cordons littoraux)
- Les zones présentant des colluvions et alluvions ;
- Les secteurs présentant une forte épaisseur de formations altérées ;
- Eventuellement les grandes zones d'éboulement géologique ;
- Eventuellement, les remplissages des zones basses.

En outre, il convient d'apprécier également si les formations géologiques affleurantes peuvent être considérées comme un substratum rocheux de référence.

⁸ Coefficient d'amplification topographique (τ) des règles PS 92 et de l'Eurocode 8

⁹ Situés pratiquement à la même distance hypocentrale, il n'y a pas lieu de considérer de différence d'atténuation selon la distance au séisme.

Géotechniquement, les données disponibles (Tableau 4) permettent dans certains cas, sinon de quantifier, de qualifier les formations et les sites (classifications EC8 et PS92, Tableau 29, Tableau 30). La vitesse des ondes de cisaillement moyenne sur 30 m ($V_{s,30}^{10}$) est le principal critère de classification des sites vis-à-vis du génie parasismique (Règles EC8, Tableau 29, lois d'atténuation). Son estimation est doublement délicate en l'absence de mesures directes des vitesses des ondes de cisaillement et compte tenu de la profondeur limitée des reconnaissances géologiques disponibles.

Géophysiquement, les mesures de bruit de fond et les rapports H/V peuvent mettre en évidence la fréquence particulière d'un site, voir fournir un profil des ondes de cisaillement permettant d'estimer le paramètre V_s , 30 et le type de site (classifications EC8 et PS92), mais ce type de mesure n'a pas été mis en œuvre ici.

L'appréciation des effets de site, repose donc sur la transposition de colonnes de sols type déduites des essais géotechniques disponibles, de l'exploitation de la carte géologique et des analyses de terrain (Tableau 28). Cette classification est donc entachée d'incertitudes. Il convient dès lors d'être prudent pour l'utilisation de la carte des effets de site. Il ne s'agit pas d'une carte d'orientation géotechnique. Elle ne peut se substituer à une étude de sol au droit du projet, et il est préconisé, pour tout projet d'aménagement, la réalisation d'une étude géotechnique préalable visant à préciser la nature et la géométrie du sous-sol.

Sur la base des essais géotechniques disponibles, il apparaît difficile d'identifier les formations purement rocheuses, qu'il s'agisse des tufs calcaires sains ou des tufs volcaniques. Les formations sont soit purement rocheuses, soit présentent un rocher altéré, ou encore des sols superficiels en faible épaisseur, surmontant le rocher. On peut distinguer en effet différents cas de figure selon le degré d'altération du rocher superficiel. Nous avons vu, dans le chapitre qui présente les données d'entrée que la variabilité des vitesses est importante, selon que le faciès est sain ou altéré. Selon la localisation géographique, les sites peuvent ainsi soit correspondre à des sites S0 des PS 92 et A de l'EC8, soit à des sites S1 des PS 92 et B de l'EC8.

Devant cette ambiguïté, il a été décidé d'assimiler les sites rocheux ou sols raides, aux zones blanches des planches hors texte « Aléa sismique local ». Dans la mesure où les conditions de sols de fondations doivent être déterminées à l'échelle de tout projet, ce sont les données propres au site, qui doivent permettre de discriminer entre ces deux types de site. En effet, ces zones blanches peuvent présenter localement, une couverture d'altération plus ou moins continue, qui nécessite à l'échelle du projet, d'identifier leur épaisseur et leur impact en termes de classification du site.

Les formations à dépôts hétérogènes telles que les plages et cordons littoraux, les colluvions et alluvions, ont des caractéristiques mécaniques moyennes, peu à moyennement compressibles et correspondent à des sols de type b des règles PS 92. Au niveau des cordons littoraux, les épaisseurs de ces sols sont souvent

¹⁰ $V_{s,30}$: Moyenne harmonique des vitesses des ondes de cisaillement (V_s) sur les 30 premiers mètres.

mal connues, et n'excèdent pas, dans la plupart des cas 10 mètres. Ces formations peuvent correspondre à des sites S1 ou S2 des PS92, et le plus souvent à un site C de l'EC8, B lorsque l'épaisseur est faible.

Les lagunes et anciennes lagunes comprennent des formations compressibles, souvent riches en matière organique et saturées en eau, présentant une faible résistance. En épaisseur généralement comprise entre 3 et 7 m dans les sondages disponibles, elles sont assimilables à des sols de type c des règles PS92. Ces formations peuvent correspondre à des sites S2 ou S3 des règles PS 92, D ou E de l'EC8 suivant l'épaisseur des formations.

Les données géotechniques ont été exploitées, en gardant à l'esprit les limites de cet exercice, compte tenu :

- De la faible représentativité spatiale des données disponibles ;
- Des singularités géologiques intrinsèques au contexte géologique.

Les formes spectrales suivantes, résultant des calculs suivant notre modèle probabiliste des Antilles, sont proposées (Tableau 31, Figure 22).

Unités géomorphologiques	Effet de site / Niveau	Site EC8 (Tableau 29)	Site PS92 (Tableau 30)
Formations calcaires ou volcaniques (sub)-affleurantes, parfois recouvertes d'une épaisseur limitée de sols	Effet de site a priori négligeable localement faible	A, éventuellement B	S0, éventuellement S1
Alluvions et colluvions	Oui, plus ou moins marqué selon l'épaisseur	C (B si épaisseur < 5m, D selon les propriétés mécaniques)	S2, éventuellement S3
Plages et cordons littoraux (sableux et/ou à graviers)	Oui, plus ou moins marqué selon l'épaisseur	C (B, si faible épaisseur < 5 m)	S2, éventuellement S1
Lagune et ancienne lagune comblée	Oui	D (E quand contraste d'impédance marqué avec le substratum)	S2 ou S3

Tableau 28 : Types de site associés aux différentes unités géomorphologiques.

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	$V_{s,30}$ (m/s)
A	Rocher ou toute autre formation proche du rocher, incluant au plus 5 m de formation plus molle en surface.	>800
B	Dépôts de sable très dense, de gravier ou d'argile très dure, au moins sur plusieurs dizaines de mètres, caractérisés par une augmentation graduelle des propriétés mécaniques avec la profondeur.	360 – 800

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	$V_{s,30}$ (m/s)
C	Dépôts profonds de sable dense ou moyennement dense, de gravier ou d'argiles dures avec des profondeurs de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres.	180 – 360
D	Dépôts de sols de cohésion faible à moyenne (avec ou sans couches de sols mous cohérents) ou dépôts prédominants de sol cohérent mou à ferme.	<180
E	Profil de sol consistant en une couche de surface d'alluvions avec une valeur de $V_{s,30}$ des classes C ou D et des épaisseurs variant entre 5 et 20 m, reposant sur du matériau plus ferme de $V_{s,30} > 800$ m/s	
S1	Dépôts contenant (ou consistés de) des couches d'au moins 10 m d'épaisseur, d'argiles / limon avec une forte plasticité ($I_p > 40$) et une forte teneur en eau.	<100 (indication)
S2	Dépôts de sols liquéfiables, d'argiles molles ou tout profil de sol non compris dans les classes A –E ou S ₁	

Tableau 29 : Classification des classes de sol selon la réglementation EC8.

Sites (PS 92)	Description
S0	Sol rocheux ou sol de bonnes caractéristiques mécaniques sur une épaisseur inférieure à 15 m
S1	Sol de bonnes caractéristiques mécaniques sur une épaisseur supérieure à 15 m OU Sol de caractéristiques mécaniques moyennes sur une épaisseur inférieure à 15 m
S2	Sol de caractéristiques mécaniques moyennes en épaisseur comprises entre 15 et 50 m OU Sol de caractéristiques mécaniques médiocres sur une épaisseur inférieure à 10 m
S3	Sol de caractéristiques mécaniques médiocres sur une épaisseur supérieure à 10 m

Tableau 30 : Définition des types de site (PS92).

Type de site EC8 (PS92)	$V_{s,30}^{11}$	S	T_B	T_C	T_D
A (S0)	≥ 800 m/s	1	0,1	0,35	2.0
B (S1)	360 à 800 m/s	1,15	0,15	0,45	2.0
C (S2 à S3)	180 à 360 m/s	1,25	0,2	0,6	2.0
D (S2 à S3)	≤ 180 m/s	1,35	0,2	0,8	2.0
E (S2 à S3)	≤ 180 m/s ou 180 à 360 m/s	1,4	0,15	0,5	2.0

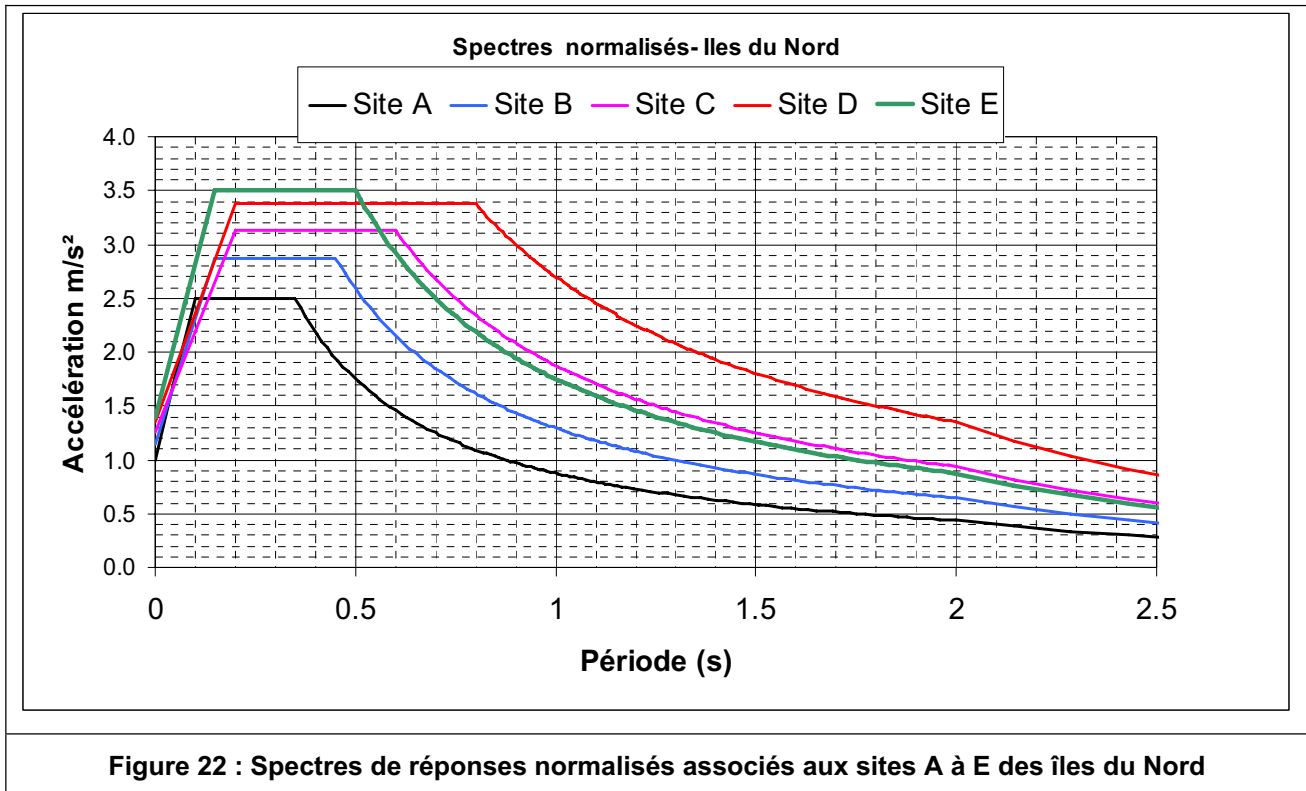
Tableau 31 : Spectres de réponses normalisés de forme EC8, associés aux différents types de site.

Avec :

- S, Ordonnée à l'origine du spectre de réponse élastique normalisé (traduit l'amplification de l'accélération maximale du sol par rapport au site de référence purement rocheux) ;
- T_B , T_C , Périodes caractéristiques des branches du spectre ;

¹¹ $V_{s,30}$: Moyenne harmonique des vitesses des ondes de cisaillement (V_s) sur les 30 premiers mètres.

- T_D , Période définissant le début de réponse constante en déplacement du spectre.



Les règles de constructions parasismiques étant obligatoires pour tout projet, l'aléa sismique local ne traduit pas une contrainte forte à l'aménagement. Il convient de déterminer à partir des reconnaissances spécifiques au site, la classe de site, pour définir le spectre de réponse normalisé à adopter. Les ordonnées spectrales sont à multiplier par la valeur a_{gr} et par le coefficient d'importance du projet.

Nous rappelons que la valeur a_{gr} calculée spécifiquement pour les îles du Nord est significativement inférieure à la valeur nominale du futur arrêté. Pour le PPR, nous préconisons de retenir une valeur de 2,5 m/s^2 pour les deux îles, intermédiaire entre les valeurs de calcul (2,2 et 2,3 m/s^2) et la valeur normative (3 m/s^2).

D'un point de vue cartographique, les effets de site (planche hors texte) sont regroupés par types de formation :

- Les formations rocheuses ou surmontées par des sols de bonnes caractéristiques en faible épaisseur (sites A et B) qui traduisent un effet de site négligeable à faible ;
- Les formations sujettes à un effet de site significatif (sites C, D ou E).

10.3 Aléa faille active, capable d'engendrer une rupture cosismique en surface

L'identification des failles et la caractérisation de leur activité et de leur potentialité d'engendrer des ruptures de surface ont été présentées au chapitre 7.2.1.

Sur le territoire de la collectivité, les failles reportées sur la carte géologique ne montrent aucune évidence de déformation de surface de terrains récents, imputables à une propagation de rupture cosismique jusqu'en surface du sol. Dans ces conditions et concernant les bâtiments courants des classes A, B et C des règles PS 92 et I, II et III de l'EC8, il n'y a pas lieu de considérer les failles reportées sur la carte géologique, comme des contraintes à l'aménagement.

La question peut être posée pour les bâtiments stratégiques de la classe D des PS92, IV de l'EC8 ou pour les installations classées pour l'environnement.

En effet, compte tenu d'une part de la méconnaissance des structures tectoniques profondes et de leur extension possible en mer et de leur cinématique, et d'autre part, de l'existence de séismes de magnitude voisines de 5.5 à 6 dans ou à proximité d'îles appartenant à l'arc actif (Montserrat, Guadeloupe) ou externe (Antigua), il apparaît prudent d'adopter une réserve pour la construction de ces ouvrages, lorsque les projets seront envisagés à moins de 200 m d'une faille dont le tracé observé figure sur la carte géologique.

Dans ces cas uniquement, le maître d'ouvrage devra procéder ou faire procéder à une expertise géologique du site permettant de confirmer l'existence de la faille, de préciser son tracé, et de justifier ou non sa prise en compte, en fonction du degré d'activité résultant de l'étude de site.

10.4 Liquéfaction des sols

Contrairement à une idée fausement répandue, et entendue lors des réunions de lancement, l'aléa liquéfaction ne conduit pas à l'inconstructibilité. Il convient simplement de le prendre en compte dans la conception et le dimensionnement du sous-œuvre.

10.4.1 Susceptibilité à la liquéfaction

La susceptibilité des sols à se liquéfier dépend :

- De la nature, de l'âge et des conditions de dépôts (YOUDE et PERKINS, 1978).
- De la présence d'eau dans les sols ;
- Des caractéristiques géotechniques des formations lithologiques.

A Saint-Martin, si certaines formations présentent bien des critères de sols liquéfiables, aucun phénomène de liquéfaction n'a été relaté dans la documentation disponible sur les trois derniers siècles. Le cas est donc différent de celui de la Guadeloupe, où de tels phénomènes ont été rapportés lors du séisme du 8 février 1843 et du séisme du 21 novembre 2004.

Par nature, les plages sableuses et cordons sableux sont les formations les plus suspectes vis-à-vis de la liquéfaction :

- D'autant plus qu'il s'agit de cordons bien développés ;
- Avec une suspicion accrue pour les anses abritées favorisant des dépôts sableux de moindre énergie : plus fins et homogènes.

Les formations colluviales fines et des formations de plages plus grossières peuvent également contenir des horizons localisés suspects vis-à-vis de la liquéfaction. En outre, le niveau de la nappe dans ces formations est souvent proche de la surface. Ceci indique donc une saturation, au moins partielle.

Les formations des lagunes sont souvent fines et plastiques. Leur susceptibilité à la liquéfaction est faible à moyenne.

10.4.2 Initiation de la liquéfaction

L'absence de phénomène rapporté tient en partie dans les faibles niveaux de sollicitation sismique qu'ont subis les îles sur la période historique. Rappelons en effet qu'historiquement, l'intensité la plus forte ressentie, correspond au degré VI-VII à Saint-Martin, soit à des sollicitations trop faibles pour avoir pu engendrer un phénomène de liquéfaction.

Ceci n'exclut pas qu'un tel phénomène se produise un jour, à la faveur d'une sollicitation sismique plus forte, envisageable pour l'île (cf. aléa sismique). L'étude de désagrégation de l'aléa montre en effet que le critère empirique magnitude – distance (AMBRASEYS, 1988) peut être vérifié.

Ainsi, la liquéfaction peut être initiée pour des distances épacentrales de :

- Environ 40 km pour un séisme de magnitude 6,3 ;
- 200 à 350 km pour un séisme de magnitude 7,5 à 8,0.

Ces critères peuvent être vérifiés pour les îles du Nord. En revanche à probabilité annuelle égale, l'étude d'aléa révèle que les niveaux d'accélération sont plus faibles dans les îles du Nord qu'en Guadeloupe, ce dont il convient de tenir compte pour déterminer les niveaux d'aléa.

10.4.3 Intensité de la liquéfaction

Compte tenu du contexte géomorphologique, si des phénomènes de liquéfaction se produisent, il faut *a priori* redouter :

- Des ruptures du sol (perte de capacité portante) et tassements
- Des glissements horizontaux.

10.4.4 Evaluation et cartographie de l'aléa liquéfaction.

L'aléa liquéfaction est jugé en fonction :

- De la susceptibilité des formations d'après des critères historiques, géologiques et hydrogéologiques ;
- De l'occasion qu'un séisme déclenche la liquéfaction, et des niveaux d'aléa probabiliste ;
- De l'intensité envisageable du phénomène.

Ainsi, l'aléa liquéfaction est considéré :

- Moyen (L2) pour les plages sableuses et cordons sableux ;

- Faible (L1) ou moyen (L2) pour les lagunes et anciennes lagunes comblées ;
- Faible (L1) pour les plages avec des matériaux plus grossiers ou hétérogènes ;
- Faible (L1) pour les alluvions ;
- Négligeable (L0) sur le reste du territoire.

Les composantes de l'aléa sismique local (effet de site, faille active, liquéfaction) sont cartographiées à l'échelle du 1/10 000 (planches hors texte).

11 ALEAS MOUVEMENTS DE TERRAIN

Conformément aux recommandations du guide méthodologique mouvement de terrain (MATE et METL, 1999) la démarche proposée pour évaluer l'aléa mouvement de terrain est une approche naturaliste du type expertise a priori, excluant le recours à des études particulières. Il s'agit d'un jugement qui classe les phénomènes puis intègre et pondère les différents facteurs à partir de la description et l'interprétation des observations de terrain.

Le niveau d'aléa est estimé en essayant de tenir compte du type de phénomènes, des facteurs de prédisposition, de l'occurrence et de l'intensité, conformément au guide du CFGI (2000).

11.1 Typologie des phénomènes

Compte tenu de la typologie des événements recensés (Carte informative des instabilités de pente), l'évaluation de l'aléa mouvements de terrain porte essentiellement sur des chutes de blocs et éboulements (P), des glissements (G), des coulées (C) ou des phénomènes associés ou mixtes (PG).

11.2 Facteurs de prédispositions ou permanents

La géologie et la topographie sont les principaux facteurs permanents à considérer.

Du point de vue géologique, on peut distinguer :

- Des formations altérées par des phénomènes hydrothermaux, où peuvent apparaître des glissements (G), des coulées (C) ou des phénomènes associés ou mixtes (PG).
- Les formations de nature plus rocheuse responsables essentiellement de phénomènes de chutes de blocs et éboulements (P).

Au-delà, le facteur prépondérant pour la cartographie des aléas est donc la topographie (Figure 3) :

- La pente, favorisant la libération de masses éboulées et leur propagation.
- Le dénivelé du versant, augmentant le nombre d'instabilités potentielles et l'énergie des masses éboulées.

Pour Saint-Martin, cet élément permet une hiérarchisation entre :

- Les falaises vives autour de l'île ;
- Les versants des Mornes Rouges à l'Ouest ;
- Les versants du Diamant, du Mont des Accords, de Marigot Hill, du Pic Paradis, du Mont Careta, de la montagne France, du mont O'Reilly et de Hope Hill au centre ;
- Les versants de Red Rock, Bell Hill, First-Stick hill, Pigeon-Pea Hill et Pea-Tree Hill au Nord-Est.

11.3 Facteurs déclencheurs ou aggravants : occurrence temporelle

Les conditions naturelles de déclenchement des phénomènes ou indices recensés (Carte informative hors texte des instabilités de pentes) apparaissent doubles :

- Continues ou régulières, pour l'action de la mer vis-à-vis des falaises ou des phénomènes pluvieux récurrents ;
- Plutôt discontinues ayant un effet de purge lors de tremblement de terre ou d'événements pluviométriques exceptionnels.

Les facteurs déclencheurs sont relativement uniformes à l'échelle de l'archipel.

11.4 Intensité des phénomènes

Dès que des phénomènes ont été recensés, les blocs ou masses éboulés sont de l'ordre de 100 dm^3 à plusieurs m^3 . Sur ce critère volumique, l'intensité à considérer (Tableau 32) est alors moyenne à forte :

Des traces d'éboulements en masses plus importants ($1\ 000$ à plus de $100\ 000 \text{ m}^3$) n'ont pas été reconnues sur le terrain, ce qui ne signifie pas qu'elles n'aient pas eues lieu dans un passé plus lointain et qu'elles ne pourraient pas avoir lieu dans le futur. Pour ces configurations, l'intensité est qualifiée de forte, élevée ou majeure (Tableau 32).

Compte tenu des volumes mobilisables et de la cinématique rapide des chutes de blocs et éboulement, ces phénomènes peuvent :

- Faire des victimes (gravité moyenne à forte, Tableau 33) ;
- Endommager la structure de construction (agressivité moyenne à élevée, Tableau 34).

L'ampleur des parades à mettre en œuvre (Tableau 35) est donc l'échelle d'intensité la plus fine à utiliser. Elle dépend en particulier de la taille du versant et du volume des masses mobilisables.

Pour la plupart des phénomènes rencontrés, qu'il s'agisse de coulées ou de chutes de blocs, des parades existent à l'échelle de la parcelle ou du versant, par la mise en œuvre d'un réseau de collecte efficace des eaux de pluies ou des dispositions constructives adaptées (décaissement, pare-blocs, etc.).

Volume mobilisé (V)	Gravité (Tableau 33)	Agressivité (Tableau 34)	DPP (Tableau 35)
$V < 1 \text{ dm}^3$	Très faible à moyenne	Nulle à faible	Faible
$1 \text{ dm}^3 < V < 100 \text{ dm}^3$	Moyenne	Faible à moyenne	Faible
$0,1 \text{ m}^3 < V < 1 \text{ m}^3$	Moyenne à forte	Moyenne	Moyenne
$1 \text{ m}^3 < V < 1\,000 \text{ m}^3$	Forte à majeure	Moyenne à élevée	Moyenne
$1\,000 \text{ m}^3 < V < 100\,000 \text{ m}^3$	Majeure	Elevée	Forte
$100\,000 \text{ m}^3 < V$	Majeure	Elevée	Forte à majeure

Tableau 32 : Estimation de l'intensité des chutes de blocs et éboulement rocheux, d'après le volume mobilisé (CFGI, 2000).

Gravité	Préjudices humains	Exemple de phénomènes
Très faible	Pas d'accident ou accident très improbable	Retrait par dessiccation, affaissement minier, fluage, glissement lent ($< 1\text{m/h}$)
Moyenne	Accident isolé	Glissement important à paroxysme rapide (quelques dam/h), chutes de pierres isolées
Forte	Quelques victimes	Chute de blocs, lave torrentielle, fontis
Majeure	Quelques dizaines de victimes ou plus	Eboulement en masse, écroulement, lave torrentielle majeure, effondrement généralisé de carrière

Tableau 33 : Exemple de définition de quatre niveaux de gravité vis-à-vis des vies humaines sous l'effet d'un mouvement de terrain (CFGI, 2000).

Agressivité	Type de dommage attendu	Exemple de phénomènes
Faible	Gros œuvre très peu touché	Affaissement de faible amplitude, chutes de pierres, glissement pelliculaire, etc.
Moyenne	Gros œuvre atteint mais réparation possible (e.g. fissuration modérée)	Affaissement de grande amplitude, effondrement ponctuel de faible diamètre, chute de blocs, glissement d'ampleur limité, etc.,
Elevée	Gros œuvre fortement touché (voire destruction totale), rendant inutilisable la construction ; réparation très coûteuse ou impossible	Eboulement rocheux, glissement de grande ampleur, effondrement généralisé de carrière, etc.

Tableau 34 : Exemple de niveaux d'agressivité vis-à-vis des vies des constructions (CFGI, 2000).

Intensité Demande de Protection Potentielle	Niveau des mesures de prévention nécessaires	Exemple de mesure de prévention (à titre indicatif)
Faible	Supportables financièrement par un propriétaire individuel (moins de 10% de la valeur vénale d'une maison individuelle moyenne)	Purge de quelques blocs instables en falaise, confortation d'une cave par piliers maçonnés
Moyenne	Parades financièrement supportables par un groupe restreint de propriétaires (immeuble collectif, petit lotissement)	Réalisation d'un merlon de terre en protection contre les chutes de blocs, comblement d'une carrière souterraine, drainage de faible ampleur dans une zone instable
Forte	Parades spécifiques, intéressant une aire géographique débordant largement le cadre parcellaire et d'un coût très important	Stabilisation d'un glissement de terrain de grande ampleur, confortement d'un pan de falaise instable
Majeure	Pas de parade sûre qui soit techniquement et économiquement envisageable	Phénomène exceptionnel tel que Séchilienne (Isère) ou la Clapière (Alpes-Maritimes), impliquant plusieurs dizaines de millions de mètres cubes

Tableau 35 : Exemple de définition de 4 niveaux d'intensité d'un mouvement de terrain, basée sur la DPP (in CFGI, 2000, d'après un document de la Délégation aux Risques Majeurs, 1990).

11.5 Evaluation de l'aléa mouvements de terrain

Conformément aux recommandations des guides méthodologiques (CFGI, 2000 ; MATE et METL, 1999), l'aléa mouvements de terrain est qualifié par un niveau d'aléa (0 à 4).

Pour expliciter notre démarche, assurer sa cohérence sur l'ensemble du territoire et faciliter la reproductibilité de l'évaluation, les règles suivantes sont énoncées et mises en œuvre pour établir la carte de l'aléa mouvements de terrain. Elle a été établie à partir des observations, de la lithologie et de la carte des pentes (si possible données OPSIA, sinon IGN).

Tout en restant cohérent avec l'état de l'art (ci-dessus), l'évaluation de l'aléa est notamment motivée par un souci d'homogénéité à l'échelle régionale. Ainsi, la plupart des phénomènes décrits sont moins fréquents et posent généralement moins de problèmes que les glissements et glissements – coulées de la Basse-Terre ou les chutes de blocs de la Désirade.

Comme pour le reste de la Guadeloupe, on ne considère pas d'aléa majeur (P4).

Dans le cas de Saint-Martin, et à la différence des cartographies présentées dans le précédent PPR, aucun facteur lié à la nature des terrains, aux dénivelés et pentes n'apparaît clairement discriminant, pour identifier les zones d'aléa fort par type de phénomène. Le parti a été pris d'utiliser le critère de pente et de dénivelé pour apprécier les plus fortes probabilités de déclenchement des phénomènes. Les zones d'aléa fort

soulignent donc plus la plus forte probabilité de déclenchement (pente et dénivelé), que l'ampleur même des phénomènes.

Géographiquement, l'aléa mouvements de terrain fort concerne pour Saint-Martin :

- Les zones de déclenchement potentiel de Bell-Hill et First-Stick Hill au Nord-ouest ;
- Les reliefs marqués des Monts O'Reilly et Caréta, ceux de la Montage France et du Pic Paradis ;
- Les secteurs de Hope Hill et Concordia Hill ;

L'aléa mouvements de terrain est jugé moyen (2) lorsque les conditions suivantes sont rencontrées :

- Un grand nombre de phénomènes de chutes de gros blocs ou de coulées.
- Versants avec des formations susceptibles de libérer des blocs avec des pentes moyennes de 15° à 25° environ et un dénivelé pluri-décamétrique.
- Versants avec des formations superficielles et un ravinement actif sous fort épisode pluvieux favorables à la formation de coulées de blocs et de sols.
- Versants avec des formations où des phénomènes de glissement ont été observés dans le passé, et où les pentes sont comprises entre 15° et 25°.
- Zones de réception des zones d'aléa fort.

Le zonage proposé s'appuie sur une enveloppe des indices recensés. Néanmoins, à l'aval de certains versants, des bandes de sécurité supplémentaires peuvent être considérées avec un aléa moindre au-delà des zones de propagation observées.

L'aléa mouvements de terrain est jugé faible (1) lorsque les conditions suivantes sont rencontrées :

- Peu de phénomènes de chutes de blocs observés.
- Des phénomènes de glissements pelliculaires donnant lieu à de l'érosion, en particulier dans les formations altérées.
- Versants avec un dénivelé limité ou des pentes moyennes inférieures à 15-20°.

En dehors de ces zones, le niveau d'aléa mouvements de terrain est considéré comme négligeable, ce qui n'exclut pas que des phénomènes puissent s'y produire, mais avec une faible probabilité. Sur le reste du territoire en particulier, il ne faut pas perdre de vue que les phénomènes susceptibles d'affecter des talus anthropiques de dimensions limités (déblais et remblais routiers, terrassements, etc.) ne peuvent être considérés à l'échelle de la carte. De plus il s'agit plus d'une problématique de géotechnique de projet, que d'aléas naturels.

Ces critères ont été fixés au regard de la carte informative des mouvements de terrain et de notre expérience. Il s'agit toutefois d'un compromis :

- Avec des valeurs plus sévères, plus de phénomènes recensés coïncideraient avec une zone d'aléa fort, mais cet aléa fort couvrirait trop de zones pour lesquelles il n'y a pas d'évidence de mouvements de terrain ou dont l'aménagement reste techniquement et économiquement possible.

- Avec des valeurs moins sévères, la proportion de mouvements de terrains recensés en zone d'aléa moyen et surtout faible augmenterait significativement, risquant d'affecter la pertinence et la crédibilité du zonage de l'aléa mouvements de terrain.

Les valeurs proposées nous semblent un compromis raisonnable, pour lesquels il faut entendre que :

- L'essentiel des phénomènes recensés se retrouve en aléa fort ou moyen, notamment les mouvements de terrain de grande ampleur ou de déclenchement strictement naturel, hors des zones d'influence anthropique.
- De nombreux phénomènes avérés ou supposés sont situés en zone d'aléa moyen, il s'agit souvent de phénomènes relativement maîtrisables (écrans pare blocs ou parades actives, maîtrise du pluvial) ou pour lesquels des perturbations anthropiques, difficiles à appréhender a priori, aggravent le pronostic initial.
- L'aléa mouvements de terrain faible ne signifie pas absence de phénomènes, mais bien qu'il s'agit d'événements de plus faible ampleur, jugés maîtrisables, ou dont l'occurrence à l'échelle d'une centaine d'année est estimée comme faible.

L'aléa mouvements de terrain est cartographié à l'échelle du 1/10 000 (planche hors texte).

12 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFPS (2005). Le séisme des Saintes (Guadeloupe) du 21 novembre 2004. Rapport de mission.
- BERNARD P., LAMBERT J. (1985). Sismicité des petites Antilles. Les séismes majeurs du 8 février 1843 et du 29 avril 1897. Effets macrosismiques et caractéristiques focales. Etude de la vulnérabilité du bâti et corrélations avec les formations géologiques superficielles sur le site de la Pointe-à-Pitre en 1897. *Rapport BRGM 85 SGN 085 GEG.*
- CFGI (2000). Caractérisation et cartographie de l'aléa dû aux mouvements de terrain. Collection environnement. Les risques naturels. *LCPC, Paris, 91 p.*
- FEUILLET N. (2000). Sismotectonique des Petites Antilles. Liaison entre activité sismique et volcanique. *Thèse de Doctorat, Université Paris 7, Denis Diderot, p. 1-283 (deux volumes).*
- GRELLET B., SAURET B., CHABELLARD J.G., BONNETON (1988). Cadre général de la tectonique récente de la Guadeloupe. Rapport BRGM, 88 SGN 627 GEG.
- MARTIN C., COMBES Ph., SECANELL R., LIGNON G., CARBON D., FIORAVANTI A., GRELLET B. (2002). Révision du zonage sismique de la France. Etude probabiliste. Rapport de phase 3. *GTR/MATE/0701-150.*
- MOMPELAT P. (1994). Unités cartographiques et évaluation de l'aléa mouvements de terrain en Guadeloupe (Antilles françaises). Thèse de doctorat de l'université Paris 6. N°94-09. 337 pages.
- NATIONS UNIES (1992) – Glossaire international multilingue agréé de termes relatifs à la gestion des catastrophes. *UN DHA, Genève, 83 p.*
- SAFFACHE P., MARC J.-V., HUYGHES-BELROSE V. (2003). Les cyclones en Guadeloupe. Quatre siècles cataclysmiques. IBIS Rouge Edition
- SAINTE-CLAIRE DEVILLE Ch. (1843). Observations sur le tremblement de terre éprouvé à la Guadeloupe le 8 février 1843. Basse-Terre, juillet 1843.

GUIDES PPR

- MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT, MINISTERE DE L'EQUIPEMENT DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT (1997). Guide général – Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR). *La Documentation française, Paris, 76 p.*
- MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT, MINISTERE DE L'EQUIPEMENT DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT (1997). Guide méthodologique – Plans de prévention des risques littoraux (PPR). *La Documentation française, Paris, 56 p.*
- MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT, MINISTERE DE L'EQUIPEMENT DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT (1999). Guide méthodologique – Plans de prévention des risques naturels (PPR) : risques d'inondations. *La Documentation française, Paris, 124 p.*

MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT, MINISTERE DE L'EQUIPEMENT DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT (1999). Guide méthodologique – Plans de prévention des risques naturels (PPR) : risques de mouvements de terrains. *La Documentation française, Paris, 71 p..*

MINISTERE DE L'ECOLOGIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE, MINISTERE DE L'EQUIPEMENT DES TRANSPORTS, DU LOGEMENT, DU TOURISME ET DE LA MER (2002). Guide méthodologique – Plans de prévention des risques naturels (PPR) : risques sismiques. *La Documentation française, Paris, 112 p..*

13 LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Emprises des levés topographiques disponibles sur la collectivité territoriale de Saint Martin

Figure 2 : Vue générale de l'île de Saint Martin (image Google Earth, 2008)

Figure 3 : Morphologie du relief de la collectivité territoriale de Saint Martin – Cartes des altitudes et des pentes (d'après MNT IGN).

Figure 4 : Carte géologique de l'île de Saint Martin d'après Dagain *et al.*, 1989

Figure 5 : Le POS de Saint-Martin ((Source Collectivité de Saint-Martin – Direction de l'Aménagement du Territoire – Service Urbanisme))

Figure 6 : Les quartiers de Saint-Martin. 1 : Quartier d'Orléans 2 : Quartier de Grand-Case – Cul-de-Sac 3, 4, 5 : Quartier de Marigot – Colombier 6 : Sandy-Ground – Terres Basses (Source Collectivité de Saint-Martin – Direction de l'Aménagement du Territoire – Service Urbanisme)

Figure 7 : Répartition géographique des secteurs urbanisés

Figure 8 : Répartition du bâti à Saint-Martin

Figure 9 : Réseau routier de Saint-Martin.

Figure 10 : Patrimoine naturel (Source DDE 971 : Préconisations et proposition d'accompagnement pour l'élaboration d'un projet de développement durable – Mars 2007)

Figure 11 : La force de Coriolis (source : www.prim.net)

Figure 12 : Parties d'un cyclone tropical (source : www.prim.net)

Figure 13 : les dangers des cyclones (source : www.prim.net)

Figure 14 Images des destructions liées au séisme de 1843 et de l'incendie qui s'est déclaré peu de temps après le séisme à Pointe-à-Pitre (Guadeloupe)

Figure 15 : Contexte géodynamique et activité sismique de l'arc des Petites Antilles

Figure 16 : Activité sismique superficielle et profonde de la partie Nord de l'arc des Petites Antilles

Figure 17 : Typologie des mouvements de terrain (d'après MOMPÉLAT, 1994)

Figure 18 : Effet de la houle et de la tempête en zone côtière (source : www.prim.net).

Figure 19 : Hauteur significative de la houle, au large des Iles du Nord, d'une période de retour de 100 ans (Source : Météo-France)

Figure 20 : Hauteur significative de la houle, au large des îles du Nord, d'une période de retour de 100 ans
(Source : Météo-France)

Figure 21 : Grandeurs significatives retenues dans l'évaluation de l'aléa cyclonique.

Figure 22 : Spectres de réponses normalisés associés aux sites A à E des îles du Nord

14 LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Interlocuteurs identifiés.

Tableau 2 : Personnes rencontrées ou contactées.

Tableau 3 : Données récupérées.

Tableau 4 : Etudes géotechniques à Saint-Martin.

Tableau 5 : Arrêtés de catastrophe naturelle à Saint Martin (d'après <http://www.prim.net>).

Tableau 6 : Population de Saint-Martin par tranches d'âge et indicateurs démographiques (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Tableau 7 : Habitat à Saint-Martin (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Tableau 8 : Etablissements scolaires du 1^{er} et 2nd degré de Saint-Martin (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Tableau 9 : Répartition des entreprises (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Tableau 10 : Répartition de la population active à Saint-Martin (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Tableau 11 : Parc hôtelier de Saint-Martin (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Tableau 12 : Evolution du tourisme de croisière à Saint-Martin (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Tableau 13 : Nombre de places dans les marinas de Saint-Martin (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Tableau 14 : Activités du port de Galisbay (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Tableau 15 : Activités portuaires (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Tableau 16 : Trafic aéroport (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Tableau 17 : Production électrique (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Tableau 18 : Rendement du réseau d'eau de Saint-Martin (Source : rapport annuel 2006 – IEDOM)

Tableau 19 : Classification des cyclones et catégories d'ouragans (échelle de SAFFIR-SIMPSON).

Tableau 20 : Phénomènes cycloniques passés à moins de 100 km des Iles du Nord

Tableau 21 : Effets macrosismiques d'intensité supérieure ou égale à 4, rapportés historiquement à Saint-Martin (d'après Sis-France-Antilles).

Tableau 22 : Estimation de la surcote totale : Collectivité territoriale de Saint Martin

Tableau 23 : Critères de détermination des niveaux d'aléa cyclonique (houle et submersion marine).

Tableau 24 : Détermination des niveaux d'aléa inondation.

Tableau 25 : Coefficient d'importance des bâtiments.

Tableau 26 : Coefficient de sol S.

Tableau 27 : Valeurs des périodes caractéristiques des formes spectrales normatives.

Tableau 28 : Types de site associés aux différentes unités géomorphologiques.

Tableau 29 : Classification des classes de sol selon la réglementation EC8.

Tableau 30 : Définition des types de site (PS92).

Tableau 31 : Spectres de réponses normalisés de forme EC8, associés aux différents types de site.

Tableau 32 : Estimation de l'intensité des chutes de blocs et éboulement rocheux, d'après le volume mobilisé (CFGI, 2000).

Tableau 33 : Exemple de définition de quatre niveaux de gravité vis-à-vis des vies humaines sous l'effet d'un mouvement de terrain (CFGI, 2000).

Tableau 34 : Exemple de niveaux d'agressivité vis-à-vis des vies des constructions (CFGI, 2000).

Tableau 35 : Exemple de définition de 4 niveaux d'intensité d'un mouvement de terrain, basée sur la DPP (in CFGI, 2000, d'après un document de la Délégation aux Risques Majeurs, 1990).

15 PLANCHES HORS TEXTE

Pour chaque collectivité, les planches hors texte suivante sont fournies au format A0 :

- Carte informative des phénomènes météorologiques ;
- Carte informative des instabilités de pentes
- Carte de l'aléa cyclonique (houle et submersion)
- Carte de l'aléa inondation
- Carte de l'aléa sismique local (effets de site)
- Carte de l'aléa liquéfaction
- Carte de l'aléa mouvements de terrain.

16 LISTE DES ENCARTS

Encart 1 : Quelques définitions.

Encart 2 : Les espaces urbanisés et à préserver (d'après le guide PPR sismique).

Encart 3 : Echelle d'intensité macrosismique (d'après Sis-France-Antilles)

Encart 4 : Rappel sur les paramètres caractérisant le mouvement sismique.

Encart 5 : Chute de pierres, chute de blocs, éboulement en masse ou en grande masse

Encart 1 : Quelques définitions.**LES FORMES DU RELIEF KARSTIQUE**

D'après <http://fr.wikipedia.org/wiki/Karst>

Le **karst** est un paysage façonné dans des roches solubles carbonatées. Les paysages karstiques sont caractérisés par des formes de corrosion de surface, mais aussi par le développement de cavité par les circulations d'eaux souterraines.

Une **doline** est une dépression de terrain dont le fond est en général plat et fertile. Les dolines sont dues à des phénomènes de dissolution des calcaires et mesurent de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres. Leur fond est argileux permettant la rétention locale d'eau (mares).

Un **aven** est un gouffre caractéristique des régions karstique, le plus souvent formé par effondrement de la voûte d'une cavité karstique du à la dissolution des couches calcaires.

Encart 2 : Les espaces urbanisés et à préserver (d'après le guide PPR sismique).**LES ESPACES URBANISES**

Les parties urbanisées sont définies par référence aux dispositions de l'article L. 111-1-2 du code de l'urbanisme qui introduit la notion de *parties actuellement urbanisées de la collectivité territoriale*. Le caractère urbanisé ou non d'un espace doit s'apprécier en fonction de sa réalité physique et non du zonage opéré par le Plan d'Occupation des Sols ou le Plan Local d'Urbanisme. Ainsi, le classement constructible ou d'urbanisation future n'entraîne pas ipso facto l'inclusion du terrain dans la partie urbaine. Depuis l'entrée en vigueur de l'article L. 111-1-2, une abondante jurisprudence a précisé la notion d'espace urbanisé.

Aujourd'hui, un faisceau d'indices permet de déterminer si l'on est ou non dans un espace urbanisé :

- Le nombre de constructions existantes ;
- La distance du terrain par rapport au bâti existant ;
- La continuité avec des parcelles bâties ;
- Le niveau de desserte par les équipements.

Il convient de noter que les principes de l'article L. 111-1-2 (applicable depuis 1983) et de la jurisprudence s'y rapportant sont en tous points transposables à l'article L. 111-1-4 relatif aux entrées de villes (introduit dans le code de l'urbanisme en 1995 seulement), pour ce qui concerne la notion d'espaces urbanisés.

LES ESPACES A PRESERVER

- Les espaces urbanisés dont le développement ou la réhabilitation mal maîtrisés pourraient aggraver les phénomènes naturels. La modification des conditions d'écoulement des eaux pluviales ou usées, par exemple, peut provoquer des mouvements de terrain sur les zones en pentes et la liquéfaction des sols dans des zones basses ;
- Les zones d'urbanisation futures, en particulier celles qui sont soumises à des effets de site ou induit ou encore situées sur le tracé de failles supposées actives ;
- Les espaces naturels, agricoles et forestiers concourant à la protection des zones exposées pour les mouvements de terrains.

Encart 3 : Echelle d'intensité macrosismique (d'après Sis-France-Antilles)**L'intensité est évaluée sur une échelle macrosismique.**

En France et dans la plupart des pays européens, l'intensité est exprimée dans l'échelle M.S.K. 1964 (du nom de ses auteurs : Medvedev, Sponheuer et Karnik), qui comporte 12 degrés exprimés en chiffres romains pour souligner le caractère discret des degrés de l'échelle. Pour des raisons pratiques, les chiffres arabes sont ici utilisés. Pour les séismes actuels, l'échelle préconisée est l'EMS 1998 (European Macroseismic Scale) qui est une actualisation de l'échelle MSK plus adaptée aux constructions actuelles (notamment les constructions parasismiques).

Descriptif succinct des degrés de l'échelle d'intensité M.S.K. 1964 :

(M.S.K. : Medvedev, Sponheuer, Karnik : auteurs de l'échelle)

- 0 secousse déclarée non ressentie** (valeur propre à SisFrance, hors échelle MSK),
- 1 secousse non ressentie**, mais enregistrée par les instruments (valeur non utilisée),
- 2 secousse partiellement ressentie**, notamment par des personnes au repos et aux étages,
- 3 secousse faiblement ressentie**, balancement des objets suspendus,
- 4 secousse largement ressentie** dans et hors les habitations, tremblement des objets,
- 5 secousse forte**, réveil des dormeurs, chutes d'objets, parfois légères fissures dans les plâtres,
- 6 dommages légers**, parfois fissures dans les murs, frayeur de nombreuses personnes,
- 7 dommages prononcés**, larges lézardes dans les murs de nombreuses habitations, chutes de cheminées,
- 8 dégâts massifs**, les habitations les plus vulnérables sont détruites, presque toutes subissent des dégâts importants,
- 9 destructions** de nombreuses constructions, quelquefois de bonne qualité, chutes de monuments et de colonnes,
- 10 destruction générale** des constructions, même les moins vulnérables (non parasismiques),
- 11 catastrophe**, toutes les constructions sont détruites (ponts, barrages, canalisations enterrées...),
- 12 changement de paysage**, énormes crevasses dans le sol, vallées barrées, rivières déplacées.

Encart 4 : Rappel sur les paramètres caractérisant le mouvement sismique.

Pour l'application des règles nationales de construction parasismique, la sollicitation est essentiellement décrite par une expression de la forme :

- $a_N \cdot S_i(T)$ pour les règles nationales PS 92 ;
- $a_g \cdot S_i(T)$ pour le futur Eurocode 8.

La signification est la suivante :

- a_N et a_g traduisent la **composante régionale liée aux sources sismiques** à considérer. Elles n'ont cependant pas la même signification dans les deux réglementations. Le coefficient a_N de la réglementation française correspond à une accélération de plateau du spectre, divisée par 2,5. Il est supposé correspondre à une période de retour de 475 ans, soit une probabilité de dépassement de 10% en 50 ans. Il varie également en fonction de l'importance de l'ouvrage (bâtiment B, C ou D). Le coefficient a_g correspond lui à une accélération à période nulle, pour une période de retour de 475 ans.
- Le facteur de forme $S_i(T)$ fonction de la période, correspond à un spectre de réponse. Il traduit en particulier l'influence des **configurations géologiques**, capables de modifier le mouvement vibratoire (effets de site). La réglementation française distingue 4 types de sites (S0, S1, S2 et S3), et la réglementation européenne 5 sites de base (A, B, C, D, E) et deux sites spéciaux S1 et S2.

Encart 5 : Chute de pierres, chute de blocs, éboulement en masse ou en grande masse

TYPOLOGIE

Les chutes de masses rocheuses sont des mouvements rapides, discontinus et brutaux résultant de l'action de la pesanteur et affectant des matériaux rigides et fracturés. Ces chutes se produisent par basculement, rupture de pied, glissement banc sur banc, à partir de falaises, escarpements rocheux, formations meubles à blocs, blocs provisoirement immobilisés sur une pente.

Les blocs peuvent rouler et rebondir, puis se stabiliser dans une zone dite d'épandage. La trajectoire la plus fréquente suit en général la ligne de plus grande pente, mais on peut observer des trajectoires très obliques résultant notamment de la forme géométrique de certains blocs (plaque roulant sur la tranche) et de petites irrégularités du versant. Les distances parcourues sont fonction de la taille, de la forme et du volume des blocs éboulés, de la pente du versant, de la nature du sol, de la densité et de la nature de la végétation.

En ce qui concerne les éléments éboulés, on distingue :

- Les **pierres**, d'un volume inférieur à 1 dm^3 ;
- Les **blocs**, d'un volume compris entre 1 dm^3 et 1 m^3 ;
- Les **gros blocs**, d'un volume supérieur à 1 m^3 ;

Suivant le volume total éboulé, on distingue :

- Les **chutes de pierres ou de blocs**, d'un volume total inférieur à la centaine de m^3 ;
- Les **éboulements** en masse, d'un volume allant de quelques centaines de m^3 à quelques centaines de milliers de m^3 ;
- Les **éboulements** (ou écroulements) **en grande masse**, d'un volume supérieur au million de m^3 .

Encart 5 : Chute de pierres, chute de blocs, éboulement en masse ou en grande masse**CONDITIONS D'APPARITION**

La densité, l'orientation des discontinuités, la structure du massif rocheux et la présence de cavités constituent des facteurs de prédisposition à l'instabilité. La phase de préparation, caractérisée par l'altération et l'endommagement progressifs du matériau et accompagnée d'ouvertures limitées des fractures difficiles à déceler, peut être longue. Des reliefs escarpés présentant un dénivelé important sont nécessaires pour des mouvements de grande ampleur.

Les principaux facteurs naturels déclencheurs sont la pluviométrie, la croissance de la végétation, les secousses sismiques, l'affouillement ou la sape de l'escarpement.

Les déclencheurs naturels sont prépondérants dans ce type d'instabilité. Notamment l'eau :

- Par son action mécanique, d'érosion en pied de paroi, modifiant les conditions aux limites ;
- Par son rôle physique développant des surpressions interstitielles dans le massif.

Les chutes de pierres ou de blocs résultent de l'individualisation d'éléments mobilisables et d'une géométrie propice à l'initiation du mouvement puis sa propagation.

L'altération et l'érosion peuvent favoriser l'individualisation des blocs et être ainsi considérées comme des facteurs déclencheurs. Outre l'initiation naturelle du mouvement par entraînement hydraulique, pression hydrostatique ou sollicitation sismique, le principal facteur aggravant est anthropique. Ainsi, travaux de terrassements ou prélèvement de matériaux peuvent modifier les conditions aux limites géométriques.

EFFETS ET CONSEQUENCES

Étant donné la rapidité, la soudaineté et le caractère souvent imprévisible de ces phénomènes, les instabilités rocheuses constituent des dangers pour les vies humaines, même pour de faibles volumes (chutes de pierres). Les chutes de blocs, et à plus forte raison les éboulements, peuvent causer des dommages importants aux structures, pouvant aller jusqu'à leur ruine complète, d'autant plus que l'énergie des blocs (fonction de la masse et du carré de la vitesse) est grande.

TECHNIQUES DE PREVENTION

Au titre des techniques de prévention, les parades actives consistent à s'opposer à la manifestation du phénomène et sont appliquées dans la zone de départ (confortement des falaises, purges). Les parades passives sont destinées à protéger une construction ou un site exposé à des trajectoires de blocs, par la mise en place d'un écran. Ces techniques ne peuvent être utilisées que pour des phénomènes maîtrisables et non pour des mouvements de grande ampleur. Pour ces derniers, il n'existe pas de solutions techniques de traitement. Ils ne peuvent faire l'objet que d'une auscultation ou d'une surveillance, associé à la mise en place d'un plan d'évacuation et de secours.