



Impacts géotechniques et hydrauliques de l'élévation du niveau de la mer due au changement climatique dans le contexte urbain côtier de la zone pointoise (Guadeloupe)

Rapport final

BRGM/RP-60857-FR

Janvier 2012

Impacts géotechniques et hydrauliques de l'élévation du niveau de la mer due au changement climatique dans le contexte urbain côtier de la zone pointoise (Guadeloupe)

Rapport final

BRGM/RP-60857-FR
Janvier 2012

Étude réalisée dans le cadre des projets de Service public du BRGM 2011 11LITA01

E. Bourdon et C.Chiozzotto

Vérificateur :

Nom : Fontaine M.

Date : 05/03/2012

Signature : 

Approbateur :

Nom : Mompelat JM

Date : 07/03/2012

Signature : 

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

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Mots clés : Changement climatique, niveau marin, géologie, MNT, fondations, bâti, réseaux, Pointe-à-Pitre, Baie-Mahault, Les Abymes, Guadeloupe, Antilles, Caraïbes.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

BOURDON E. et CHIOZZOTTO C. (2012) – Impacts géotechniques et hydrauliques de l'élévation du niveau de la mer due au changement climatique dans le contexte urbain côtier de la zone pointoise (Guadeloupe). Rapport BRGM/RP-60857-FR, 135 p.

Synthèse

Dans le cadre de la convention signée entre la DEAL Guadeloupe et le BRGM le 24 novembre 2010, ce rapport a pour objectif de présenter l'impact géotechnique et hydraulique de l'élévation du niveau marin lié au changement climatique à l'horizon 2100 dans la zone pointoise (Pointe-à-pitre et sa périphérie) en Guadeloupe. Cette étude a été réalisée dans le cadre du Schéma Régional Climat-Air-Energie (SRCAE).

Situé dans une zone de basse-altitude en domaine côtier, la zone urbanisée de Pointe-à-Pitre/Abymes/Baie-Mahault devrait connaître, comme beaucoup de zones côtières au monde, de nombreux problèmes liés à l'élévation du niveau marin due au changement climatique. Ces problèmes affecteront aussi bien le bâti que les différents réseaux présents dans cette zone qui est le poumon économique de l'archipel guadeloupéen où les enjeux socio-économiques sont forts (port, aéroport, moyens de production électrique, point de passage entre les 2 îles principales, forte densité de population, etc...).

Initialement, le projet comportait plusieurs étapes :

1. Une synthèse sur les hypothèses d'élévation du niveau de la mer liée au changement climatique dans la région à l'horizon 2100 ;
2. Une délimitation et caractérisation au sein de l'agglomération centrale, où se concentrent les infrastructures économiques, le port principal et l'aéroport, de zones homogènes du point de vue lithologique ;
3. Un inventaire des problèmes qui se posent déjà dans la zone d'étude (via un questionnaire *ad hoc* envoyés aux maîtres d'ouvrages et opérateurs de réseaux de la zone), et dans d'autres zones aux caractéristiques proches, hors de Guadeloupe ;
4. Une caractérisation des dispositifs géotechniques et hydrauliques existants et des éventuelles modalités de prise en compte de l'élévation du niveau de la mer dans les projets de construction et d'aménagement actuels (via le questionnaire *ad hoc* ci-dessus) ;
5. Un inventaire et une caractérisation des problèmes posés par une élévation du niveau de la mer et la rédaction d'un « Guide des bonnes pratiques » pour l'adaptation au changement du niveau marin.

Sur la base d'une recherche bibliographique, l'élévation du niveau de la mer dans la région pointoise a été estimée à 50 cm d'ici à 2060 et à 80 cm à l'horizon 2100.

Une modélisation des différentes zones ennoyées d'ici 2100 a pu être réalisée à partir notamment d'un MNT local. Bien que les résultats de cette modélisation ne puissent pas servir pour un zonage d'aléa en raison du degré de précision des données initiales, il est possible de reconnaître des zones qui seront systématiquement ennoyées d'ici 2100. Il s'agit des terrains situés à proximité immédiate de la Rivière Salée, de la zone de mangrove située entre la Gabarre et le Raizet, des zones entourant la piste de l'aéroport, d'une partie importante des quartiers de Lauricisque et de Bergevin, de

l'extrémité ouest de Grand-Camp, et de l'ensemble des zones côtières situées de part et d'autres de Morne à Savon à Jarry Houëlbourg (et jusqu'au Pont de la Gabare au nord de ce dernier).

La réalisation d'une carte géologique homogène reprenant notamment les importantes superficies de remblais gagnés sur la mangrove ou la mer, permet de reconnaître, à partir de leurs caractéristiques géotechniques, les ensembles lithologiques les plus sensibles à l'élévation future du niveau marin. Il s'agit précisément des remblais, en particulier ceux initialement installés sur des terrains secs.

En l'absence de retour qualitatif et quantitatif suffisant à notre questionnaire aux opérateurs de réseaux et maîtres d'ouvrage de la zone, il n'a été possible ni de déterminer les désordres déjà apparus liés à l'augmentation du niveau marin, ni de prévoir les désordres spécifiquement attendus. Une recherche bibliographique a cependant permis de déterminer les désordres généraux liés à une élévation du toit de la nappe ou la mise en présence de structures avec de l'eau salée. On peut noter par exemple, l'altération des bétons, les déstabilisations de fondations, l'ennoiement des parties basses de différents bâtis ou encore la mise hors d'usage de l'assainissement autonome.

Pour compenser l'absence de réponses au questionnaire, nous avons réalisé un important travail d'inventaire (non-exhaustif) sur le terrain concernant 34 sites susceptibles d'être affectés par l'élévation du niveau marin. Pour chaque site, nous avons relevé le contexte, la géologie, l'hydrogéologie, les enjeux et finalement la vulnérabilité associée en fonction de l'altitude de l'enjeu par rapport au niveau actuel de la mer. Il ressort de cet inventaire que 13 sites présentent une vulnérabilité forte, 13 une vulnérabilité moyenne et 8 une vulnérabilité faible.

Globalement, il semble que les installations les plus sensibles ou dangereuses (sites ICPE, SEVESO, postes électriques ou de production, réservoirs AEP, etc.) ne soient pas menacées par la montée des eaux. En effet, celles-ci se localisent soit sur des terrains massifs à altitude suffisante, soit sur des terrains remblayés surélevés, permettant de les placer à distance du toit de la nappe d'eau souterraine.

Ne disposant pas de suffisamment d'éléments permettant de rédiger un « Guide des bonnes pratiques » pour les maîtres d'ouvrages, des recommandations pour l'adaptation du bâti, le bâti futur, ou la mise en œuvre d'études à réaliser sont proposées. Les adaptations possibles à mettre en œuvre sont nombreuses et dépendront du choix des décideurs, en termes financiers mais surtout en fonction du contexte et des enjeux de chaque site puisque les réponses à l'élévation du niveau marin pourront varier considérablement d'un endroit à un autre.

Sommaire

1. Introduction	9
2. Hypothèses sur l'élévation du niveau de la mer dans la zone de Pointe-à-Pitre/Jarry à l'horizon 2100	13
2.1. LE CHANGEMENT CLIMATIQUE A L'ECHELLE MONDIALE.....	13
2.2. LE CHANGEMENT CLIMATIQUE, ET EN PARTICULIER L'ELEVATION DU NIVEAU DE LA MER, AU NIVEAU DES PETITES ILES.....	16
2.2.1. Le changement climatique au niveau des petites îles : observations et projections	16
2.2.2. Synthèse sur les hypothèses d'élévation du niveau de la mer dans la zone pointoise aux horizons 2060 et 2100.....	18
3. Discrétisation d'unités homogènes au sein de l'agglomération pointoise	23
3.1. UNITES GEOLOGIQUES HOMOGENES	23
3.1.1. Etude géologique.....	23
3.2. UNITES D'AMENAGEMENTS HOMOGENES	29
3.2.1. Bâti	29
3.2.2. Réseaux	31
3.3. ZONES BASSES POTENTIELLEMENT IMMERGEES.....	36
3.3.1. Niveau de nappe hétérogène	37
3.3.2. Niveau de nappe homogène	39
3.3.3. Zones ennoyées et zones potentiellement affectées par l'élévation du niveau marin	42
4. Problèmes géotechniques liés à l'élévation du niveau de la mer	43
4.1. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES DEGRADATIONS AFFECTANT SOLS ET OUVRAGES	43
4.1.1. Comportement général des sols face à une augmentation de la teneur en eau.....	43
4.1.2. Comportement des sols rencontrés sur le secteur	44
4.1.3. Problématique de liquéfaction	48
4.1.4. Problèmes rencontrés sur les ouvrages géotechniques.....	49
4.2. PROBLEMES GEOTECHNIQUES RENCONTRES HORS DE GUADELOUPE.....	51
4.2.1. Delta du Nil	51

4.2.2. Bangkok	52
4.3. PROBLEMES GEOTECHNIQUES RENCONTRES EN GUADELOUPE	54
4.3.1. Enquête auprès des communes et gestionnaires de réseaux	54
4.3.2. Le bâti et les réseaux de la zone pointoise : risques potentiels.	54
4.3.3. Enquête de terrain.....	56
5. Sites sensibles et prise en compte de la problématique dans la région pointoise	59
5.1. INVENTAIRE DES SITES SENSIBLES	59
5.2. LES ICPE ET SITES SEVESO	62
5.3. PRISE EN COMPTE DE L'ELEVATION DU NIVEAU DE LA MER DANS LA CONCEPTION DES OUVRAGES.....	66
5.4. EXEMPLES DE CONTEXTES ET D'ENJEUX FACE A L'ELEVATION DU NIVEAU MARIN	66
6. Recommandations associées au problème d'élévation du niveau marin	69
6.1. SOLS.....	69
6.1.1. Les remblais.....	69
6.1.2. Traitement à la chaux des sols fins.....	69
6.1.3. Liquéfaction.....	70
6.2. FONDATIONS ET RESEAUX	70
6.2.1. Prise en compte d'un niveau spécifique d'élévation du niveau de la nappe	70
6.2.2. Evaluations spécifiques aux zones reconnues comme très vulnérables .	71
6.2.3. Mesures de protection générales préconisées	71
6.2.4. Mesures de protection concernant les matériaux de construction	73
6.2.5. Mesures de protection face au phénomène de liquéfaction.....	74
7. Conclusion.....	75
8. Bibliographie	77
9. Annexes	81

Liste des illustrations

Figure 1 : Carte géographique de l'archipel des Petites Antilles (Source : Larousse 2009) et	9
Figure 2 : Carte IGN de l'archipel de la Guadeloupe et localisation du secteur Jarry/Pointe-à-Pitre.	10
Figure 3 : Extrait de la carte IGN du secteur d'étude de Jarry/Pointe-à-Pitre.....	11
Figure 4 : Scénarios d'émissions de GES pour la période 2000-2100 et projections relatives aux températures en surface	14
Figure 5 : Configuration du réchauffement à la surface du globe.....	15
Figure 6 : Evolution du niveau global de la mer au cours du XXème siècle mesuré au moyen de marégraphes. (Source : Université du Colorado)	19
Figure 7 : Evolution du niveau global de la mer entre 1993 et 2008. (Source : Université du Colorado, 2009)	19
Figure 8 : Distribution géographique des vitesses de variation du niveau de la mer entre 1993 et 2007, déterminées par satellites (Topex/Poseidon et Jason-1). (Source : LEGOS/OMP)	21
Figure 9 : Schéma structural de l'arc Caraïbes, d'après Stephan et al. (1990), Feuillet (2000),	23
Figure 10 : Schéma géologique simplifié de la Guadeloupe.	24
Figure 11 : Carte géologique harmonisée du secteur d'étude.....	26
Figure 12 : Zonage du bâti à partir de l'orthophoto de 2004.....	30
Figure 13 : Réseau de circulation terrestre.....	32
Figure 14 : Le réseau électrique HTB en bordure de la Rivière Salée (photo BRGM).....	36
Figure 15 : Avec une nappe hétérogène (B) , l'élévation du niveau de la mer peut entraîner l'ennoiement de zones pourtant situées à une altitude supérieure. Ce n'est pas le cas avec une nappe homogène (A).	37
Figure 16 : Superposition des quatre interpolations pour un niveau de nappe extrapolé mettant en évidence les zones immergées vers 2100 (élévation du niveau marin de 80 cm) – les zones roses correspondent aux sites immergés.....	38
Figure 17 : MNT classé mettant en évidence les zones à moins de 50 cm d'altitude (rose et jaune) et celles entre 50 et 80 cm d'altitude (orange clair).....	40
Figure 18 : Superposition des quatre interpolations pour un niveau de nappe homogène mettant en évidence les zones immergées vers 2060 (élévation du niveau marin de 50 cm) – les zones roses correspondent aux sites immergés.....	41
Figure 19 : Superposition des quatre interpolations pour un niveau de nappe homogène mettant en évidence les zones immergées vers 2100 (élévation du niveau marin de 80 cm) – les zones roses correspondent aux sites immergés.....	41
Figure 20 : Impact potentiel d'une élévation du niveau de la mer de 0,5 m et de 1 m dans le Delta du Nil (Sources : Otto Simonett, PNUE, GRID Geneva, Prof. G. Sestini, Florence, Centre d'analyses à distance, Le Caire, DIERCKE Weltwirtschaftsatlas).....	52

Figure 21 : Tassement de la route RD 32 pouvant être lié à l'élévation du toit de la nappe.....	57
Figure 22 : Cartographie des principaux sites sensibles présents sur le secteur d'étude (triangles rouges).....	59
Figure 23 : Carte des sites sensibles visités classés par niveau de vulnérabilité.....	61
Figure 24 : Carte des ICPE et de celles classées SEVESO présentes sur le secteur d'étude.....	63
Figure 25 : Modèle numérique de terrain et implantation des ICPE.....	64
Figure 26 : Carte géologique du secteur et implantation des ICPE.....	64
Figure 27 : La zone de basse altitude à forts enjeux de Lauricisque (Photo BRGM).....	71

En Guadeloupe, les zones côtières de basse-altitude (les plus sensibles à l'élévation du niveau marin) concentrent l'essentiel des habitations et des activités économiques. Une hausse du niveau marin pourrait donc entraîner de graves endommagements des infrastructures littorales, des divers réseaux enterrés, des ouvrages d'arts et géotechniques.

La zone de Jarry/Pointe-à-Pitre, en partie construite sur des terrains gagnés par remblaiement sur la mer ou la mangrove, et qui est cœur économique de l'île (cf. Figure 2), est a priori vulnérable. La seule zone industrielle et commerciale de Jarry regroupe 3 500 entreprises et 15 000 emplois. Il s'agit de l'une des trois premières zones industrielles de France, selon le Ministère de l'Outre-Mer.

Il est donc essentiel de pouvoir appréhender les conséquences d'une élévation du niveau de la mer sur cette zone de grande importance économique et sociale.

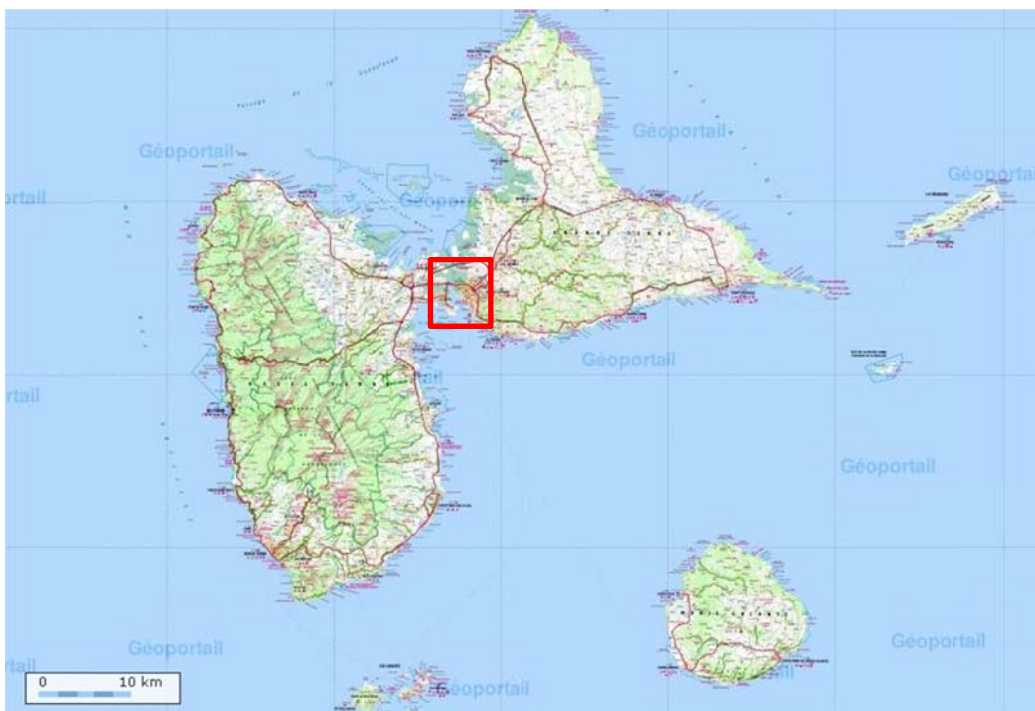


Figure 2 : Carte IGN de l'archipel de la Guadeloupe et localisation du secteur Jarry/Pointe-à-Pitre (en rouge).

Afin d'évaluer de manière préliminaire les conséquences potentielles de cette élévation du niveau marin sur la zone urbanisée de Pointe-à-Pitre/Jarry, la DEAL Guadeloupe et le BRGM ont lancé en 2010, dans le cadre du Schéma Régional Climat-Air-Energie, une étude des impacts géotechniques et hydrauliques de l'élévation du niveau de la mer due au changement climatique en contexte urbain côtier, au niveau de cette zone Jarry/Pointe-à-Pitre (cf. Figure 3).



Figure 3 : Extrait de la carte IGN du secteur d'étude de Jarry/Pointe-à-Pitre.

Initialement, le projet comporte plusieurs étapes :

1. Une synthèse sur les hypothèses d'élévation du niveau de la mer liée au changement climatique dans la région à l'horizon 2100.
2. Une délimitation et caractérisation au sein de l'agglomération centrale, où se concentrent les infrastructures économiques, le port principal et l'aéroport, de zones homogènes du point de vue lithologique.
3. Un inventaire des problèmes qui se posent déjà dans la zone d'étude, et dans d'autres zones aux caractéristiques proches, hors de Guadeloupe.
4. Une caractérisation des dispositifs géotechniques et hydrauliques existants et des éventuelles modalités de prise en compte de l'élévation du niveau de la mer dans les projets de construction et d'aménagement actuels.
5. Un inventaire et une caractérisation des problèmes posés par une élévation du niveau de la mer et les recommandations associées.

Les étapes 3 et 4 reposent en grande partie sur un questionnaire adressé à l'ensemble des opérateurs de réseaux et maîtres d'ouvrage du territoire concerné (cf. Annexe 2). Sur 18 entités consultées (collectivités, entreprises, syndicats, etc...), 8 nous ont répondu après une relance par courrier, en cours d'étude. Ces réponses nous ont permis de récupérer, par exemple, des plans de réseaux, mais assez peu de données sur leurs caractéristiques techniques. Il y a peu de témoignages (seulement deux) sur

des désordres éventuels liés à l'augmentation du niveau de la mer. Les maîtres d'ouvrage sont globalement conscients des enjeux liés à l'élévation du niveau de la mer mais n'ont pas de recul sur ce phénomène et n'ont généralement pas recensé les désordres qui pourraient y être liés. Compte-tenu du faible retour, et pour compenser le faible nombre d'informations disponibles pour les étapes 3 et 4, nous avons donc engagé une importante étude de terrain pour recenser (de manière évidemment non-exhaustive) et caractériser les sites et infrastructures potentiellement sensibles à l'élévation du niveau de la mer.

2. Hypothèses sur l'élévation du niveau de la mer dans la zone de Pointe-à-Pitre/Jarry à l'horizon 2100

Le changement climatique et les modifications environnementales qu'il va entraîner ne seront pas homogènes à l'échelle de la planète avec des zones géographiques plus impactées que d'autres. Pour estimer ses effets sur la zone d'étude, nous nous sommes basés sur les plus récentes conclusions des études liées au phénomène.

2.1. LE CHANGEMENT CLIMATIQUE A L'ECHELLE MONDIALE

Le changement climatique est naturellement lié à des forçages externes tels que les facteurs astronomiques (variation de la position de la Terre, de l'activité solaire, etc...), ou internes comme la tectonique des plaques ou encore l'activité volcanique. Ces derniers ont pour conséquence de voir le climat global de la Terre présenter une alternance de périodes glaciaires et interglaciaires depuis au moins -1,7 Ma (début du Quaternaire). Actuellement en pleine période interglaciaire, il apparaît clairement que depuis l'époque pré-industrielle le réchauffement du climat global s'est accéléré, en lien avec l'augmentation très forte des activités humaines, d'après les observations du GIEC présentées dans son 4^{ème} rapport (2007).

Différents changements témoignent de ce phénomène partout dans le monde :

- augmentation des températures atmosphériques et océaniques moyennes ;
- fonte massive des glaciers de montagne (Ex : Alpes, Amérique du Sud) et des calottes polaires ;
- modification des régimes pluviométriques, à l'origine de sécheresses ou d'inondations inhabituelles ;
- intensification de certains événements climatiques extrêmes comme les ondes de tempête ;
- augmentation du niveau marin moyen.

Les émissions mondiales de gaz à effets de serre semblent être la cause principale de l'élévation de la température moyenne à la surface du globe, d'après le 4^{ème} rapport du GIEC.

Ces émissions de gaz à effet de serre (GES) sont en partie naturelles et sont absolument nécessaires à la vie sur Terre dont l'atmosphère serait beaucoup plus froide si elles n'existaient pas. Cependant, ces émissions de GES ne cessent d'augmenter depuis la période pré-industrielle, et il faut noter en particulier qu'une hausse de 70% de ces émissions a été recensée entre 1970 et 2004. Cette augmentation est essentiellement le résultat d'une utilisation sans cesse croissante des énergies fossiles (gaz, charbon, pétrole) liée à une demande énergétique toujours plus importante, notamment dans les domaines des transports et de l'industrie.

Les activités humaines rejettent principalement 4 GES : le dioxyde de carbone CO_2 , le méthane CH_4 , l'oxyde nitreux N_2O et les hydrocarbures halogénés. En 2005, les concentrations de ces gaz dans l'atmosphère avaient très largement dépassé les taux naturels déterminés sur les 650 000 dernières années. Ces fortes augmentations sont surtout dues à l'utilisation de combustibles fossiles (CO_2 et CH_4) et à l'intensification de l'agriculture (CH_4 et N_2O).

Il semblerait que ces émissions de GES continuent à croître au cours du XXIème siècle, de façon plus ou moins importante suivant le scénario d'émission SRES (Special Report on Emissions Scenarios) considéré (cf. Figure 4).

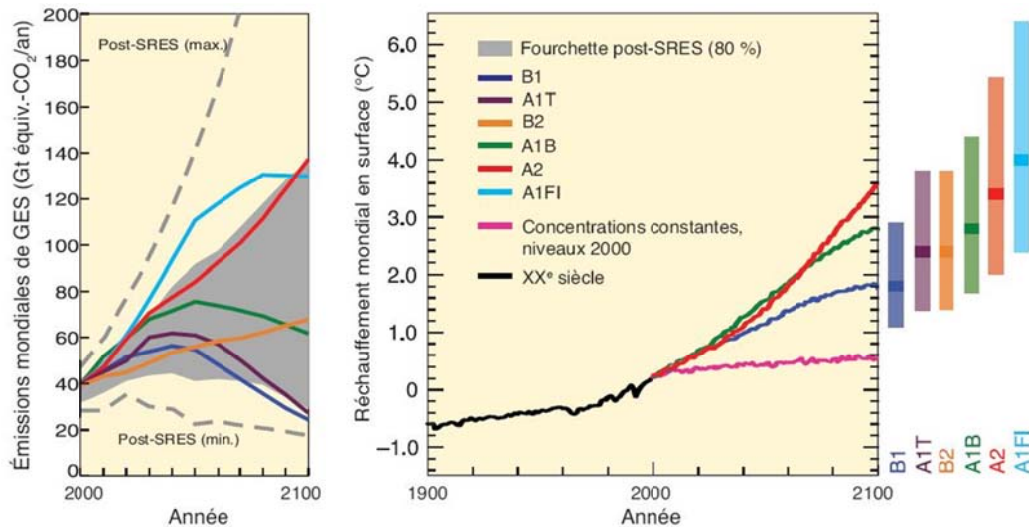


Figure 4 : Scénarios d'émissions de GES pour la période 2000-2100 et projections relatives aux températures en surface

À gauche : Émissions mondiales de GES (en Gt équiv.- CO_2) en l'absence de politiques climatiques : six scénarios illustratifs de référence (SRES). Les lignes en pointillé délimitent la plage complète des scénarios post-SRES. À droite : Les courbes en trait plein correspondent aux moyennes mondiales multi-modèles du réchauffement en surface pour les scénarios A2, A1B et B1, en prolongement des simulations relatives au XXe siècle. Ces projections intègrent les émissions de GES et d'aérosols de courte durée de vie. La courbe en rose ne correspond pas à un scénario mais aux simulations effectuées à l'aide de modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan (MCGAO) en maintenant les concentrations atmosphériques aux niveaux de 2000. Les barres sur la droite précisent la valeur la plus probable (zone foncée) et la fourchette probable correspondant aux six scénarios de référence du SRES pour la période 2090-2099. (Source : 4^{ème} rapport d'évaluation du GIEC, 2007)

Les variations des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre, auxquelles s'ajoutent celles des aérosols, les évolutions du rayonnement solaire et du couvert terrestre, influencent le bilan énergétique du système climatique. Ceci a une influence sur l'absorption et l'émission du rayonnement infrarouge dans l'atmosphère et à la surface de la Terre. Depuis plusieurs décennies, l'accumulation des gaz à effet de

serre, en particulier, dans l'atmosphère provoque une variation positive du bilan énergétique, synonyme de réchauffement du climat.

Le GIEC a ainsi estimé une hausse de la température moyenne de 1,8 à 4°C pour 2100, par rapport aux valeurs de 1990, en fonction des différents scénarios d'émissions SRES envisagés.

Cette variation de la température évoluera de façon différente suivant les régions du globe, en raison de nombreux facteurs (latitude, relief, courants marins, etc...) (cf. Figure 5).

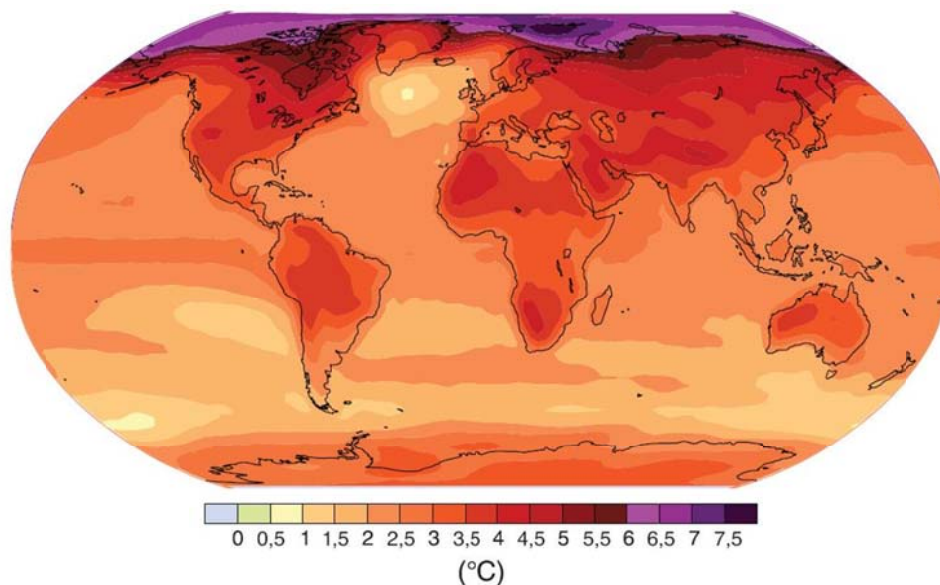


Figure 5 : Configuration du réchauffement à la surface du globe

Évolution estimée de la température en surface pour la fin du XXIe siècle (2090-2099) par rapport à la période 1980-1999, selon les projections moyennes obtenues avec plusieurs modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan pour le scénario A1B du SRES (scénario intermédiaire). (Source : 4ème rapport d'évaluation du GIEC, 2007)

L'élévation du niveau de la mer est une des principales conséquences de l'augmentation des températures. En effet, le réchauffement climatique provoque la fonte des glaces alimentant les océans et surtout la dilatation thermique de la couche supérieure de l'océan global.

Les changements de volume des océans s'expliquent par une variation de la masse volumique de l'eau de mer, elle-même provoquée par les fluctuations de température (diminution de la masse volumique avec l'augmentation des températures).

L'écoulement des glaces, directement lié à la hausse des températures, entraîne un changement dans le contenu en eau des océans. Les échanges d'eau avec les

glaciers de montagne et les calottes polaires (Groenland et Antarctique) forment un apport de masse important.

Comme le montre la Figure 5, le changement climatique affecte différemment chaque région du globe. Le présent rapport s'intéresse plus particulièrement au phénomène d'élévation du niveau de la mer en Guadeloupe.

2.2. LE CHANGEMENT CLIMATIQUE, ET EN PARTICULIER L'ELEVATION DU NIVEAU DE LA MER, AU NIVEAU DES PETITES ILES

2.2.1. Le changement climatique au niveau des petites îles : observations et projections

De façon générale, les petites îles sont particulièrement vulnérables au changement climatique, de par leur surface restreinte, leur part importante de zone côtière, leurs ressources naturelles limitées et leur prédisposition aux événements météorologiques extrêmes, notamment dans la zone intertropicale.

Au sein de la Caraïbe, plusieurs observations ont pu être faites en lien avec le changement climatique sur ces dernières années :

- Dans un premier temps, le GIEC a déterminé un réchauffement de 0 à 0,5°C par décennie, entre 1971 et 2004. De plus, depuis les années 1950, le nombre de jours de températures maximales très chaudes a considérablement augmenté, alors que le nombre de journées froides a diminué ;
- Dans un second temps, il apparaît que les épisodes de fortes précipitations sont en hausse alors que le nombre maximal de jours consécutifs de sécheresse est en baisse ;
- Concernant les ouragans, il semble que leur activité ait été plus importante entre les années 1930 et 1960, en comparaison avec celle enregistrée du début des années 1970 à la première moitié des années 1990. Cependant, depuis 1995, l'activité a repris un rythme plus intense, dépassant la normale observée entre 1975 et 1994. Il faut tout de même constater que les ouragans ont été moins importants en 1997 et en 2002, deux années durant lesquelles le phénomène El Niño a été particulièrement marqué et qui a la particularité d'inhiber l'activité cyclonique en Atlantique (et sans rapport avec le changement climatique);
- Enfin, le niveau de la mer dans la région des Caraïbes a augmenté en moyenne de 1 mm/an au cours du XXème siècle. Cette hausse est le résultat de phénomènes océaniques à grande échelle tels que El Niño, et de l'activité volcanique et tectonique au niveau des bords de la plaque Caraïbes.

Actuellement, il semblerait également qu'une différence de vitesse d'élévation apparaisse entre le nord de la région et le sud. Ainsi, le niveau marin au nord s'élève de 1 mm/an, alors que la vitesse est de 4 mm/an au sud. Cette observation serait le résultat des mouvements tectoniques affectant la zone.

Le GIEC émet plusieurs hypothèses sur les changements du climat qui affecteront les petites îles d'ici à 2100 :

- La température de l'air en surface devrait continuer à augmenter, et ce de façon plus ou moins uniforme selon les saisons. Cette augmentation moyenne s'accompagnerait d'une hausse de fréquence des épisodes de températures extrêmes ;
- Les précipitations devraient augmenter surtout durant l'été, avec une intensification des pluies quotidiennes. Ceci provoquera des épisodes plus fréquents de très fortes pluies ;
- L'élévation du niveau de la mer affecterait différemment les différentes zones insulaires en raison des différents courants marins et des hétérogénéités de distribution de températures océaniques et de salinité de l'eau. Ce phénomène dépendrait également d'autres facteurs non climatiques, comme par exemple la tectonique.

Finalement, il semblerait que les événements météorologiques extrêmes et en particulier les cyclones tropicaux vont connaître une intensification. Les maxima de vitesse des vents de ces derniers seraient à la hausse, tout comme les intensités moyenne et maximale des précipitations engendrées. Le nombre de cyclones intenses devrait augmenter, mais cependant, le nombre total de ces perturbations atmosphériques devrait globalement décliner. Les risques de cyclones tropicaux plus dévastateurs et persistants devraient donc probablement s'accroître.

Le GIEC envisage ainsi différentes incidences possibles concernant les petites îles :

- Une baisse des ressources en eau serait envisageable, accompagnée de risques de pénurie lors des périodes de faible pluviosité. En effet, les réserves sont initialement limitées du fait de leur taille, de leur disponibilité, de la géologie et de la topographie des lieux. Cette vulnérabilité est accrue par leur dépendance aux précipitations, garantes des ressources en eau douce, associée à une demande toujours croissante ;
- Le changement climatique entraînerait la détérioration des zones côtières, avec entre autres une érosion des plages et le blanchissement des coraux, ce qui pourrait menacer les ressources locales ;
- Les îles connaîtraient une invasion d'espèces exotiques inhabituelles, due à la hausse des températures.

Elles sont surtout fortement exposées aux risques liés en particulier à une élévation du niveau de la mer.

Ce phénomène pourrait entraîner, entre autres, une diminution de la taille des îles. Il faut également envisager une intensification des inondations dans les zones côtières de basse altitude, une augmentation des tempêtes, une érosion du littoral, des menaces sur les infrastructures côtières,... Tous les secteurs sont soumis à ces risques : industries, habitats, installations vitales pour les populations (commerces, établissements de santé,...).

En particulier, la stagnation d'eau de mer dans les plaines côtières pourrait avoir des conséquences dommageables sur la tenue des matériaux de construction. Ceci aurait pour conséquence de rendre inutilisable les infrastructures littorales. L'ensemble des réseaux (AEP, assainissement, électricité,...) pourrait rencontrer des difficultés de fonctionnement et être fragilisé. De plus, les ouvrages d'arts et les ouvrages géotechniques seraient particulièrement sollicités.

La Guadeloupe est spécialement menacée par cette hausse du niveau marin, et notamment au niveau de la zone de Pointe-à-Pitre/Jarry, construite à basse altitude et qui s'est développée en gagnant d'importantes superficies sur la mer. On y trouve une importante concentration d'activités économiques de l'île, en particulier avec l'implantation de la zone industrielle de Jarry, et de l'aéroport international Pôle Caraïbes, tous deux installés en partie sur d'anciennes mangroves.

Afin d'évaluer le taux d'élévation du niveau de la mer au cours du XXI^{ème} siècle, plusieurs études ont été passées en revue et sont présentées dans le paragraphe suivant.

2.2.2. Synthèse sur les hypothèses d'élévation du niveau de la mer dans la zone pointoise aux horizons 2060 et 2100

Dans un premier temps, il a été mis en évidence une accélération importante de la hausse du niveau marin mondial sur les dernières années. Ainsi, si l'on regarde l'ensemble du XX^{ème} siècle, le taux moyen d'élévation est de 1,8 mm/an (cf. Figure 6).

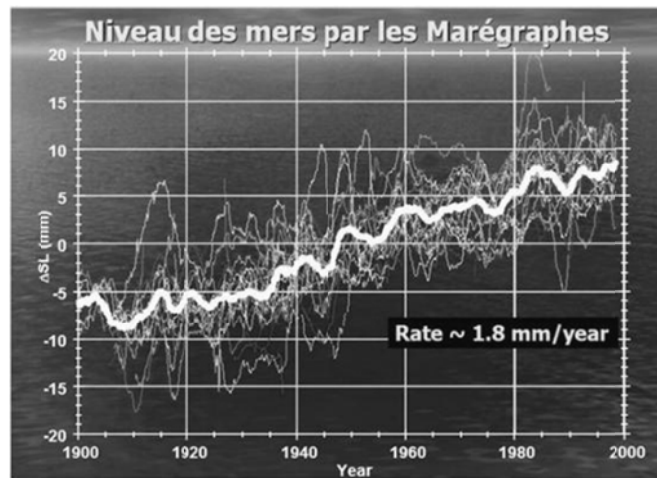


Figure 6 : Evolution du niveau global de la mer au cours du XXème siècle mesuré au moyen de marégraphes. (Source : Université du Colorado)

En revanche, si l'on ne s'intéresse qu'à la période de 1993 à 2008, ce taux passe à 3,2 mm/an (cf. Figure 7). Ceci correspond actuellement à l'hypothèse haute de l'ensemble des projections faites par le GIEC.

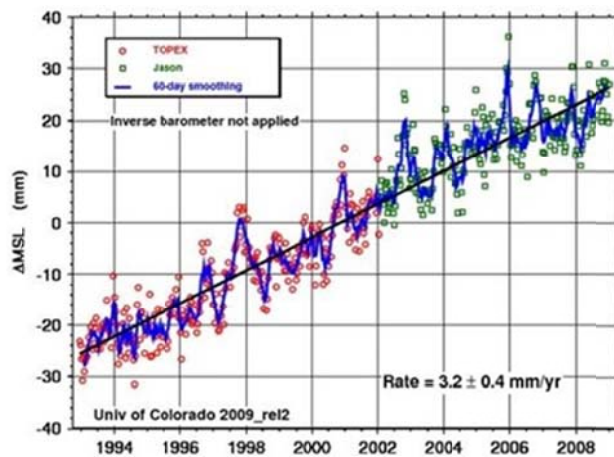


Figure 7 : Evolution du niveau global de la mer entre 1993 et 2008. (Source : Université du Colorado, 2009)

Afin d'estimer les augmentations futures, trois groupes d'experts, entre autres, ont publié leurs études.

- Le GIEC estime, dans son 4^{ème} rapport réalisé en 2007, une hausse des océans de 0,18 à 0,59 m pour 2100, par rapport au niveau mesuré en 1990. Cependant, ces propositions semblent sous-estimées, car le modèle mis en place ne prend pas totalement en compte l'évolution dynamique rapide de l'écoulement glaciaire, en raison des limitations sur les techniques de modélisation utilisées. Le GIEC prépare actuellement son 5^{ème} rapport qui devrait être livré en 2014. D'ores et déjà, plusieurs études scientifiques ont été publiées annonçant des estimations bien plus pessimistes que celles annoncées par le GIEC en 2007.
- Rahmstorf et Vermeer proposent, en 2009, une approche semi-empirique basée sur les travaux effectués en 2007 par Rahmstorf, présentés dans le rapport « *A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise* », Rahmstorf, 2007. En effet, le changement du niveau de la mer ne semble pas pouvoir être estimé avec confiance en utilisant les modèles basés sur des processus physiques, car la dynamique des calottes glaciaires et de glaciers et, dans une moindre mesure, celle de la température océanique ne sont pas assez connues. Le fait d'utiliser un modèle semi-empirique permettrait d'établir, à partir de données observationnelles, le lien entre température moyenne globale et niveau de la mer. D'après les études, ces deux paramètres semblent particulièrement bien corrélés.

Cependant, cette approche montre une limitation : une réponse différant de façon trop importante du reste des observations, comme par exemple un épisode de forte fonte de glace, ne peut pas être pris en compte dans les données observationnelles retenues. Il faut donc garder ce problème à l'esprit lors de l'interprétation des résultats.

Finalement, Rahmstorf et Vermeer montrent par cette méthode une possible augmentation du niveau de la mer de 0,75 à 1,90 m entre 1990 et 2100.

- En 2008, Pfeffer et al. procèdent également à une estimation de l'élévation du niveau des océans pour 2100. Ils se basent pour cela sur l'évaluation du maximum potentiel de glace fondue, obtenu à partir des contraintes géographiques rencontrées lors de l'écoulement des glaces.

Les résultats, incluant la dynamique croissante de la contribution des glaces, présentent une hausse importante des océans : de 0,8 à 2 m. Cependant, ils estiment qu'il est impossible que le niveau de la mer dépasse 2 m d'élévation. Selon Pfeffer et al., la valeur de 0,80 m est la plus plausible.

Ces résultats sont des moyennes, concernant l'ensemble du globe. Chaque région pourra rencontrer des hausses plus ou moins importantes (cf. Figure 8). Les variations spatiales de l'élévation du niveau de la mer sont en effet influencées par divers facteurs : fonte des glaces continentales et effets gravitationnels modifiant le géoïde,

associés à la redistribution des masses d'eau, redistribution des champs de pression atmosphérique,...

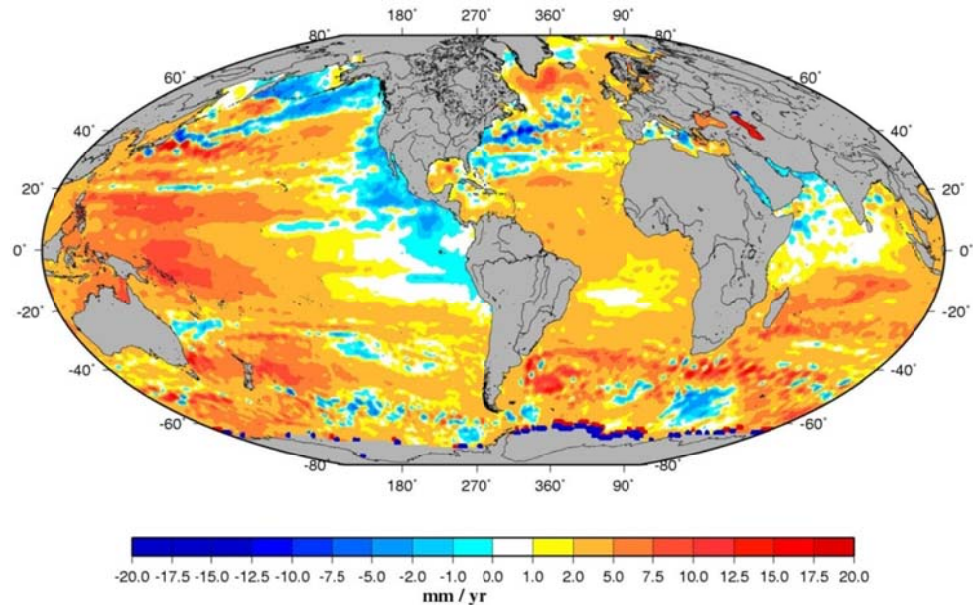


Figure 8 : Distribution géographique des vitesses de variation du niveau de la mer entre 1993 et 2007, déterminées par satellites (Topex/Poseidon et Jason-1). (Source : LEGOS/OMP)

Concernant la Caraïbe où les études spécifiques sont rares, Church et al. (2004) montrent que la hausse du niveau de la mer dans la région caraïbe est proche de la valeur moyenne globale sur la période 1950-2000.

Ceci est corroboré par la carte de répartition spatiale du taux d'élévation du niveau de la mer (Figure 8), qui indique que la zone caribéenne se situe entre 2 et 5 mm/an d'élévation de 1993 à 2007, ce qui est bien aux alentours de la valeur moyenne mondiale de 3,2 mm/an.

Pour le futur, nous pouvons donc émettre l'hypothèse que l'élévation du niveau marin dans la région caraïbe restera proche de celle de l'élévation du niveau moyen des océans. D'après les différentes études présentées précédemment, **nous retiendrons donc une élévation de 0.5 m du niveau marin dans la région pointoise à l'horizon 2060, et de 0.8 m à l'horizon 2100.**

En l'absence de modèle disponible spécifique à la Caraïbe, il faut garder à l'esprit qu'il s'agit d'une estimation incertaine qui se situe dans la fourchette basse des valeurs envisagées dans les modèles les plus récents disponibles au niveau mondial. Il est probable que le 5^{ème} rapport du GIEC dont la publication est prévue en 2014 apportera plus de précisions sur ces estimations tant au niveau global que régional.

3. Discrétisation d'unités homogènes au sein de l'agglomération pointoise

La discrétisation d'unités homogènes (géologie, altitude, type d'infrastructures et de populations exposées,...) permettra de mettre en évidence différentes typologies de problèmes liés à l'élévation du niveau de la mer, ou au contraire, de discrétiser des zones où aucun problème particulier ne se posera.

3.1. UNITES GEOLOGIQUES HOMOGENES

3.1.1. Etude géologique

Présentation géologique de la Guadeloupe

L'archipel de la Guadeloupe appartient à l'arc volcanique des petites Antilles dont la formation résulte de la subduction de la plaque nord-américaine sous la plaque caraïbe (cf. Figure 9).

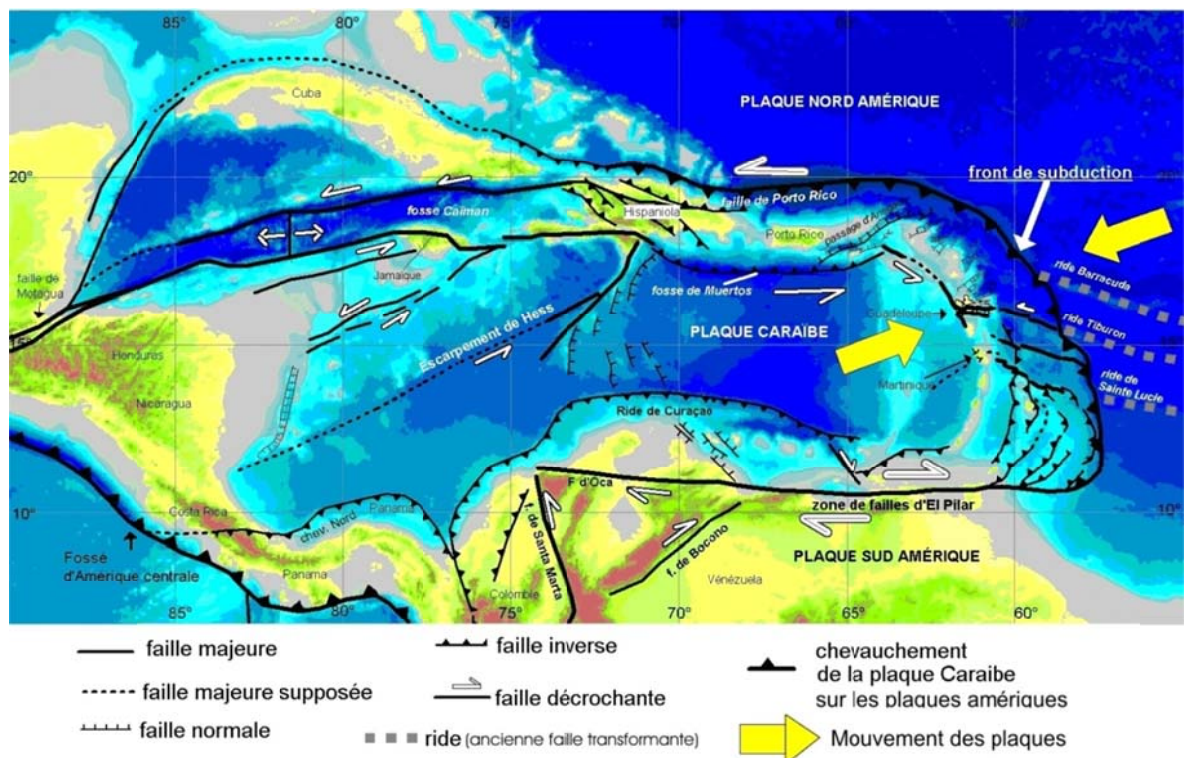


Figure 9 : Schéma structural de l'arc Caraïbes, d'après Stephan et al. (1990), Feuillet (2000), Taboada et al. (2000).

Cette subduction se caractérise par un magmatisme de type calco-alcalin important qui s'exprime en surface par la formation d'îles volcaniques alignées le long d'un arc insulaire (de Saba au Nord à Grenade au Sud).

Sur ces îles, l'activité éruptive est dominée par des phénomènes effusifs (coulées de lave andésitique prédominantes et basaltique subordonnées) et surtout explosifs (éruptions pliniennes, formation et destruction de dômes, nuées ardentes, coulées de ponce dominées par des compositions andésitiques).

Les deux îles principales de la Guadeloupe (Basse-Terre et Grande-Terre) et les dépendances (La Désirade, Marie-Galante et les Saintes) peuvent être séparées en deux ensembles géomorphologiquement bien distincts correspondant à des histoires géologiques très différentes (cf. Figure 10).

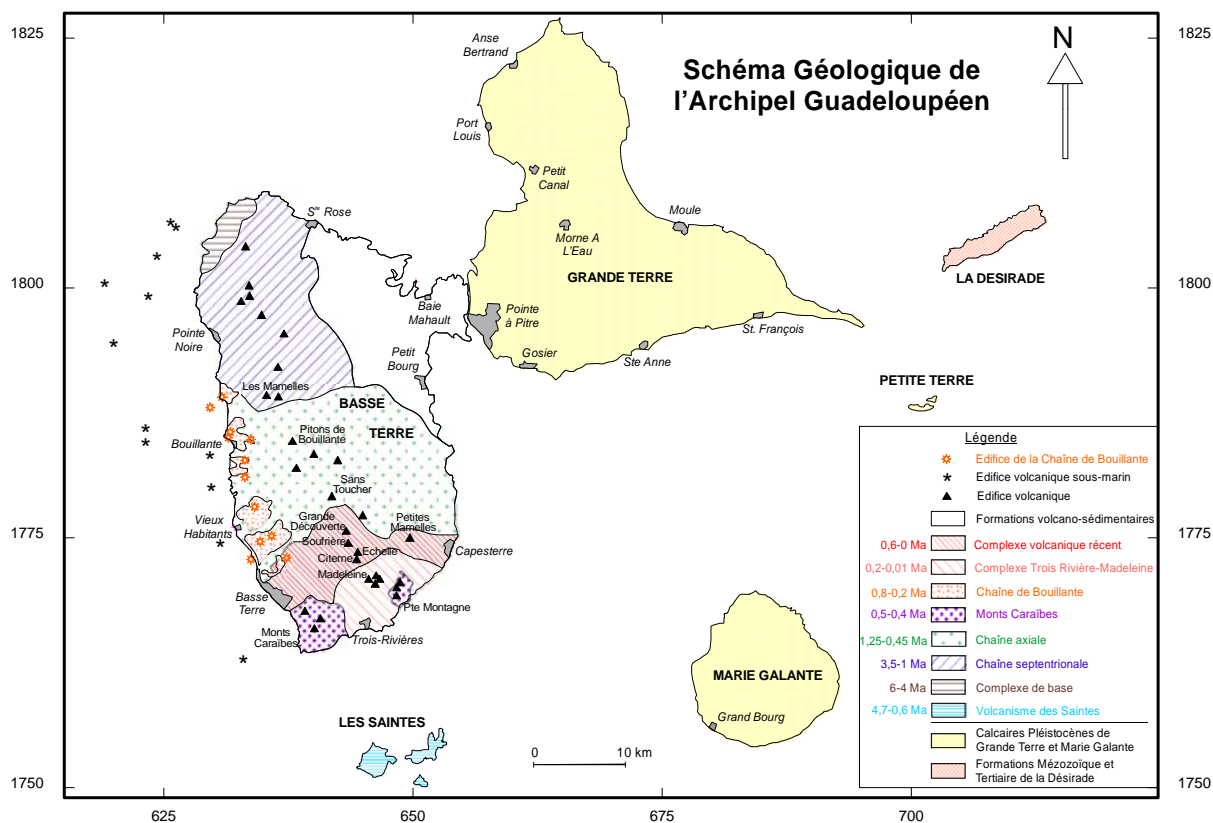


Figure 10 : Schéma géologique simplifié de la Guadeloupe.

D'une part, la Grande-Terre, Marie-Galante et la Désirade appartiennent à l'Arc externe des Antilles (ou arc éteint), constitué de terrasses calcaires subhorizontales d'origine marine, datant du Plio-Pléistocène. Celles-ci se sont édifiées sur des socles volcaniques très anciens, probablement pré-Miocène (30 à 50 Ma) et aujourd'hui

disparus, sauf à la Désirade où du magmatisme d'âge Jurassique et Oligocène subsiste à l'affleurement sous forme de rhyolites (Westercamp et Tazieff, 1980).

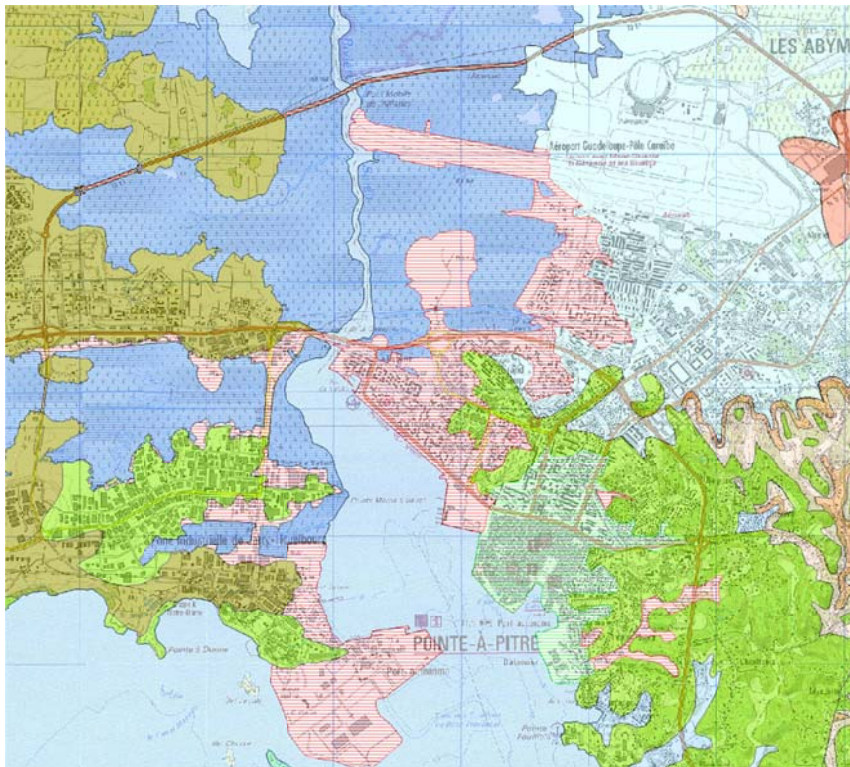
D'autre part, la Basse-Terre et les Saintes appartiennent à l'Arc interne des Antilles (ou arc actif), constitué de formations volcaniques récentes et de leurs produits de démantèlement, et mis en place au cours des 3 à 4 derniers millions d'années. Aujourd'hui, le volcanisme actif ne se limite plus qu'au massif de la Grande Découverte-Soufrière où subsiste une activité fumerollienne intense.

Présentation géologique du secteur d'étude

Le secteur d'étude comporte des terrains de l'île de Basse-Terre, avec la commune de Baie-Mahault, et également des terrains de l'île de Grande-Terre, avec les communes des Abymes et de Pointe-à-Pitre.





Située à la jonction des 2 domaines (volcaniques et calcaires), la zone pointoise possède une géologie relativement complexe où s'entrecroisent en profondeur les 2 types de terrain. Par ailleurs, la zone est couverte par 2 cartes géologiques dont la date et la facture générale sont très différentes (de Reynal de Saint Michel, 1966 pour Basse-Terre et Garrabé et Andreieff, 1988 pour Grande-Terre). En outre, la géologie locale est marquée par une présence très importante de remblais ayant servi à la poldérisation de terrains de grande superficie gagnés soit sur la mer, soit sur les zones de mangrove. Compte-tenu de la fragilité potentielle des remblais aux remontées de nappes en général, il nous a paru important de faire figurer ces formations sur la carte géologique utilisée dans la zone. Nous sommes partis des cartes IGN de 1950 pour déterminer quelles zones avaient été gagnées sur les étendues marines ou humides.

Avec l'aide des données géologiques éparses présentes dans les études géologiques locales et accumulées depuis plusieurs années, nous avons pu obtenir une carte géologique harmonisée de la région d'étude présentant les grandes unités géologiques homogènes (cf. Figure 11).







Légende :

Quaternaire récent et actuel

- | | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  | Remblais sur mer/vase |  | Autres terrains remblayés |
|  | Remplissage argileux de dépression, vertisols à montmorillonite |  | Vases à palétuviers |

Plio-Pléistocène

- | | | | |
|---|------------------------------|---|---|
|  | Horizon volcano-sédimentaire | | |
|  | Calcaires à Polypiers |  /  | Calcaires biodétritiques à nodules algaires supérieurs / inférieurs |

Volcanisme


- | | |
|---|--|
|  | Complexe volcano-sédimentaire fortement argilisé |
|---|--|

Figure 11 : Carte géologique harmonisée du secteur d'étude.

Différentes géomorphologies peuvent être distinguées sur le secteur d'étude.

Une première zone géomorphologique correspond à l'ouest du secteur situé en Basse-Terre, c'est-à-dire la commune de Baie-Mahault. Elle est principalement constituée d'un complexe volcano-sédimentaire très altéré et mal connu, il est constitué de produits d'érosion (conglomérats plus ou moins grossiers, tuffites,...) des ensembles volcaniques situés à l'ouest ainsi que de formations volcaniques primaires (cendres, dépôts pyroclastiques divers,...). Ceci lui confère un relief relativement mou.

Dans la partie est du secteur d'étude, on rencontre trois zones géomorphologiquement bien distinctes : la plaine de basse altitude de Pointe-à-Pitre, les Grands Fonds à l'est et la Plaine des Abymes à l'ouest.

Les Grands-Fonds sont caractérisés par un modelé karstique très évolué constitué de collines (ou « mornes ») d'une centaine de mètres d'altitude au maximum, entourées de vallées hydrographiques généralement sèches. La Plaine des Abymes présente en revanche une topographie plane en pente douce générale vers l'ouest en direction de la mer.

A Pointe-à-Pitre, une plaine de basse altitude située à moins de 3 m du niveau de la mer recouvre la majorité du territoire de la commune.

Sur l'ensemble du secteur d'étude, on distingue les unités géologiques suivantes :

- A l'est de la zone, le **complexe volcano-sédimentaire**, toujours très altéré à l'affleurement et formant l'essentiel des reliefs « mous » de la commune de Baie-Mahault.

Il s'agit alors soit de conglomérats polygéniques constitués de blocs de lave plus ou moins altérée dans une matrice plus ou moins abondante, soit de tuffites et microconglomérats polygéniques traduisant des conditions de transport et de dépôts plus calmes. Ils sont généralement très remaniés. Des argiles rouges à quartz reposent sur cet ensemble. Elles correspondent à des retombées de cendres plus ou moins remaniées. Des calcaires constitueraient le soubassement du piémont volcano-sédimentaire à l'ouest du secteur sur Basse-Terre. Plus à l'est, il n'est pas connu. Il pourrait être de nature calcaire ou formé de coulées saines ou peu altérées. D'après des profils électriques réalisés dans le nord de la Basse-Terre, l'épaisseur des terrains au-dessus de ce substratum est de l'ordre de 100 à 200 mètres. A proximité de la rivière Salée, elle est de l'ordre de 10 à 20 m seulement.

- **Les calcaires à polypiers**, constituée de calcaires biodétritiques, généralement massifs, et riches en polypiers. Ces formations calcaires datant du Plio-Pléistocène sont présentes dans la région de Jarry, où elles forment notamment les falaises de la côte sud, et également dans la zone des Grands-Fonds. L'épaisseur de ces calcaires est très variable : de l'ordre du mètre jusqu'à plusieurs dizaines de mètres.

En Grande-Terre, ils affleurent en général au sommet des mornes peu érodés où ils sont recouverts de formations superficielles peu épaisses (moins d'1 mètre) constituées par des argiles de décalcification et d'un sol argileux à montmorillonite peu développé.

➤ Des **calcaires biodétritiques à nodules algaires (rhodolites)** datant du Pliocène sont présents dans les reliefs des Grands-Fonds. Ces formations calcaires sont recouvertes de formations superficielles peu épaisses (moins d'1 mètre) constituées par des argiles de décalcification et d'un sol argileux à montmorillonite peu développé. L'épaisseur de ces calcaires biodétritiques est très variable en fonction de la position géographique mais peut atteindre plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur.

➤ Au centre-ouest des Abymes, on trouve une formation peu indurée de sables et conglomérats à éléments volcaniques. Il s'agit de l'**horizon volcano-sédimentaire** du Pliocène Supérieur, pouvant atteindre localement 10 mètres d'épaisseur. Cette unité présente parfois un début d'encroûtement algaire et est relativement riche en argiles. Elle est recouverte de formations superficielles peu épaisses (1 à 2 mètres) constituées essentiellement d'un sol argileux, et surplombe une couche probablement constituée de calcaires à rhodolites.

➤ Des argiles de type montmorillonitique, issues de la dissolution des faciès calcaires de Grande-Terre et aussi de la pédogénèse du niveau volcano-sédimentaire, forment les terrains situés entre les Grands-Fonds et la mangrove. Elles constituent le **remplissage argileux de dépression et les vertisols à montmorillonite**, de 1 à 6 mètres d'épaisseur, qui recouvre une formation calcaire pouvant correspondre à des calcaires à polypiers.

➤ Finalement, des **vases à palétuviers** occupent les terrains à proximité de la mer, notamment de part et d'autre de la Rivière Salée, mais également à Jarry. Elles sont caractérisées par une forte teneur en matière organique, issue de la sédimentation d'éléments organiques. On y retrouve des proportions importantes d'argiles, de sables et de graviers limoneux interstratifiés (dont les dépôts sont liés aux variations du niveau marin au cours de l'Holocène), parfois surmontés d'un niveau de tourbe à proximité de la terre ferme.

Au nord du secteur d'étude, cette formation présente une épaisseur de 1 à 8 mètres et repose sur un niveau d'argile de 5 à 20 mètres d'épaisseur correspondant à la décalcification des calcaires à polypiers.

Notons qu'une grande partie de ces terrains de mangrove a été remblayé pour faire face à l'urbanisation grandissante. De l'espace urbain a même été gagné sur la mer par remblaiement, pour cette même raison.

Enfin, une grande partie du secteur, et en particulier des zones de forte activité telles que la Pointe Jarry, la piste de l'aéroport ou encore la ville de Pointe-à-Pitre, sont construites sur des **remblais** empiétant soit sur la mangrove, soit sur la mer.

Bien qu'il ne s'agisse pas de formations superficielles naturelles et que leur nature soit souvent difficile à déterminer, nous avons choisi de faire figurer ces « formations » sur le zonage géologique pour deux raisons principales :

- elles recouvrent parfois des superficies très étendues, suffisamment pour être cartographiées (ex : Aéroport de Pointe-à-Pitre, Est de Pointe-à-Pitre, Jarry) ;
- elles ont souvent été réalisées au détriment de zones humides et notamment de zones vaseuses de mangrove (que l'on retrouve dans des forages réalisés a posteriori).

La nature de ces remblais est souvent difficile à déterminer mais il s'agit dans la grande majorité des cas de tout-venant calcaire provenant de Grande-Terre (et notamment du groupe des calcaires à rhodolites, cf. ci-dessus).

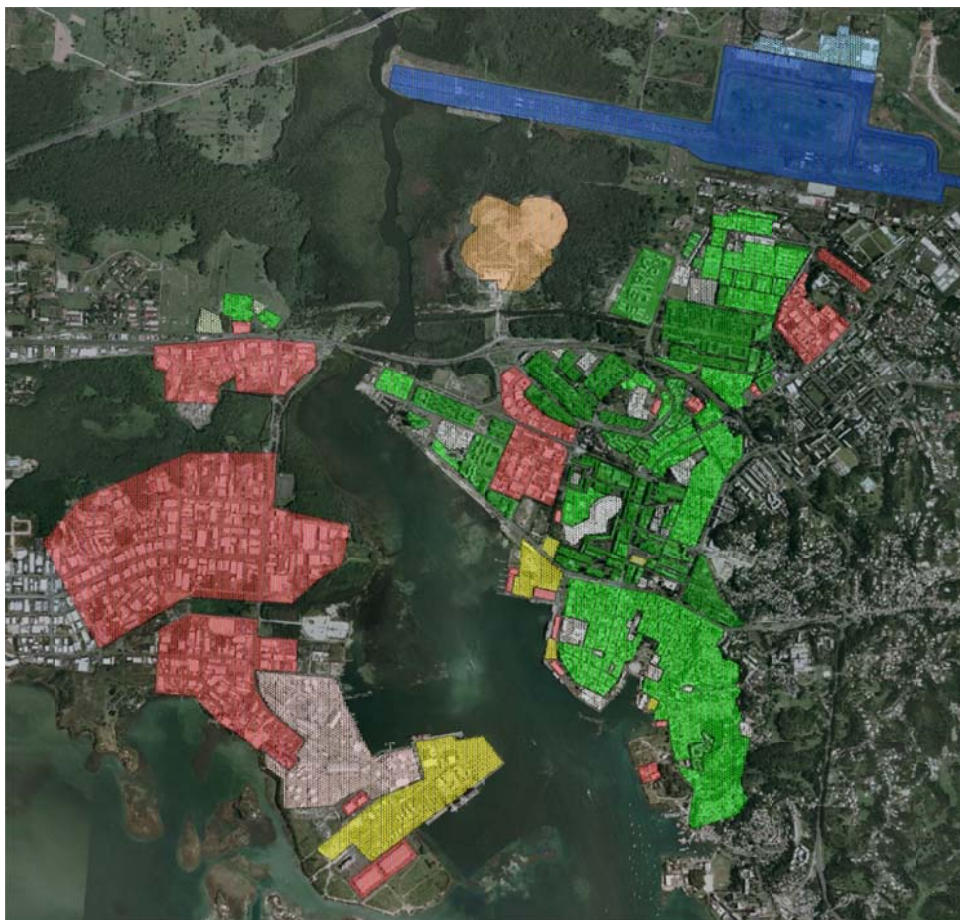
La discrétisation des unités géologiques homogènes nous permettra dans la suite de l'étude d'estimer les caractéristiques géotechniques des terrains concernés et d'estimer leur comportement face à l'élévation du niveau marin. Notons que la problématique du comportement des remblais face à une augmentation de la teneur en eau devra être traitée plus particulièrement.

3.2. UNITES D'AMENAGEMENTS HOMOGENES

L'étude de l'aménagement du secteur d'étude met en évidence la présence ou non de bâtiments, le type de bâti, la densité, les réseaux...

3.2.1. Bâti

Les recherches sur le bâti ont été essentiellement effectuées à partir des PLU-POS des communes ainsi que des orthophotos de 2004. Un travail de terrain a permis d'apporter des précisions sur les types de bâtis rencontrés.



Légende :











-  Habitat individuel dispersé
-  Lotissements ou résidences - Habitat individuel
-  Immeubles de type HLM – Habitat collectif
-  Bâtiments d'importance recevant du public (écoles, mairies, centres culturels, bâtiments religieux,...)
-  Hangars et bâtiments industriels, centres commerciaux
-  Zone de dépôts/stockage de containers et/ou parking
-  Réservoirs, silos, canalisations de transport de matériaux
-  Zone de stockage de déchets
-  Piste de l'aéroport
-  Bâtiments de l'aérogare (hangars, commerces)

Figure 12 : Zonage du bâti à partir de l'orthophoto de 2004.

Ce zonage du bâti, présenté en Figure 12, met en évidence trois grands secteurs :

- la zone industrielle de Jarry et de la Jaille, où l'on ne retrouve que des bâtiments industriels et commerciaux. Le bâti est constitué d'immeubles de bureaux, de centres commerciaux, de hangars et entrepôts ainsi que de bâtiments d'activité industrielle (silos, réservoirs, etc...). Il s'agit du centre économique de la région ;
- le centre ancien de Pointe-à-Pitre, dominé par les bâtiments d'habitat individuel continu. On y retrouve une part importante de logement en bois, même si les constructions en béton représente une majorité du bâti du fait de leur résistance aux cyclones et au feu ;
- le nord de Pointe-à-Pitre et la zone du Raizet, où se concentrent les bâtiments d'habitat collectif de type HLM, structures en béton de quatre niveaux à quinze étages ou plus.

Chaque type de bâti se caractérise globalement par une structure, des matériaux et des fondations similaires. Il faut donc s'attendre à des comportements analogues des structures de même nature installées dans des contextes environnementaux proches (niveau d'eau et géologie).

Suite à une synthèse de quelques études géotechniques réalisées au niveau du secteur d'étude, il apparaît que les fondations superficielles par semelles filantes ou isolées, ou par radier général sont souvent préconisées. Cependant, trop peu de données nous ont été transmises (via le questionnaire aux maîtres d'ouvrage) pour pouvoir faire des conclusions pertinentes sur les types de fondations mis en œuvre au sein du secteur d'étude.

3.2.2. Réseaux

L'organisation des réseaux implantés sur le secteur d'étude a été mise en évidence grâce aux données IGN et BRGM, aux données fournies par les gestionnaires de réseaux et aux observations de terrain.

• Réseau routier

Le réseau routier de la Guadeloupe s'étend sur plus de 2500 km de routes nationales, départementales et voies communales. Seul moyen de transport terrestre (il n'existe plus de réseau ferré autre que touristique), il assure la très grande majorité du déplacement de l'ensemble de la population et des marchandises (le cabotage maritime, autre qu'inter-îles étant inexistant). Les enjeux de ce réseau sont donc particulièrement forts.

Le réseau routier au niveau du secteur d'étude (cf. Figure 13) regroupe les routes nationales principales de la région, essentiellement en 2x2 voies, et de nombreuses routes secondaires, en 2x2 ou 2x1 voies suivant le site d'implantation. Elles quadrillent

l'ensemble du territoire, permettant un accès facilité aux grandes infrastructures : aéroport, Z.I. de Jarry, centre de Pointe-à-Pitre,...



Légende :

- ★ Ouvrage d'art (pont, passerelle,...)
- Route principale
- Route secondaire

Figure 13 : Réseau de circulation terrestre

L'implantation du secteur dans une zone de mangrove et sa séparation en deux parties par le passage de la Rivière Salée se traduisent par la nécessité de la mise en place de nombreux ouvrages d'art tels que les ponts franchissant le bras de mer (Pont mobile de l'Alliance et Pont de la Gabarre). De nombreuses passerelles permettent également d'interconnecter plusieurs voies.

De plus, une part notable du réseau routier a été construite sur remblais, souvent peu surélevés, pour permettre le passage dans les zones de mangrove.

• Réseau AEP et IRRIGATION

Le réseau d'Alimentation en Eau Potable regroupe l'ensemble des équipements liés à la production et à la distribution d'eau potable, à partir d'une eau brute prélevée dans le milieu naturel.

Il s'organise en plusieurs étapes.

Tout d'abord, les sites de captage AEP permettent le captage de l'eau souterraine ou la prise d'eau de surface, afin qu'elle soit dérivée vers le réseau de distribution grâce aux installations d'adduction en eau potable situées en surface. En Guadeloupe, ces sites se trouvent essentiellement en Basse-Terre, où le relief montagneux reçoit une importante quantité de pluie chaque année et dispose d'un grand nombre de cours d'eau permanents.

Une fois captée, l'eau est amenée vers une usine AEP, où une filière de traitement spécifique (fonction des paramètres à traiter) permet de fournir une eau répondant aux

critères de potabilité. Ces usines sont installées à proximité de chaque site de captage et également près des lieux de distribution lorsque ces sites en sont très éloignés.

Lorsque l'eau est traitée, elle est acheminée vers des réservoirs, de type château d'eau ou réservoir semi-enterré. Le transport se fait par un réseau de conduites d'adduction, autorisant de gros débits d'eau. Le stockage dans les réservoirs a ensuite plusieurs fonctions :

- garantir une pression minimale dans le réseau grâce au système de distribution gravitaire ;
- garantir une sécurité d'approvisionnement en cas d'incident sur le réseau ;
- garantir une distribution de l'eau dans les périodes de pointe par stockage lors des périodes creuses.

Ces réservoirs AEP sont installés de façon à quadriller l'ensemble du territoire, afin d'assurer un apport d'eau potable à tous les lieux de consommation.

Finalement, l'eau est distribuée à l'usager grâce au réseau de distribution, constitué de canalisations dont le diamètre est inférieur à celles du réseau d'adduction.

Suivant le contexte environnemental, les canalisations peuvent être enterrées ou aériennes.

En Guadeloupe, et en particulier sur le secteur d'étude, les deux cas sont rencontrés. L'essentiel des canalisations sont enterrées, mais par exemple, le franchissement de la Rivière Salée a imposé la mise en place de conduites aériennes le long du pont de la Gabarre. On y trouve ainsi trois conduites (2 sur l'ancien pont et 1 autre sur le nouveau pont) :

- une conduite récente d'eau brute (diamètre : 500 mm ; matériau : PUX = tuyaux en fonte ductile avec revêtement de protection), provenant de la Basse-Terre et alimentant l'usine de traitement du Morne Miquel ;
- une conduite d'eau traitée en provenance de Belle Eau Cadeau (diamètre : 700 mm ; matériau : fonte) ;
- une autre conduite d'eau traitée en provenance de Vernou (diamètre : 350 mm ; matériau : acier).

On peut y ajouter 2 conduites principales d'irrigation en provenance des hauteurs de Basse-Terre et qui traversent la Rivière Salée au niveau du Pont de l'Alliance. A l'inverse des canalisations AEP situées au sud, elles passent sous l'eau.

Un réseau de distribution d'eau est directement branché sur les réseaux d'adduction d'eau traitée de Belle Eau Cadeau et de Vernou. La conduite d'eau brute de Miquel conduit au Morne Miquel, sur la commune des Abymes où se trouve la seule usine de traitement d'eau brute de la zone d'étude. Un réseau de distribution en sort pour approvisionner essentiellement Pointe-à-Pitre, Bergevin, Lauriscique et le Raizet. Le réseau de distribution est essentiellement enterré mais nous ne possédons pas d'information précise sur ses caractéristiques techniques (nature de matériaux employés, notamment). Il n'y a pas de réservoirs sur le périmètre d'étude. Les deux plus proches se trouvant dans les Grands-Fonds. On notera la présence d'une station de surpression située à la sortie de la station de traitement de Morne Miquel.

• Réseau d'assainissement

Le réseau d'assainissement collectif rassemble l'ensemble des installations de collecte, de transport et de traitement des eaux pluviales (eaux claires) et usées, avant qu'elles ne puissent être rejetées dans le milieu naturel. Il concerne essentiellement les zones d'habitat dense.

Il existe deux types de réseaux d'assainissement :

- le système unitaire, récupérant dans le même collecteur eaux usées et eaux de pluie. Dans ce cas, l'ensemble des eaux est destiné à un traitement en station d'épuration (STEP) ;
- le système séparatif, récupérant dans deux réseaux différents d'une part les eaux usées et d'autre part les eaux pluviales. Dans ce cas, les eaux usées chargées sont destinées aux STEP mais les eaux claires sont conduites vers un exutoire naturel.

L'eau est tout d'abord collectée chez le consommateur, suivant le système mis en place, et est transportée de façon gravitaire vers les STEP grâce à un réseau de canalisations (égouts). Des postes de refoulement ou des vis d'Archimède permettent un écoulement gravitaire constant des eaux lorsqu'il y a par exemple des obstacles topographiques ou que les conduites descendent trop profondément.

Il est essentiel que l'étanchéité de ces installations soit assurée afin essentiellement d'éviter toute pollution du milieu naturel par les eaux usées.

Lorsque les eaux arrivent à la station d'épuration, elles subissent plusieurs processus de traitements physiques, physico-chimiques et biologiques successifs (séparation et transformation). Il s'agit d'éliminer tout autant la pollution carbonée que l'azote et le phosphore.

Cette épuration des eaux polluées est indispensable afin de les recycler vers le milieu naturel, en respectant la qualité des eaux rejetées définies dans l'arrêté préfectoral d'autorisation.

Une seule station d'épuration est installée sur le secteur d'étude : sur la Pointe à Donne (Jarry).

Il faut noter qu'il existe également un réseau d'assainissement non collectif, dans les zones d'habitat peu dense, essentiellement rural. Ce système est mis en place pour chaque bâtiment (immeuble ou maison individuelle) non relié au réseau public d'assainissement collectif.

L'assainissement autonome permet la collecte, le prétraitement, le traitement et le rejet dans le milieu naturel des eaux usées domestiques. Les eaux pluviales ne sont pas prises en charge par cette installation, du fait des trop grandes variations de leur débit qui pourraient engendrer un dysfonctionnement du système.

De même que pour le réseau collectif, il est indispensable que les installations soient parfaitement étanches. En effet, ces eaux usées sont très polluées et risquerait

d'engendrer de graves problèmes de pollution du milieu naturel et des risques sanitaires.

Ces systèmes souterrains pourraient être particulièrement sensibles à une élévation du toit de la nappe, en fonction de la géologie du site et la profondeur de l'installation. Chaque cas devra être suivi afin d'éviter toute dégradation des ouvrages et donc toute pollution des sites.

Dans l'agglomération pointoise, le réseau d'assainissement est essentiellement collectif et séparatif. Il existe également une part notable d'assainissement autonome.

L'ensemble des canalisations est enterré et construit à 80% en PVC. Il reste cependant quelques conduites anciennes construites en amiante-ciment, et certaines sont en fonte pour les passages difficiles.

A Pointe-à-Pitre, les eaux pluviales sont évacuées en mer par des ouvrages enterrés (buses ou cadres) ou aériens (fossés). Quatre conduites principales sont installées sur ce territoire :

- le canal des Boulevards, qui évacue les eaux de Bergevin et de Lauriscisque ;
- le canal de Chauvel, qui évacue les eaux du Morne Daran et de Cour Zamia ;
- le canal de Sonis, qui évacue les eaux de Baimbridge, Lacroix et Boissard ;
- le canal du Raizet, qui évacue les eaux du Raizet et de Petit Pérou.

D'une hauteur minimale de 1,25 m, ces canaux ne devraient pas risquer de déborder avec l'élévation du niveau marin, sous des conditions météorologiques normales.

Nous ne disposons pas d'informations descriptives, ni d'une cartographie précise du réseau d'assainissement de la région pointoise.

• Réseau électrique

Le réseau électrique regroupe l'ensemble des installations permettant de transférer l'énergie électrique des centres de production vers le consommateur.

Il s'organise en deux grandes étapes : le réseau de répartition (il n'y a pas de réseau de transport à proprement parler en Guadeloupe) et le réseau de distribution.

Le réseau de répartition permet le transfert de l'électricité des différents centres de production vers les postes d'interconnexions et de distribution (postes électriques) des zones de consommation. En Guadeloupe, le réseau de répartition à haute tension est constitué de lignes HTB à 63 kV du fait des distances relativement courtes à parcourir jusqu'aux régions consommatrices.

Lorsque l'électricité à haute tension arrive dans la zone de consommation, elle entre dans le réseau de distribution afin d'arriver chez le consommateur final. Les postes électriques sources permettent alors d'abaisser le voltage en moyenne tension (20 kV) ou en basse tension (400 ou 230 V).



Figure 14 : Le réseau électrique HTB en bordure de la Rivière Salée (photo BRGM)

Sur l'ensemble du réseau, les lignes électriques HTB sont essentiellement aériennes et soutenues par de nombreux pylônes électriques à structure métallique quadripodes, construits sur socle en béton. Un nombre important de ces pylônes se situe à faible altitude, dans des zones particulièrement vulnérables à une élévation du niveau marin (mangrove,...). Le réseau de distribution est également essentiellement aérien (même si l'enfouissement des réseaux est de plus en plus fréquent) et repose essentiellement sur des pylônes en béton alvéolés.

Sur le secteur d'étude, un poste source est installé entre la Gabarre et le Raizet à proximité de la rocade.

Pour le réseau électrique, nous ne disposons actuellement pas d'informations descriptives, ni d'une cartographie précise en dehors des lignes HT.

3.3. ZONES BASSES POTENTIELLEMENT IMMERGEES

Une simulation des zones potentiellement immergées d'ici à 2100 a été effectuée, grâce aux estimations préalablement faites du taux d'élévation du niveau de la mer pour le siècle à venir.

Il s'agissait de confronter la topographie du secteur au futur niveau de la nappe, dépendant de la hausse du niveau marin. Cette étape a été réalisée sous le logiciel de SIG « ArcGIS ». Plusieurs techniques ont été utilisées en considérant dans un premier temps un niveau de nappe hétérogène, puis un niveau de nappe homogène.

En effet, la nappe d'eau aquifère présente sous les terres immergées ne se trouve pas à la même altitude que le trait de côte. Elle s'élève progressivement vers l'intérieur des terres, souvent de manière hétérogène, pouvant potentiellement envoyer des zones pourtant situées au-dessus du niveau attendu de l'élévation du niveau marin (inondation par débordement de nappe). Nous avons donc considéré les 2 cas, en nous basant notamment sur les données de piézométrie de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) disponibles dans la région.

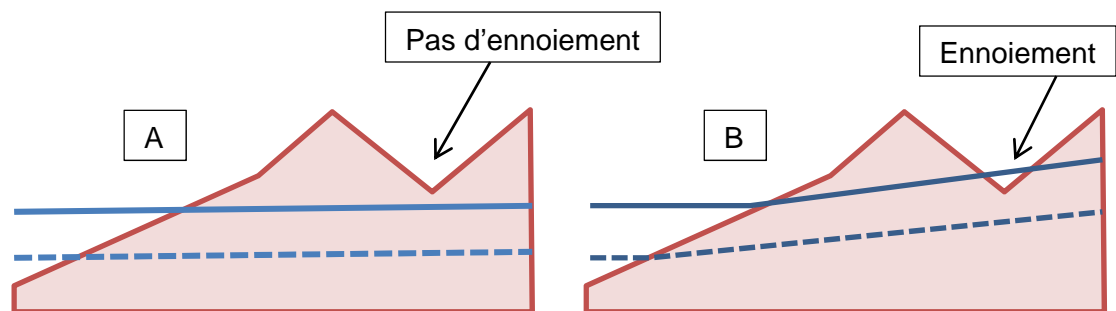


Figure 15 : Avec une nappe hétérogène (B), l'élévation du niveau de la mer peut entraîner l'envoie de zones pourtant situées à une altitude supérieure. Ce n'est pas le cas avec une nappe homogène (A).

Il faut noter qu'en l'absence de disponibilité des données Litto 3D © initialement prévues pour réaliser l'étude, nous avons dû nous contenter d'un Modèle Numérique de Terrain disponible au pas de 10 mètres, beaucoup moins précis. Par ailleurs, ce MNT n'ayant pas été initialement filtré lors de sa réalisation (pour enlever notamment les artefacts liés à la présence d'immeubles, par exemple), il surestime souvent fortement les altitudes véritables des zones fortement urbanisées (et donc notamment de la région pointoise).

3.3.1. Niveau de nappe hétérogène

Dans un premier temps, il s'agissait d'estimer les zones pouvant se trouver immergées à partir du niveau actuel de la nappe extrapolé pour les horizons 2060 et 2100.

Tout d'abord, le calcul du niveau actuel de la nappe a été effectué en plusieurs points grâce à un ensemble de sondages répertoriés dans la BSS, réalisés entre 1961 et 2001. Le niveau actuel de la nappe a été obtenu par une interpolation simple, en estimant une augmentation de 1,7 mm/an jusqu'en 1993, puis de 3,4 mm/an. Ce procédé ne fournit cependant pas un résultat très satisfaisant, du fait du manque de données initiales et du calcul simpliste ne prenant pas en compte les différences de lithologie pouvant faire varier le taux d'élévation au sein même du secteur.

Le niveau futur de la nappe d'eau souterraine est obtenu en estimant une augmentation de 80 cm pour 2100 et en additionnant cette valeur au niveau actuel calculé aux différents points de sondages précédant.

Ensuite, les valeurs obtenues ont été soustraites aux valeurs d'altitude fournies par le Modèle Numérique de Terrain en chacun des points. Un résultat négatif témoigne alors d'une immersion de la zone.

Finalement, afin de réaliser une carte continue du secteur, différentes interpolations ont été effectuées : trois types de krigeage (méthode ordinaire et modèle de semi-variogramme sphérique / méthode universelle avec dérive linéaire / méthode universelle avec dérive quadratique) et la méthode par voisins naturels.

La mise en commun de ces quatre interpolations a permis de mettre en évidence les zones récurrentes où une immersion du site est à prévoir en 2100. La carte obtenue est présentée en Figure 16.

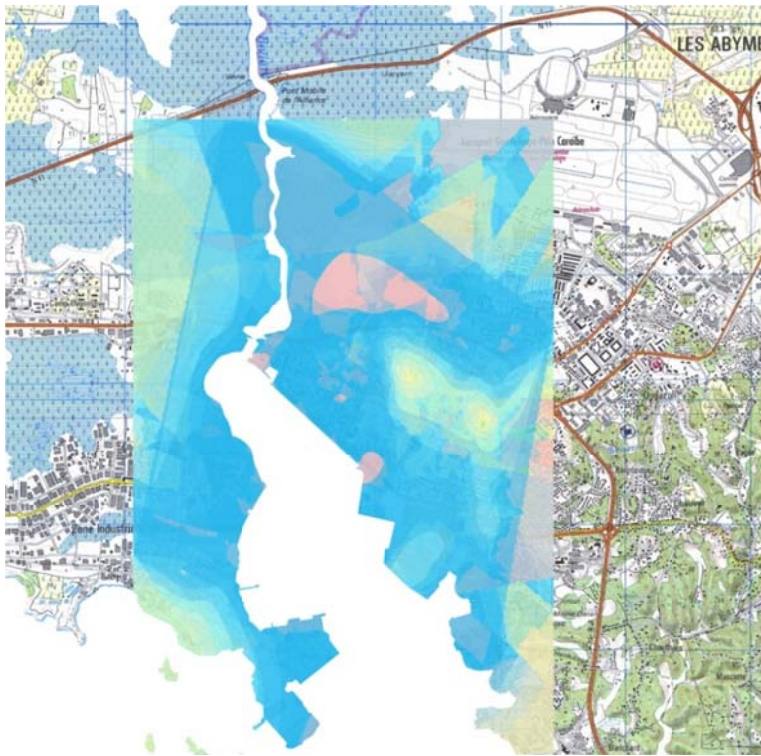


Figure 16 : Superposition des quatre interpolations pour un niveau de nappe extrapolé mettant en évidence les zones immergées vers 2100 (élévation du niveau marin de 80 cm) – les zones roses correspondent aux sites immergés.

Cette technique fait apparaître une immersion des terrains au nord de la Gabarre (décharge et ouest du Raizet), à l'ouest du port de pêche de Lauricisque et au nord-ouest de l'embarcadère de Pointe-à-Pitre.

Bien qu'elle colle plus à la réalité des fluctuations de la nappe aquifère, cette méthode ne donne pas de bons résultats dans notre cas et les résultats restent très imprécis en raison du manque de données spatialement bien réparties et de la grande incertitude sur les valeurs de niveau de nappe utilisées (notamment dans les zones de remblais où il est souvent difficile de savoir si la mesure du niveau de la nappe est postérieure ou antérieure au remblaiement...)

3.3.2. Niveau de nappe homogène

Dans un second temps, nous avons estimé les terrains qui se retrouveraient sous eau à partir d'un niveau homogène de la nappe sur l'ensemble du territoire.

Tout d'abord, une cartographie simple a été réalisée directement à partir du MNT. Une élévation de 50 cm a été supposée pour l'horizon 2060 et de 80 cm pour l'horizon 2100. Les altitudes du MNT ont donc été classées en différentes couleurs pour différencier les zones actuellement comprises sous le niveau de la mer (rose), celles comprises entre 0 et 0.5 m (jaune) qui seront donc potentiellement ennoyées d'ici 2060, et celles comprise entre 0.5 et 0.8m (orange clair) qui seront potentiellement ennoyées d'ici 2100. Les zones actuellement à une altitude supérieure à 0.8 m (orange foncé à gris) ne devraient pas ou peu être affectées par l'élévation du niveau marin (Figure 17).

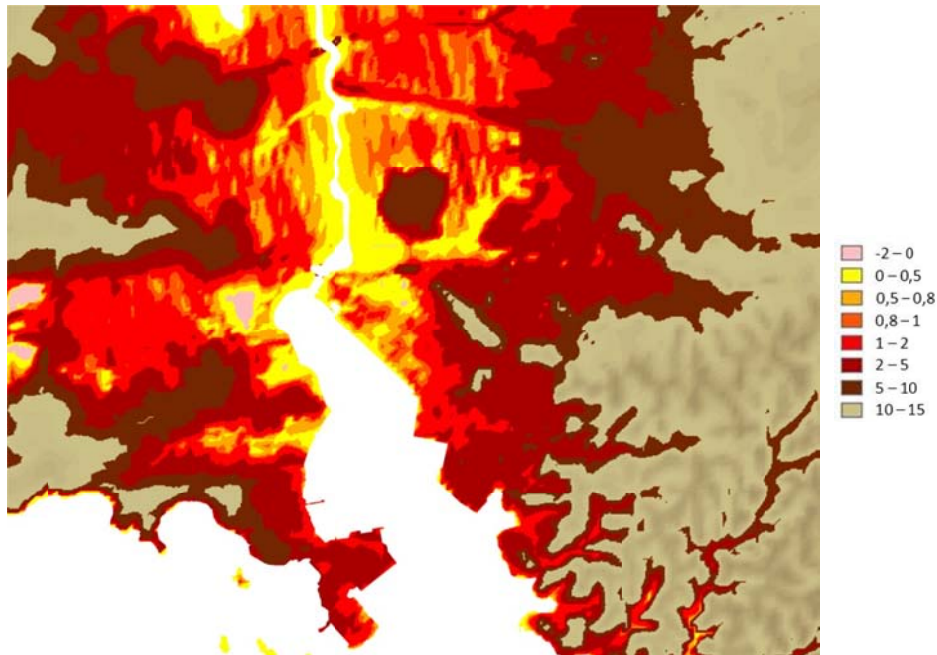


Figure 17 : MNT classé mettant en évidence les zones à moins de 50 cm d'altitude (rose et jaune) et celles entre 50 et 80 cm d'altitude (orange clair).

Une dernière façon d'obtenir les zones inondées a été mise en place, en réalisant des méthodes d'interpolation.

Tout d'abord, les valeurs d'altitude contenues dans le MNT ont été extraites.

Une élévation de 50 cm a été supposée pour l'horizon 2060 et de 80 cm pour l'horizon 2100. En estimant ainsi un niveau de nappe constant à + 0,50 m en 2060 et d'autre part à + 0,80 m en 2100, la différence entre valeur d'altitude et niveau de nappe permet de mettre en évidence les zones immergées grâce à un résultat négatif.

Afin de réaliser une carte continue du secteur, différentes interpolations ont été effectuées : trois types de krigeage (méthode ordinaire et modèle de semi-variogramme sphérique / méthode universelle avec dérive linéaire / méthode universelle avec dérive quadratique) et la méthode par voisins naturels.

La mise en commun de ces quatre interpolations a permis de mettre en évidence les zones récurrentes où une immersion du site est à prévoir tout d'abord en 2060 puis en 2100. Les deux cartes obtenues sont présentées en Figure 18 et en Figure 19.

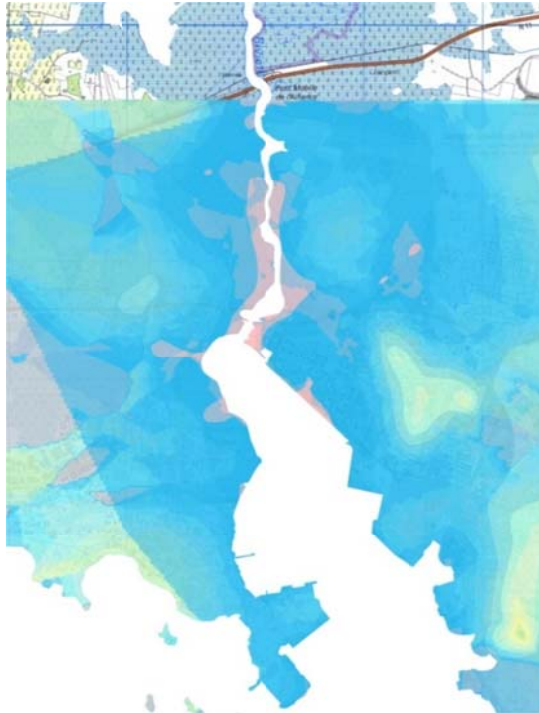


Figure 18 : Superposition des quatre interpolations pour un niveau de nappe homogène mettant en évidence les zones immergées vers 2060 (élévation du niveau marin de 50 cm) – les zones roses correspondent aux sites immergés.

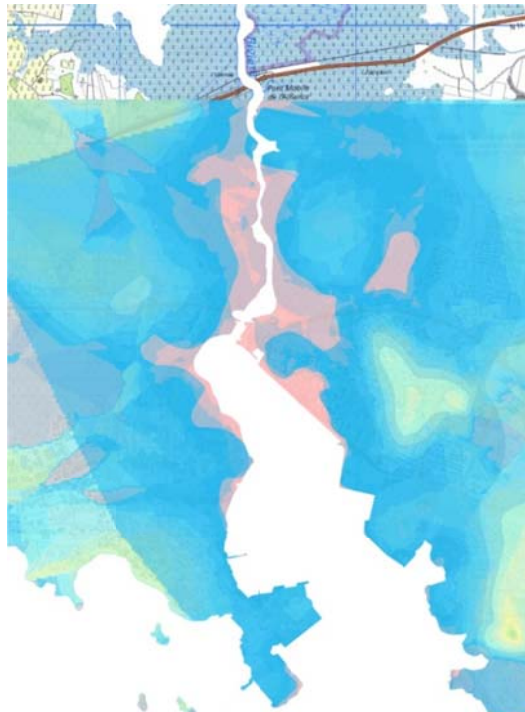


Figure 19 : Superposition des quatre interpolations pour un niveau de nappe homogène mettant en évidence les zones immergées vers 2100 (élévation du niveau marin de 80 cm) – les zones roses correspondent aux sites immergés.

Ces deux techniques (zonage du MNT et krigeage) font apparaître une immersion progressive des mêmes terrains d'ici 2100 :

- ceux à proximité immédiate de la Rivière Salée,
- la zone de mangrove située entre la Gabarre et le Raizet,
- les zones entourant la piste de l'aéroport,
- une partie importante des quartiers de Lauricisque et de Bergevin, ainsi que l'extrémité ouest de Grand-Camp,
- l'ensemble des zones côtières situées de part et d'autre de Morne à Savon à Jarry-Houëlbourg (et jusqu'au Pont de la Gabare au nord de ce dernier),
- une partie de l'esplanade sud du Port Autonome de la Guadeloupe (mais cette dernière fait l'objet d'un remblaiement actif en vue de l'extension du PAG).

En dehors de ces zones problématiques, on notera que des points stratégiques comme le centre-ville de Pointe-Pitre, les bâtiments de l'aéroport et une grande majorité de la zone de Jarry devraient être épargnés par l'enneigement due à l'élévation du niveau marin même si ces résultats doivent être regardés avec précaution (cf. limites d'utilisation liées à la résolution du MNT, exprimées ci-dessous).

3.3.3. Zones ennoyées et zones potentiellement affectées par l'élévation du niveau marin

Il est important de noter que les résultats des modélisations sur les zones ennoyées présentés ci-dessus **ne peuvent en aucun servir de zonage**. Ils reposent, en effet, comme indiqué précédemment, sur des données peu précises (MNT au pas de 10 m non filtré, données piézométriques trop éparses). Le but de cette étude est avant tout de mettre en évidence des zones-types, qui montreraient chacune des comportements particuliers, et non pas de décrire précisément le comportement possible de chaque zone.

Ainsi, plus particulièrement, des zones indiquées comme non-ennoyées pourraient en fait l'être en raison du MNT qui surévalue les altitudes réelles. Par ailleurs, des zones non-ennoyées pourraient tout de même être affectées par l'élévation du niveau marin par saturation en eau des terrains sous-jacents ayant de fortes répercussions sur les infrastructures (altération des bétons, inondations des sous-sols, déstabilisation des fondations, altération des réseaux enterrés, etc... ; cf. chapitre suivant)

4. Problèmes géotechniques liés à l'élévation du niveau de la mer

Les conséquences d'une élévation du niveau de la mer se font déjà ressentir, tant en Guadeloupe que dans d'autres régions du monde. Cette problématique se traduit au niveau du comportement mécanique des diverses natures de sols, et également sur les ouvrages géotechniques et hydrauliques en eux-mêmes et sur leurs matériaux de construction.

Des recherches bibliographiques et de terrain ont été menées afin de mettre en évidence les comportements des sols et ouvrages ainsi que les dégradations déjà recensées sur le secteur d'étude.

4.1. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES DEGRADATIONS AFFECTANT SOLS ET OUVRAGES

4.1.1. Comportement général des sols face à une augmentation de la teneur en eau

Les impacts géotechniques et hydrauliques de l'élévation du niveau de la mer sont étroitement liés au comportement des sols face à une augmentation de la teneur en eau.

Notons que le comportement mécanique des sols peut être étudié grâce à différents paramètres :

- les limites d'Atterberg = limite de plasticité w_P et limite de liquidité w_L : elles concernent les éléments fins du sol, seuls éléments sur lesquels l'eau agit en modifiant la consistance du sol ;
- l'indice de plasticité $I_P = w_L - w_P$: il caractérise la largeur de la zone où le sol étudié a un comportement plastique. Plus l' I_P est grand, plus le gonflement par humidification de la terre et son retrait par dessiccation seront importants ;
- la valeur au bleu de méthylène : ce paramètre exprime globalement la quantité et la qualité de l'argile contenue dans un sol.

Dans le cas de la nappe souterraine, le sol est saturé, l'eau y circule librement et un gradient hydraulique apparaît.

De l'eau remonte par capillarité au-dessus du toit de la nappe, ce qui est caractérisé par la hauteur d'ascension capillaire h , qui dépend de la granulométrie et de l'indice des vides du sol. Ce paramètre croît lorsque la taille des grains décroît. Le phénomène de remontée par capillarité présente l'avantage de créer une augmentation locale de la résistance du sol.

Une augmentation de la teneur en eau du sol peut se traduire par des tassements, définis comme une déformation verticale du sol soumis à des charges extérieures.

Pour un sol devenant saturé, ces tassements peuvent résulter de la compression du squelette solide et de l'évacuation de l'eau contenue dans les vides. Il s'agit alors du phénomène de consolidation, défini comme une réduction de volume d'une couche de sol saturé, par évacuation graduelle de l'eau, sous l'effet d'une contrainte normale.

Elle constitue donc un tassement : sous une charge, l'eau reprend tout d'abord l'ensemble des efforts reçus. Elle se met ensuite en mouvement et s'écoule à une certaine vitesse, dépendant de la perméabilité du milieu. Les charges sont progressivement reprises et transmises par les grains solides, pour que finalement elles se transmettent toutes directement de grain en grain. L'eau interstitielle a finalement repris en chaque point du sol sa pression initiale (avant le chargement du milieu). Le milieu se trouve alors consolidé.

Le tassement des sols fins saturés constitue le tassement le plus important au sein des différents types de sols.

Notons que différentes méthodes permettent de calculer les valeurs de tassement :

- la méthode œdométrique, conseillée pour les remblais de grande dimension et les radiers avec des sols meubles (argiles) ou rigides (sables) et pour des déformations non latérales ;
- la méthode pressiométrique, recommandée pour les fondations ponctuelles ou linéaires avec des sols meubles (argiles) ou rigides (sables) et pour des déformations pouvant être latérales.

Ainsi, l'œdomètre de Terzaghi permet d'évaluer l'amplitude des tassements ainsi que leur évolution dans le temps au niveau d'ouvrages construits sur des sols saturés. Il fournit la courbe de compressibilité qui indique le tassement total en fonction de la contrainte appliquée lors d'un essai drainé. Cette courbe est constituée de courbes de chargement et de déchargement obtenues pour un même essai. Il est également possible d'obtenir la courbe de consolidation qui détermine le tassement de l'échantillon en fonction du temps, lorsqu'une contrainte constante est appliquée.

4.1.2. Comportement des sols rencontrés sur le secteur

D'après l'étude géologique réalisée au paragraphe 3.1.1, il apparaît que trois principaux types de sols occupent les terrains du secteur d'étude et conditionnent leur comportement. Il s'agit de sols calcaires, argileux et de remblais.

Avec l'élévation du niveau de la mer, et donc l'augmentation de la teneur en eau, chacun de ces sols de nature minéralogique différente va présenter un comportement particulier.

Comportement des roches calcaires face à une augmentation de la teneur en eau

Les roches calcaires se caractérisent par leur solubilité dans l'eau et par une perméabilité généralement « en grand » (ou à grande échelle). La circulation des eaux souterraines au sein de ces couches se fait essentiellement au niveau de zones de discontinuités (failles, fissures, diaclases, zones d'altération,...). Ces eaux ont une action mécanique et chimique lente sur les massifs calcaires. La dissolution résultante des carbonates entraîne un élargissement progressif des failles ou autres discontinuités, pouvant conduire à l'apparition de conduits, de cavités souterraines, de grottes,... Il s'agit du phénomène de karstification.

Avec une hausse du toit de la nappe, la proportion de calcaire ennoyé augmente. La circulation continue d'eau dans la portion de massif saturé peut donc se traduire par une situation toujours favorable à la dissolution des carbonates.

Comportement des sols argileux face à une augmentation de la teneur en eau

Le comportement des sols argileux lors d'une variation de la teneur en eau du milieu dépend essentiellement de sa structure minéralogique.

De la famille des phyllosilicates, les minéraux argileux présentent une structure en feuillets superposés séparés par des vides où des liaisons anions/cations très stables assurent l'empilement des couches élémentaires.

Les minéraux argileux sont assimilés à des colloïdes, ce qui signifie qu'ils sont capables de fixer une grande quantité d'eau. Ceci se justifie en particulier par l'importance de la surface spécifique des argiles (rapport entre l'aire totale des particules et la masse sèche) et par le fait que les feuillets présentent un déficit de charge responsable de l'adsorption de cations à leur surface et donc d'une capacité d'échange cationique.

Cette propriété permet l'adsorption de molécules d'eau à la surface des feuillets, assurant les liaisons entre grains argileux.

Ceci se traduit également par une capacité de variation de la structure du sol, et en particulier par des phénomènes de gonflement lors d'une augmentation de la teneur en eau : sous l'effet de la pression interstitielle engendrée, les particules s'éloignent les unes des autres. Cependant, l'importance du gonflement peut varier en fonction de la famille du minéral argileux (kaolinite, illite, smectite,...).

De plus, plus la pression interstitielle augmente, plus la force d'attraction au niveau des liaisons entre les grains argileux diminue. Ces particules tendent alors à évoluer indépendamment les unes des autres, jusqu'à atteindre la liquéfaction du matériau lorsque la teneur en eau est trop importante (dépassement de la limite de liquidité).

Le secteur étudié ici comporte des sols avec montmorillonite (appartenant au groupe de la smectite). Ce minéral est caractérisé par des liaisons lâches entre ses feuillets et par une très grande surface spécifique. Une telle argile est donc particulièrement gonflante. Ainsi, si la montmorillonite est présente en grande quantité, des gonflements importants sont possibles lors d'une augmentation de la teneur en eau des sols.

Cependant, il faut noter que dans le contexte de climat tropical guadeloupéen, le gonflement des argiles ne semblerait pas poser de problèmes notables. Une étude préliminaire réalisée par le BRGM à la Martinique montre qu'il est difficile de faire la part entre des déstabilisations de fondation liées au retrait-gonflement des argiles et celles causées par les mouvements de terrain. Certains cas sont cependant avérés.

Comportement des divers remblais rencontrés sur le secteur face à une augmentation de la teneur en eau

Différents types de remblais sont présents sur le secteur d'étude : en tuf calcaire, argileux, en sable argileux, en terre végétale, ...

Leur comportement lors d'une augmentation de la teneur en eau peut être estimé grâce au GTR.

Le Guide des Terrassements Routiers est un outil méthodologique réalisé par le SETRA et le LCPC présentant une classification des différents types de sols pouvant être utilisés en remblai ou en couche de forme et également les modalités de mise en œuvre de chacune de ces classes de sols.

Un résumé succinct du GTR pour quelques types de remblais pouvant être rencontrés dans la région pointoise est présenté en Annexe 1.

Les remblais de tuf calcaire prédominent largement dans la région. Les autres natures de matériaux restent très secondaires.

La connaissance de leur comportement est donc essentielle dans l'évaluation des impacts géotechniques de l'élévation du niveau de la mer.

Le tuf calcaire, provenant uniquement des plateaux calcaires de Grande-Terre et de Marie-Galante, est de qualité géotechnique moyenne. Il s'agit d'un calcaire tendre dont l'utilisation est généralement limitée aux travaux de remblaiement. D'après la classification du GTR, ce matériau peut être assimilé à la sous-classe R23, qui est présentée comme sensible à l'eau. **Il faut donc s'attendre à une modification des caractéristiques mécaniques au cours d'une élévation de la teneur en eau.** Cependant, en raison de l'hétérogénéité-même du matériau, il conviendra de mener des études complémentaires sur l'évolution de ce dernier à long terme, lorsqu'il est soumis au battement d'une nappe d'eau salée (voir Chapitre Recommandations).

Impacts de l'eau douce et de l'eau salée

Dans ces zones côtières de basse-altitude, la hausse du toit de la nappe d'eau souterraine étant due à l'élévation du niveau de la mer, l'influence de la teneur en sel de l'eau sur le comportement des sols est à étudier.

L'eau de mer a un pH moyen de 8,2, elle est donc légèrement basique.

L'eau souterraine douce a un pH alcalin dans les calcaires et acide dans les sols aquifères sableux ou granitiques.

La région pointoise est globalement recouverte par deux grandes natures de matériaux : les calcaires et les argiles. Le teneur en sel des eaux peut avoir une influence différente suivant la géologie.

- *Pour les matériaux calcaires*

Le calcaire est moins soluble dans l'eau de mer que dans l'eau douce.

En effet, d'après l'article « Les Lapiaz Marins » de Jean Corbel (Revue de géographie de Lyon, 1952, volume 27, numéro 27-4, pp 379-380), la dissolution du calcaire dépend de la nature de l'eau et de la température :

- dans de l'eau de mer à environ 35% de sel dissous :
 - à 10°C -> calcaire dissous = 0,00065 g/L
 - à 20°C -> calcaire dissous = 0,00050 g/L
- dans de l'eau douce :
 - à 10°C -> calcaire dissous = 0,00073 g/L
 - à 20°C -> calcaire dissous = 0,00058 g/L

Ceci s'explique par le fait que l'eau doit être acide pour pouvoir dissoudre le calcaire d'une roche. Ainsi, plus le pH est élevé, plus l'eau mettra du temps à le dissoudre. D'après les informations précédentes, la dissolution est donc plus lente pour de l'eau de mer que pour de l'eau douce, plutôt acide comparée à l'eau salée, plutôt basique.

De plus, les calcaires sont constitués de carbonates de calcium (CaCO_3), dont la solubilité augmente avec la teneur en CO_2 donnant une eau plus acide.

En conclusion, la sensibilité d'un sol calcaire est plus grande dans de l'eau douce que dans de l'eau de mer. **On peut donc estimer que l'élévation du niveau marin aura un impact minime sur la dégradation des calcaires.**

- *Pour les matériaux argileux*

Un excès de sodium dans l'eau entraîne la floculation de l'argile, c'est-à-dire une précipitation du matériau avec notamment l'eau de mer. En effet, les feuillets d'argiles

collent alors les uns aux autres et forment des flocons, beaucoup plus lourds qu'un feuillet.

Ceci s'explique par le fait que les feuillets portent une charge négative de surface. Dans l'eau douce, les charges négatives se repoussent et restent trop éloignées pour pouvoir se coller les unes aux autres. Cependant, dans l'eau salée, cette répulsion disparaît car chaque feuillet s'entoure d'ions chargés positivement, ce qui masque la charge négative aux feuillets voisins.

Au sein des formations géologiques argileuses du secteur d'étude, les particules sont initialement trop rapprochées les unes des autres pour former des flocons. Cependant, il est à envisager que la hausse du toit de la nappe d'eau (salée par intrusion marine) provoque un comportement différent de l'argile par rapport à une humidification à l'eau douce, pouvant correspondre dans une certaine limite à une agrégation du matériau plutôt qu'à une répulsion des feuillets. La structure deviendrait plus granuleuse, **mais comme pour les calcaires, l'impact devrait être minime.**

4.1.3. Problématique de liquéfaction

La Guadeloupe étant située dans une zone soumise au risque sismique, le problème de liquéfaction entre en compte dans l'étude présente, l'augmentation du niveau de la nappe amplifiant ce phénomène par une saturation des sols en eau.

La liquéfaction correspond à un changement de comportement d'un matériau solide au passage d'une onde sismique. Celui-ci perd de sa cohésion et se comporte comme un liquide. Il s'agit d'un phénomène affectant des matériaux spécifiques de type sableux.

Elle constitue un facteur aggravant de l'aléa sismique. En effet, lors de fortes secousses sismiques touchant des sols constitués de matériaux meubles saturés en eau, une chute brutale de la résistance du matériau peut survenir, pouvant provoquer, par exemple, l'enfoncement ou le basculement d'immeubles entiers ne possédant pas de fondations posées sur le rocher.

Dans l'agglomération de Pointe-à-Pitre, de nombreuses zones de formations potentiellement liquéfiables ont été recensées.

Cependant, peu de modifications physiques devraient apparaître avec le changement climatique au niveau des terrains liquéfiables. Le problème réside dans le fait que ces zones se trouveront systématiquement en contexte favorable de liquéfaction, car étant ennoyées par l'élévation du niveau marin, ce qui n'est pas le cas actuellement.

4.1.4. Problèmes rencontrés sur les ouvrages géotechniques

Comportement général des ouvrages

Dans le cadre de la problématique étudiée ici, différents problèmes pourraient survenir avec une élévation du niveau de la mer, provoquant une hausse du toit de la nappe :

- la nappe arriverait directement dans les ouvrages souterrains situés à faible profondeur. De ce fait, certains matériaux de constructions, situés au-dessus de la nappe, se trouveraient imprégnés par remontée capillaire d'eau souterraine. La modification des caractéristiques du sol entraînerait une déstabilisation des structures. Le développement de moisissures dues à la remontée capillaire d'eau dans les murs porterait atteinte à la santé des occupants. Les ouvrages d'isolation thermique seraient dégradés, affectant les performances énergétiques du bâtiment ;
- les pressions hydrostatiques engendrées provoqueraient des infiltrations d'eau à l'intérieur des aires habitables par tous les interstices et endroits susceptibles de ne laisser passer que la vapeur ;
- par effet de sous-pression, des dommages importants apparaîtraient au niveau des dalles des bâtiments et de la voirie ;
- les chlorures présents dans l'eau de mer provoqueraient une éventuelle corrosion des armatures des bétons armés, si celles-ci ne sont pas parfaitement isolées au sein du béton ;
- une diminution de l'épaisseur de terre non saturée et donc de la zone tampon se chargeant en eau lors de fortes pluies serait engendrée. Les terres seraient donc saturées plus rapidement, entraînant une augmentation du ruissellement de surface, voire des débordements de nappe ;
- un risque de pollution menacerait la nappe si des contenants de produits polluants étaient détériorés par les eaux souterraines ;

Les bâtiments les plus sévèrement touchés par les inondations sont les maisons individuelles. En effet, cela vient des choix techniques et de dimensionnement de l'ouvrage, entraînant peu de résistance à des efforts intenses liés à la poussée hydrostatique, et une faible profondeur des fondations.

De plus, derrière le comportement général des ouvrages, ce sont, entre autre, les matériaux en eux-mêmes qui vont subir d'importantes détériorations.

Altération des bétons

Le béton est le matériau de construction le plus courant dans la zone d'étude. Il est particulièrement sensible à une augmentation de la teneur en eau.

Les différents agents agressifs affectant le béton sont : les ions chlorures, les sulfates (sulfate de calcium en particulier), l'eau de mer, le chlorure de sodium, le dioxyde de carbone...

Plus précisément, les principales sources d'altération des bétons sont :

- la carbonatation correspondant à la transformation de la portlandite contenue dans le béton durci en calcite au contact du CO₂ contenu dans l'air, dans un milieu humide. Ceci entraîne une diminution du pH d'environ 13 à 9. On parle de béton carbonaté.
- Un pH de 13 constitue un milieu protecteur pour les armatures en acier du béton armé par la formation d'une couche d'oxydes passifs. Cependant, à un pH de 9, ce film passif est détruit, la corrosion de l'acier est alors possible.
- l'attaque par les chlorures, se faisant dans les milieux proches de la mer (chlorures contenus dans l'eau de mer). Si plus de 0,65% du poids de ciment en chlorures atteint les armatures, il se produit une dépassivation des aciers qui deviennent sensibles à la corrosion. Lorsque le béton est déjà carbonaté et la corrosion amorcée, les chlorures jouent le rôle de catalyseurs.
- l'attaque sulfatique correspondant à la réaction entre les sulfates contenus dans l'eau de mer et certains composés du béton, notamment les aluminates, produisant de l'ettringite secondaire (trisulfoaluminate de calcium). Il s'agit d'un sel à caractère expansif, provoquant alors le gonflement du béton et sa fissuration, appelée faïençage. Notons que les sols alluviaux ou argileux peuvent contenir des pyrites qui s'oxydent en sulfates au contact de l'air et d'humidité, formant également de l'acide sulfurique.
- l'alcali-réaction correspondant à la réaction entre les granulats du béton et les alcalins de la pâte de ciment. Il faut pour cela que le granulat soit potentiellement réactif, que l'humidité relative soit très élevée (plus de 80 à 85 %), et que la concentration en alcalins soit supérieure au seuil limite. Cette réaction provoque le faïençage et l'éclatement du béton.

Avec une élévation du niveau marin et donc une augmentation de la teneur en eau salée dans les sols, les bétons se retrouvant ennoyés vont donc être soumis à un ensemble d'agents de dégradation qui affecteront par la suite les performances et la pérennité des ouvrages.

L'ensemble de ces dégradations liées à une élévation du niveau de la mer, et affectant les sols et les ouvrages, se retrouve au niveau mondial.

4.2. PROBLEMES GEOTECHNIQUES RENCONTRES HORS DE GUADELOUPE

Toutes les régions sont soumises aux effets du changement climatique, et une grande part des zones côtières rencontrent une hausse du niveau des eaux souterraines salées ainsi que la menace de disparition d'espaces continentaux. Certains lieux seront particulièrement touchés, voire le sont déjà, comme le Delta du Nil ou encore l'agglomération de Bangkok.

Une présentation des problèmes globaux rencontrés dans ces régions est proposée ici. Cependant, très peu de données ayant trait aux aspects géotechniques sont disponibles dans les ressources documentaires. Il n'a donc pas pu être tiré de ces deux cas de conclusions pertinentes quant aux conséquences géotechniques de l'élévation du niveau marin et aux adaptations associées mises en œuvre.

4.2.1. Delta du Nil

Cette région ne représente que 2,5% de la superficie totale du territoire égyptien, mais concentre le tiers de la population. Elle regroupe en effet une population très dense (jusqu'à 1 600 hab/km²) et de nombreuses zones cultivées : il s'agit de l'une des plus vieilles régions mondiales d'agriculture intensive assurant près de la moitié de la production agricole du pays, et occupant une bande de 50 km de large le long de la côte méditerranéenne.

Le Delta du Nil se trouve actuellement à moins de 2 m au-dessus du niveau de la mer (en grande partie entre 0 et 1 m d'altitude).

Une bande de sable côtière de 1 à 10 km de large, s'étendant des embouchures du Nil Rosetta et Damietta, permet de protéger la zone des inondations. Cependant, cette protection naturelle est affaiblie par une érosion initiée avec la construction du barrage d'Aswan en 1970 et accentuée par l'élévation du niveau de la mer, à la faveur de l'immersion progressive des terrains côtiers.

Une hausse de 1 m des eaux marines entraînerait l'inondation d'un quart du delta et de ce fait la disparition de terrains agricoles de bonne qualité, la salinisation des lagons où est pêché le tiers du poisson consommé dans le pays et donc la mort de ces espèces d'eau douce. Le site est également menacé par la salinisation des eaux douces souterraines dont les ressources sont déjà particulièrement faibles. La détérioration des installations touristiques et de loisir situées en bord de plage entraînera leur abandon. De plus, on estime que 10% de la population du delta serait amenée à se déplacer vers l'intérieur des terres, d'après un rapport de la Banque Mondiale, datant de 2007.

La Figure 20, réalisée dans le cadre du Programme des Nations-Unies pour l'Environnement (PNUE), met en évidence les premiers scénarios évaluant l'impact potentiel de l'élévation du niveau de la mer pour le Delta du Nil.

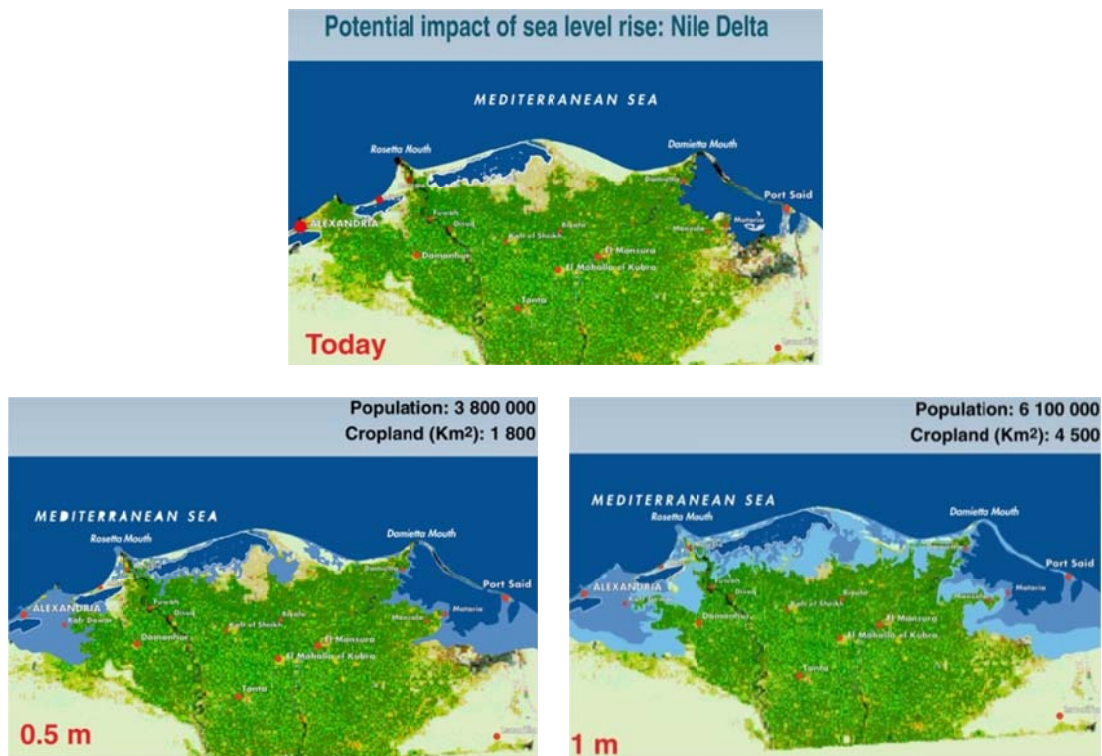


Figure 20 : Impact potentiel d'une élévation du niveau de la mer de 0,5 m et de 1 m dans le Delta du Nil (Sources : Otto Simonett, PNUÉ, GRID Geneva, Prof. G. Sestini, Florence, Centre d'analyses à distance, Le Caire, DIERCKE Weltwirtschaftsatlas).

Les réponses données à cette alerte restent très limitées. Par exemple, à Alexandrie, des murs en béton ont été édifiés afin de protéger une partie des côtes. D'autre part, des entreprises d'ingénierie spécialisées proposent de relever la côte de 2 m en déplaçant des milliers de tonnes de sable et en créant une digue empêchant l'eau d'entrer dans les terres et bloquant les infiltrations d'eau salée. Cependant, il ne s'agit que d'un projet soumis en 2007, qui n'a toujours pas été approuvé.

4.2.2. Bangkok

Bangkok, capitale de la Thaïlande, regroupe 15% de sa population, soit plus de 10 millions de personnes, et constitue le cœur économique, politique et social non seulement du pays mais également de la région du Grand Mékong.

Les enjeux y sont donc importants. Le changement climatique affecterait en premier lieu trois secteurs importants de l'économie : l'agriculture, le tourisme et le commerce.

Bangkok a été classée par l'Organisation pour la Coopération et le Développement Economique parmi les villes les plus menacées par les inondations côtières dans les 60 ans à venir.

En effet, la plus grande partie de l'agglomération de la ville se trouve actuellement sous le niveau de la mer. Ceci est dû à l'élévation du niveau de la mer, ainsi qu'au tassement des sols argileux recouvrant la région du fait, entre autres, du remplacement dans les années 50 des canaux de drainage par des routes et d'une mauvaise gestion de l'eau souterraine (pompages intensifs de la nappe phréatique). Cette subsidence des terres est évaluée entre 1,5 et 5,3 cm par an.

Le couplage de ces deux facteurs pourrait entraîner la disparition de la ville de Bangkok d'ici 15 à 20 ans, d'après Smith Dharmasaroja, météorologue et responsable du Centre national de prévention des désastres naturels.

Les zones principalement touchées par une élévation de 1 m de l'eau seront, en terme de surface submergée, en premier lieu les rizières, occupant une grande partie de l'agglomération, puis les bassins à poissons, les commerces et industries et enfin les vergers. L'impact sur les quartiers résidentiels devrait être, en comparaison, plus modéré, avec une surface submergée relativement limitée. Cependant, en termes de nombre de bâtiments menacés, plus d'un million seraient en danger parmi lesquels 90% seraient résidentiels.

D'après les dernières prévisions de la Banque Mondiale, un million de bangkokoïses pourraient vivre dans des zones inondables en 2050. Des vagues d'immigration vers le centre des terres thaïlandaises sont donc à prévoir, et commencent déjà à avoir lieu.

Les côtes devraient être dévastées, affectant de manière très importante le secteur touristique du pays. En effet, avec la déforestation de la mangrove, les côtes sont particulièrement soumises à l'érosion par les eaux marines. Ainsi, ce serait par endroits 5 à 25 mètres de côte qui disparaîtraient chaque année.

Les réponses apportées à ce phénomène sont un peu plus poussées que dans le Delta du Nil du fait de l'urgence de la situation, mais n'apportent pas de solutions réellement pérennes.

Plusieurs mesures ont été prises, afin de faire face à une montée des eaux de 2,5 m au maximum :

- Un réseau de digues le long du fleuve ;
- Un coupe-flots autour de la ville ;
- Un système de stations de pompage ;
- Un système de canaux de détournement des eaux ;
- Un système de bassins de rétention.

Cependant, ces mesures semblent insuffisantes pour la montée des eaux à venir.

Certains experts ont proposé une solution des plus radicales : la construction d'un barrage de 100 km de long dans le golfe de Thaïlande, de Hua Hin à Pattaya.

4.3. PROBLEMES GEOTECHNIQUES RENCONTRES EN GUADELOUPE

4.3.1. Enquête auprès des communes et gestionnaires de réseaux

Comme indiqué en introduction, une grande partie de cette étude reposait sur les retours d'un questionnaire adressé à l'ensemble des opérateurs de réseaux et maîtres d'ouvrage ayant des opérations dans la zone d'étude (collectivités, syndicats, entreprises privées, etc.). Ce questionnaire se trouve en Annexe 2. Ce questionnaire a eu un faible taux de retour, malgré la relance effectuée en cours d'étude (8 réponses sur 18 questionnaires envoyés), et les informations récoltées relatives à des problèmes géotechniques liés à l'élévation du niveau de la mer rencontrés en Guadeloupe sont maigres.

On peut cependant noter deux faits liés à des problèmes de tassement de terrain au sein du secteur d'étude, qui pourraient éventuellement être en relation avec une augmentation de la teneur en eau des sols.

Un premier évènement concerne une maison relativement ancienne, située à Pointe-à-Pitre entre la Darse et la gare routière. Des tassements différentiels d'environ 5 cm, qui ont entraîné le basculement de ce bâtiment, ont été observés. Cependant, des sondages de reconnaissance pour étudier le phénomène n'ont pas pu être réalisés en raison des contraintes d'accès trop grandes (pas d'emprise pour pouvoir réaliser les sondages). Aucun devis n'a donc été réalisé, et le dossier n'a pas pu être retrouvé pour nous permettre de faire nos propres constatations.

Un second évènement concerne une série de petites maisons mitoyennes dans le quartier de l'assainissement/Raizet (à proximité de la Cité des Métiers). Des tassements et des fissures sont apparus suite à la construction de ces bâtiments. L'expertise judiciaire étant en cours, aucune information supplémentaire n'a pu être obtenue. S'agissant de maisons récentes, il est peu probable que ces endommagements soient liés à l'élévation du niveau marin.

4.3.2. Le bâti et les réseaux de la zone pointoise : risques potentiels.

En raison du faible retour aux questionnaires et du peu d'information sur les caractéristiques techniques sur le bâti et les réseaux de la zone pointoise, il est difficile d'émettre des remarques autres que générales sur les risques géotechniques associés à l'élévation du niveau marin.

Concernant le bâti, les désordres sont essentiellement attendus au niveau des fondations, via l'altération des bétons au contact de l'eau salée, ou la déstabilisation de ces dernières par effet de sous-pression ou de modification des terrains sous-jacents (mais principalement dans le cas où elles sont construites sur remblais). On peut également s'attendre à l'enneigement des sous-sols même si ceux-ci ne semblent pas être très courants en région pointoise. On notera que si certains remblais construits sur

la mer prennent sans doute déjà en compte l'effet de tassement liés à la saturation en eau de leur partie basse, ce n'est pas le cas de nombreux remblais construits sur sols secs qui pourraient être ennoyés d'ici 2100.

Concernant le réseau routier, le risque principal demeure la submersion pure et simple de certaines portions de route gagnées sur la mangrove (certaines routes se situent uniquement à 20 ou 30 cm au-dessus du niveau marin actuel). L'autre risque est le tassement des remblais sur des portions gagnées sur les zones de faibles altitudes, aujourd'hui sèches mais probablement ennoyées d'ici 2100. On notera le besoin d'apporter une attention toute particulière aux principaux ouvrages de franchissement (les deux ponts de la Gabarre et celui de l'Alliance) pour vérifier leur adéquation avec une hausse significative du niveau moyen des mers.

Concernant les réseaux d'alimentation en d'eau potable (AEP) et d'irrigation, en l'absence des caractéristiques techniques du réseau, il est difficile de de se prononcer sur leur comportement. Le réseau d'irrigation déjà partiellement sous les eaux ne devrait pas subir de dommages directs majeurs. Par contre, les vannes situées dans les parties basses (notamment au niveau du pont de l'Alliance pourraient être submergées). Les conclusions pour le réseau AEP sont les mêmes. En dehors de la dégradation des ponts qui supportent les trois canalisations majeures, il ne devrait pas être impacté. Ce n'est pas le cas des vannes et stations de relevage situées dans les points bas. Les deux réservoirs présents au sein du secteur d'étude, situés dans les Grands Fonds, sont installés sur des points hauts à plus de 10 m d'altitude et sur des calcaires massifs de bonne qualité (calcaires à polypiers). Il est donc d'ores et déjà possible d'avancer que ces réservoirs AEP ne devraient pas subir de dégradations en lien avec l'élévation du niveau marin et du toit de la nappe d'ici à 2100. L'unique usine de traitement des eaux brutes, située sur la commune des Abyes (au Morne Miquel à Grand Camp) est installée sur du calcaire massif (calcaire à polypiers) au niveau d'un point haut (à plus de 10 m d'altitude également). Elle ne devrait pas subir de dommages du fait de la hausse du toit de la nappe d'eau.

Concernant le réseau d'assainissement, en l'absence des caractéristiques techniques du réseau, il est également difficile de de se prononcer sur son comportement. Concernant le réseau séparatif des eaux pluviales, sans qu'il ne soit directement physiquement impacté, il faut s'attendre à une efficacité diminuée en raison d'un niveau marin plus élevé à l'exutoire, donc à une évacuation des eaux plus difficiles en cas de grosses intempéries, et donc un risque d'inondation accru à l'intérieur des terres. Le réseau séparatif des eaux usées pourrait également être impacté au niveau notamment du fonctionnement des stations de relevage situées à faible altitude. L'unique station de traitement située à la pointe Jarry à une dizaine de mètre d'altitude sur des terrains volcano-sédimentaires ne devrait pas connaître de dégradation avec l'élévation du toit de la nappe. L'assainissement autonome devrait être lui plus fortement impacté dans les zones basses, car rendu inopérant (voire dangereux : risques de pollution de la nappe) en présence de terrains saturés en eau (et pas uniquement dans les zones ennoyées).

Concernant le réseau électrique, le réseau haute-tension pourrait être significativement impacté par l'ennoisement des terrains situées à proximité de la Rivière Salée et le long

de la RN où les pieds de pylônes pourraient être rapidement submergés (altération des bétons, déstabilisation des fondations, voire oxydation des parties métalliques). Le principal poste électrique de la zone située sur une levée à proximité de la rocade au Raizet ne devrait pas être impacté (voir fiches en Annexe 3). Les moyens de production de Jarry ne devraient pas être impactés compte-tenu de leur altitude actuelle. Le réseau de distribution pourrait être impacté dans les zones basses par corrosion des bétons ou déstabilisation des fondations de poteaux. Les postes secondaires situés en parties basses pourraient également être ennoyés.

4.3.3. Enquête de terrain

Lors de l'inventaire de terrain des sites potentiellement affectés par l'élévation du niveau marin dans la zone pointoise (cf. chapitre suivant), des anomalies pouvant être liées à l'élévation du niveau marin ont pu être observées.

Des témoignages et observations directes sur le terrain ont permis de mettre en évidence certains impacts déjà visibles de l'élévation du niveau marin.

D'après le témoignage du propriétaire d'une parcelle située à Morne à Savon, dans la ZI de Jarry, il semble tout d'abord que le niveau haut des marées ne cesse d'augmenter, avec une hausse d'environ 10 cm en 10 ans. Ainsi au Morne à Savon, les hautes eaux gagnent du terrain, pour progressivement atteindre le niveau des zones remblayées et les installations commerciales. Sur ce même site, les terrains sont de plus en plus saturés en eau. Ainsi, une simple pression verticale sur les dalles de bitume de la cour permet de faire jaillir l'eau au travers de ces dernières ; un phénomène inexistant au moment de la prise de possession des lieux par le propriétaire actuel il y a environ une vingtaine d'année et qui témoigne de l'élévation du toit de la nappe.

Au niveau de la Voie Verte (RD 32), route construite sur remblais dans une zone de mangrove et reliant Jarry à la Jaille, des tassements sont visibles (cf. Figure 21). Une déformation de type cuvette apparaît dans la largeur de la route, entraînant une gêne à la conduite. Ce phénomène pourrait être relié à une hausse du toit de la nappe, qui provoquerait une diminution de la capacité portante du remblai sous-jacent au revêtement de la route (même si ceci n'est pas avéré).



Figure 21 : Tassement de la route RD 32 pouvant être lié à l'élévation du toit de la nappe.

Il semble que cette zone soit particulièrement sensible au phénomène de tassement et que celui-ci ne soit pas nouveau. En effet, des réparations antérieures de cette portion de route sont visibles et d'anciennes fissures apparaissent sur les bords du revêtement initial de la route. Des désordres semblables nous ont été rapportés de manière orale sur d'autres routes de la zone sans que ceux-ci puissent être formellement identifiés aujourd'hui (route réaménagée et/ou ré-asphaltée).

5. Sites sensibles et prise en compte de la problématique dans la région pointoise

5.1. INVENTAIRE DES SITES SENSIBLES

En raison du faible taux de retour du questionnaire, nous avons procédé à un inventaire non-exhaustif des sites du secteur d'étude potentiellement impactés par l'élévation du niveau marin, mettant ainsi en évidence différents types de zones vulnérables à l'élévation du niveau de la mer prévue et différents enjeux. Les zones visitées ont été choisies sur la base de notre cartographie initiale de zones potentiellement ennoyées à l'horizon 2100, aux endroits où il était possible de mesurer le niveau actuel de la mer et d'estimer les effets d'une élévation de 80 cm de ce dernier sur les enjeux situés à proximité directe.

La Figure 22 met en évidence l'ensemble de ces points d'étude.



Figure 22 : Cartographie des principaux sites sensibles présents sur le secteur d'étude (triangles rouges).

Pour chacun d'entre eux, des fiches descriptives ont été réalisées et sont présentées en Annexe 3.

Chaque fiche permet tout d'abord de rendre compte de l'évolution du site au cours des soixante dernières années en comparant la carte IGN de 1950 et celle de 2004 (remblaiement sur mangrove ou sur mer, constructions anciennes ou récentes,...).

Elle met également en évidence sa situation géologique et hydraulique qui va en grande partie conditionner son niveau de vulnérabilité.

Elle permet enfin de présenter le contexte général du lieu ainsi que les enjeux importants présents.

A chaque site est affecté un niveau de vulnérabilité principalement indexé sur la différence d'altitude entre le niveau d'eau actuel et l'enjeu considéré :

- vulnérabilité forte lorsque la différence d'altitude entre surface topographique et niveau d'eau est inférieure à 50 cm ;
- vulnérabilité moyenne lorsqu'elle est comprise entre 50 cm et 1 m ;
- vulnérabilité faible lorsqu'elle est supérieure à 1 m.

Une multiplicité de contextes et d'enjeux a pu être analysée :

- zone rurale, urbanisée ou industrielle ;
- hangars, immeubles HLM, maisons individuelles ;
- structures métallique, en béton, en bois ;
- route, parking ;
- bâtiment industriel et matériel associé ;
- rez-de-chaussée,...

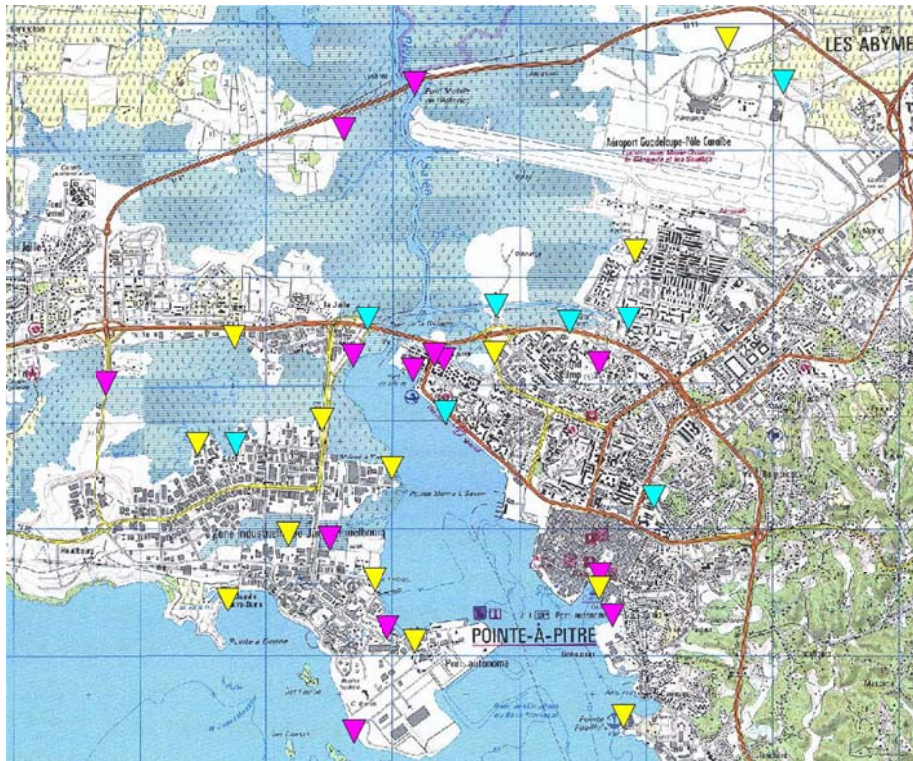
En ajoutant à ces données la géologie ainsi que le niveau d'eau, très variables en fonction des sites, cet inventaire, bien que non-exhaustif, permet de couvrir un grand nombre de situations.

Il permet ainsi au lecteur d'évaluer le risque de chaque site, en fonction des enjeux présents et de la vulnérabilité à l'élévation du niveau de la mer.

Un site où les enjeux sont faibles mais où la vulnérabilité est forte ne nécessitera pas obligatoirement de mettre en place des actions d'adaptation, par exemple.

En revanche, si un site présente des enjeux importants, comme par exemple la présence d'un bâtiment industriel comportant du matériel de pointe, il ne faudrait pas écarter la possibilité de mettre en œuvre des travaux d'adaptation, même si la vulnérabilité est moyenne.

Une carte mettant en évidence les différents niveaux de vulnérabilité de l'ensemble des sites répertoriés est présentée en Figure 23. (*Note : c'est le niveau de vulnérabilité le plus élevé qui y est représenté. Cependant, suivant la configuration du site, il peut y avoir plusieurs niveaux de vulnérabilité pour un même site.*)



- ▼ Site à forte vulnérabilité
- ▼ Site à moyenne vulnérabilité
- ▼ Site à faible vulnérabilité

Figure 23 : Carte des sites sensibles visités classés par niveau de vulnérabilité.

Il apparaît que, lorsque tous les niveaux de vulnérabilité sont pris en compte, 8 sites sont au moins en vulnérabilité faible, 13 sont au moins en vulnérabilité moyenne et 13 sont en vulnérabilité forte.

On peut donc considérer globalement que les trois-quarts des sites sensibles visités sur le secteur sont directement menacés par la montée des eaux.

De plus, dans l'ensemble, les sites retenus présentent tous des enjeux assez importants. En effet, le secteur d'étude est le cœur économique de la région et il s'y concentre un grand nombre d'entreprises et d'habitations individuelles et collectives.

En croisant ces deux derniers points, on peut conclure que pour environ 30% des sites sensibles visités, une rapide mise en place de mesures d'adaptation est nécessaire (et notamment en ce qui concerne certaines portions de routes).

5.2. LES ICPE ET SITES SEVESO

A la demande de la DEAL, nous avons également réalisé le même exercice que précédemment pour l'ensemble des sites ICPE et SEVESO. Cependant, aucune visite de terrain n'a eu lieu et cette évaluation a été réalisée uniquement à partir d'une recherche sur les cartographies réalisées durant ce travail.

Les ICPE, Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, sont définies d'après l'article L511-1 du code de l'environnement comme étant :

« les usines, ateliers, dépôts, chantiers et, d'une manière générale, les installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée, qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, soit pour l'utilisation rationnelle de l'énergie, soit pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique. »

Différents types de substances utilisées par ces sites sont définis dans la nomenclature des installations classées comme étant dangereux et présentant des caractères toxiques, explosifs, inflammables, combustibles, corrosifs, ou radioactifs, etc.

De même, un ensemble d'activités peut être soumis à cette réglementation : les activités agricoles et animaux, l'agroalimentaire et l'agroindustrie, les textiles, cuirs et peaux, le bois, papier, carton et imprimerie, les matériaux, minerais et métaux, la chimie, parachimie, caoutchouc et matières plastiques, les déchets, voire d'autres activités de combustion, de réparation et entretien de véhicules à moteur, de chauffage, etc.

La classification française de ces installations dangereuses vient en parallèle de la classification SEVESO.

Cette classification suit la directive européenne SEVESO II qui a pour but la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses.

Globalement, les bâtiments SEVESO correspondent aux ICPE devant respecter les prescriptions les plus strictes. Il s'agit des installations utilisant des produits parmi les cinquante contenus dans la liste établie par la directive : nitrates d'ammonium, engrais, liquides inflammables, produits agropharmaceutiques, comburants, toxiques, dangereux pour l'environnement, etc.

La directive SEVESO II traite d'établissements, ce qui a pour avantage de couvrir l'ensemble des infrastructures liées à l'installation (embranchements ferroviaires, appontements, bateaux à quai, etc.).

De plus, elle distingue deux catégories de sites, selon le degré de risque engendré par l'installation :

- les sites classés « seuil bas » ;
- ceux classés « seuil haut » et correspondant aux plus dangereux.

L'ensemble des ICPE et de celles classées SEVESO est présenté en Figure 24. La liste de ces entreprises est jointe en Annexe 4.

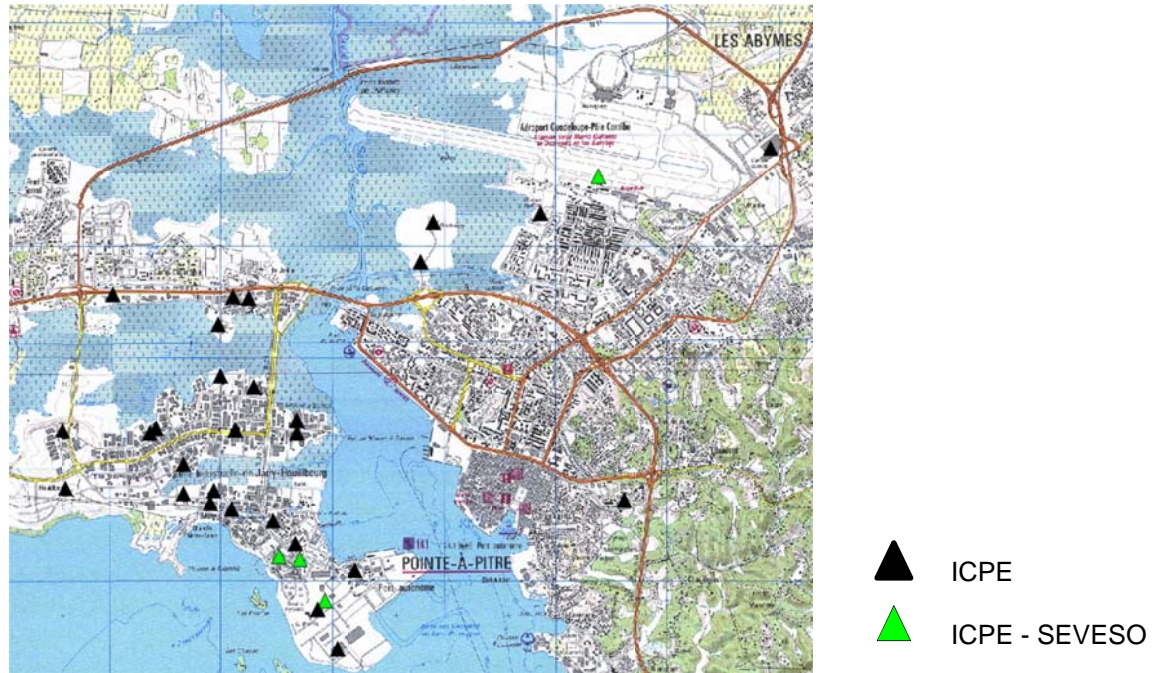


Figure 24 : Carte des ICPE et de celles classées SEVESO présentes sur le secteur d'étude.

Par mise en parallèle des valeurs d'altitude du MNT (cf. Figure 25), des zones potentiellement ennoyées d'ici à 2100 et de la géologie de chacun des sites d'ICPE (cf. Figure 26), un comptage des sites ICPE a été réalisé en fonction de ces paramètres et du niveau de vulnérabilité (cf. Tableau 1).

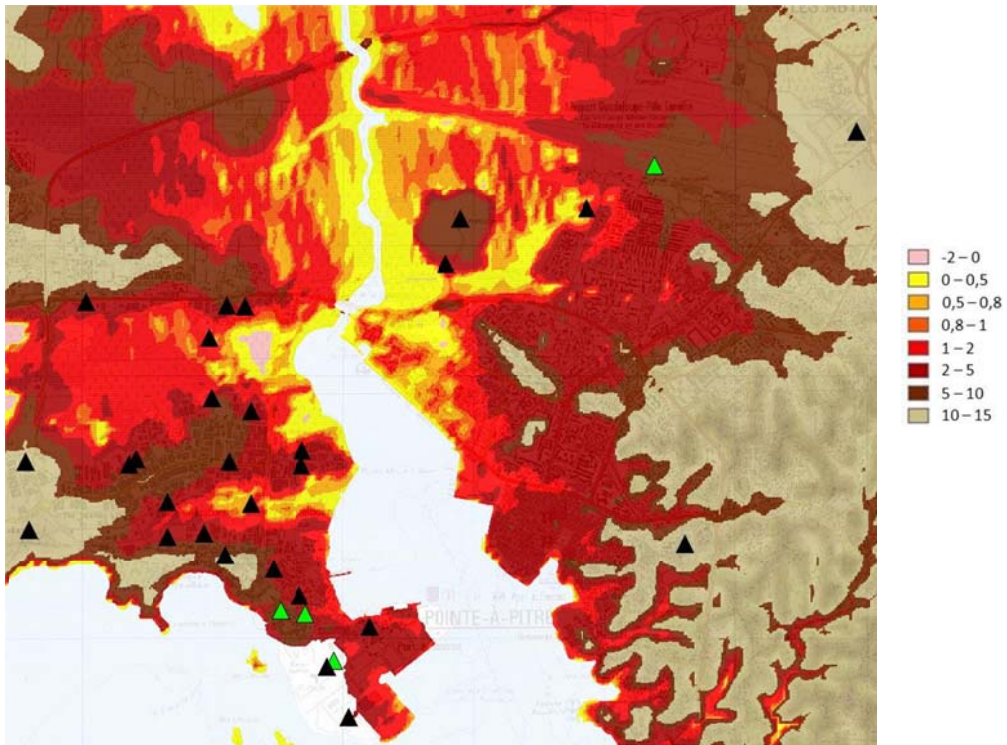


Figure 25 : Modèle numérique de terrain et implantation des ICPE.

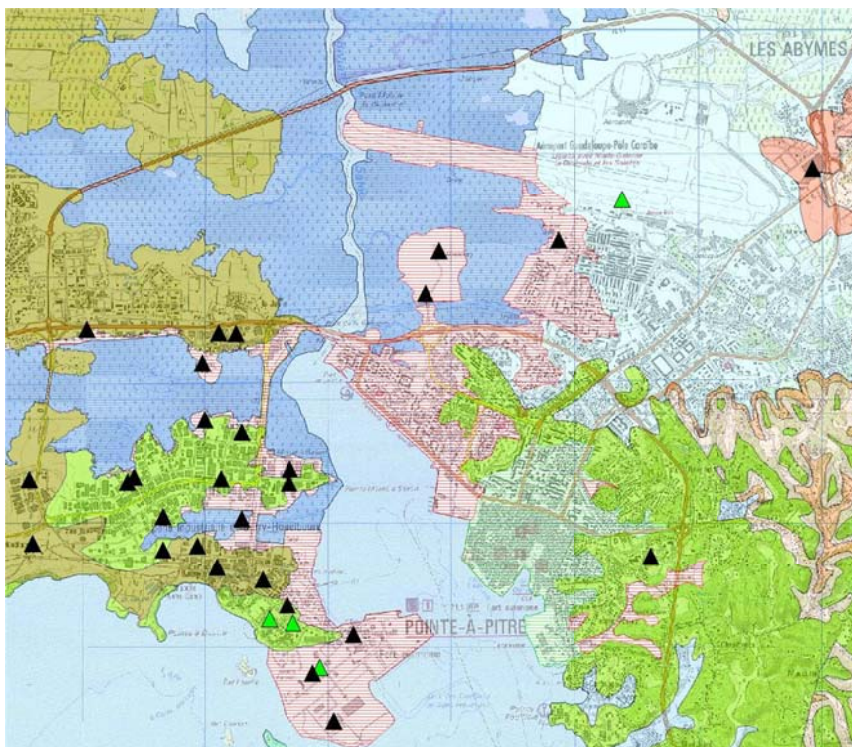


Figure 26 : Carte géologique du secteur et implantation des ICPE.

		ALTITUDE (m)					
		< 0,5	Entre 0,5 et 1	Entre 1 et 2	Entre 2 et 5	Entre 5 et 10	> 10
GEOLOGIE	Remblai			2	7	1	
	Remplissage argileux ou vase à palétuvier					1	
	Calcaire à polypiers <i>généralement massif</i>				9	1	
	Calcaire biodétritique <i>plus ou moins massif</i>						
	Horizon volcano-sédimentaire <i>peu induré</i>						1
	Complexe volcano-sédimentaire <i>plus ou moins altéré</i>				5	1	3





-  Sites de vulnérabilité forte
-  Sites de vulnérabilité moyenne
-  Sites de vulnérabilité faible
-  Sites de vulnérabilité très faible

Tableau 1: Tableau de comptage des sites ICPE par comparaison entre altitude et géologie et mise en évidence du niveau de vulnérabilité.

Il a été mis en évidence que presque tous les sites, hormis deux (Caribéenne de recyclage et Dépôt d'hydrocarbures du Raizet), se trouvent sous le niveau de vulnérabilité *faible*. Aucune installation classée n'est placée en vulnérabilité *forte* ou *moyenne*. Elles ne devraient donc pas présenter de dégradations particulières du fait de l'élévation du niveau de la mer au cours du XXI^{ème} siècle. Il n'y a donc pas de situation d'urgence pour la mise en œuvre d'actions d'adaptation au niveau de ces sites dangereux. Il est tout de même rappelé que cette classification a été réalisée à partir des cartographies réalisées dans la première partie de cette étude et qui doivent être utilisées avec prudence compte-tenu de leurs degrés de précision (utilisation d'un MNT au pas de 10m notamment). Les deux sites restants sont classés en vulnérabilité *faible*, des dommages potentiels peuvent survenir avec la hausse du niveau marin. Sans être ennoyés, la saturation en eau probable des terrains où ils se trouvent devrait nécessiter la mise en œuvre de processus d'adaptation du bâti.

5.3. PRISE EN COMPTE DE L'ELEVATION DU NIVEAU DE LA MER DANS LA CONCEPTION DES OUVRAGES

A l'heure actuelle, nous n'avons pas eu de retour dans les questionnaires nous indiquant que des niveaux spécifiques sont pris en compte dans la conception des ouvrages, même si cela doit être probablement le cas.

Il nous est tout de même possible de remarquer que certains ouvrages récents ont été rehaussés par rapport à des installations plus anciennes (cf. fiche n°34 de l'Annexe 4 : l'immeuble en construction a été surélevé sur remblais par rapport au port voisin beaucoup plus ancien et probablement ennoyé d'ici une petite vingtaine d'années).

Les fondations réalisées actuellement pour la future zone d'activité de l'aéroport montrent également des terrassements importants, liés probablement à l'environnement humide où se trouve le projet. A l'heure actuelle, nous ne savons pas si ces dimensionnements reposent sur une prise en compte chiffrée de l'élévation attendue du niveau marin.

5.4. EXEMPLES DE CONTEXTES ET D'ENJEUX FACE A L'ELEVATION DU NIVEAU MARIN

Il a pu être mis en évidence la présence sur le secteur d'étude de différentes associations contexte/enjeux/conséquences.

Le Tableau 2 présente un rapide résumé (non-exhaustif) de plusieurs situations pouvant être rencontrées, permettant de rendre compte des différentes conséquences

possibles d'une élévation du niveau de la mer en fonction du contexte et des enjeux associés.

Contexte	Enjeux	Conséquences	Exemples de fiche associée
<ul style="list-style-type: none"> - Zone urbanisée - Commerces et habitat individuel - Structures en béton 	<ul style="list-style-type: none"> - Espaces culturels - RDC et sous-sols - Rues 	<ul style="list-style-type: none"> - Inondations -> diminution de la superficie du territoire, pertes matérielles, humidité,... - Tassements des remblais -> déstabilisation des fondations, fissurations,... - Altération des bétons ➔ Risque d'une nécessité de reloger les habitants à proximité, d'une perte de superficie du patrimoine, de pertes culturelles 	<p>Fiches n° 2 et 33 : La Darse</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Zone industrielle - Hangars commerciaux et industriels - Structures en béton 	<ul style="list-style-type: none"> - Parkings - Silos - Hangars et matériel associé 	<ul style="list-style-type: none"> - Inondations -> diminution de la superficie du territoire, pertes matérielles importantes, humidité,... - Tassements des remblais -> déstabilisation des fondations, fissurations,... - Altération des bétons ➔ Si installations et/ou matériel détériorés, risque d'arrêt temporaire ou définitif de l'activité 	<p>Fiches n° 6 et 7 : Jarry</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Zone urbanisée - Immeubles HLM (béton) - Pylône électrique (métal et béton) 	<ul style="list-style-type: none"> - Pylône - Route - RDC et sous-sols 	<ul style="list-style-type: none"> - Inondations -> diminution de la superficie du territoire, pertes matérielles, humidité,... - Tassements des remblais -> déstabilisation des fondations, fissurations,... - Altération des bétons ➔ Risque de perte de performance du pylône : si socle trop altéré, déstabilisation de l'ouvrage et rupture du réseau électrique 	<p>Fiche n° 13 : Pylône du Raizet</p>

Tableau 2 : Récapitulatif non-exhaustif de situations pouvant être rencontrées sur le secteur d'étude

6. Recommandations associées au problème d'élévation du niveau marin

Dans le projet initial, il était prévu de rédiger un « guide des bonnes pratiques » pour les maître d'ouvrage susceptibles de procéder à de nouvelles constructions dans la zone pointoise, si les résultats le permettaient. En raison du faible retour à notre questionnaire et du peu d'informations recueillies auprès des maîtres d'ouvrage, nous devons nous contenter d'émettre un certain nombre de recommandations pour faire face à une élévation du niveau marin, dont les conséquences sur le bâti et les réseaux pourraient se traduire par des dégâts majeurs. Il ne s'agit cependant ici que de quelques pistes de réflexion, de nombreuses autres solutions existent.

6.1. SOLS

6.1.1. Les remblais

Parmi les formations « géologiques » présentes dans la zone, les remblais pourraient présenter le plus de problèmes en raison de leur sensibilité reconnue à l'eau. Il est recommandé de procéder à des études plus poussées sur la réaction de ces matériaux soumis aux battements d'une nappe d'eau salée (dégradation chimique ou mécanique, tassements dans le cas d'un remblai initialement hors d'eau, etc...)

6.1.2. Traitement à la chaux des sols fins

Les sols fins, comportant une proportion importante de minéraux argileux, présentent des propriétés géotechniques très variables en fonction de leur teneur en eau.

Afin de limiter leur sensibilité à ce facteur, le traitement à la chaux présente de nombreux avantages techniques et économiques permettant d'éviter les opérations de déblais et de substitution au cours d'un chantier de construction.

L'incorporation de chaux dans les sols argileux permet tout d'abord une diminution de la teneur en eau du sol. En effet, par réaction de la chaux vive avec l'eau, une réaction d'hydratation exothermique se produit.

Elle entraîne également une floculation des particules argileuses par modification des charges réparties à la surface des feuillets.

Ces deux aspects permettent :

- une diminution de l'indice de plasticité : à l'état plastique, il est collant et déformant alors qu'à l'état solide engendré, il devient rigide et fragile et donc plus facile à manier ;
- une augmentation de la portance ;
- une stabilisation du sol à long terme par réaction pouzzolanique (cimentation des particules en contact par formation de cristaux de silicates et d'aluminates de calcium hydratés) provoquant une augmentation de la résistance à la compression simple et de l'indice portant.

6.1.3. Liquéfaction

D'après le paragraphe 4.1.3, certaines zones du secteur (déjà connues pour être liquéfiables) se retrouveront constamment en situation favorable au phénomène de liquéfaction avec l'élévation du niveau marin.

Afin d'éviter ce phénomène dans les zones sismiques, les sols doivent en général être traités.

Pour provoquer la liquéfaction, il est nécessaire de réunir un ensemble de facteurs. Si un seul manque, ce phénomène ne peut se produire.

Ainsi, différentes techniques permettent d'éliminer un seul des paramètres de liquéfaction : la consolidation statique par injection, la consolidation dynamique, une substitution en surface, la mise en place des fondations sur sols substitués compactés, le compactage par vibroflottation, la substitution par vibrosubstitution (colonnes ballastées), ou encore le préchargement.

6.2. FONDATIONS ET RESEAUX

6.2.1. Prise en compte d'un niveau spécifique d'élévation du niveau de la nappe

Tout nouveau projet devrait prendre systématiquement en compte une élévation probable du niveau de la mer (et de la nappe) de 80 cm à l'horizon 2100. Il est rappelé (cf. chapitre 1) que ce niveau est considéré comme un minimum probable (les modèles indiquent jusqu'à 2 mètres). Même à l'horizon 2060, avec une augmentation de 50 cm, un certain nombre d'infrastructures actuelles et récentes seront largement submergées.

6.2.2. Evaluations spécifiques aux zones reconnues comme très vulnérables

Bien que les modélisations sur les zones ennoyées d'ici 2100 ne puissent pas être utilisées pour un zonage d'aléa en raison de leur manque de précisions, les inventaires des sites sensibles réalisés sur le terrain ne laissent aucun doute sur les portions du territoire pointois qui seront à coup sûr affectées par l'élévation du niveau marin. On peut citer les quartiers de Lauricisque et de Bergevin, l'extrémité ouest de Grand Camp, des portions de la Voie Verte et de la Voie Principale de Jarry et leurs abords immédiats situés côté mangrove. Pour ces zones qui sont des zones à forts enjeux (quartiers d'habitations, voies de circulations d'importance, bâtiments industriels, etc...), il est recommandé de mener des études spécifiques à partir d'un MNT plus précis (issu de Litto 3D© par exemple), prenant en compte également des mesures précises de la nappe sous-jacente, et évaluant la vulnérabilité de certains bâtis ou réseaux-clés à partir de leur caractéristiques techniques (Ex : tours de Lauricisque, réseau d'assainissement, matériaux de remblais des routes, etc...)



Figure 27 : La zone de basse altitude à forts enjeux de Lauricisque (Photo BRGM)

6.2.3. Mesures de protection générales préconisées

Outre la nécessité d'agir sur le comportement des sols, il faut prévoir des adaptations au niveau des fondations, parties les plus sollicitées du cadre bâti par la hausse du niveau de la nappe, et au niveau des réseaux enterrés très sensibles aux déformations et pour lesquels les enjeux sont importants.

Plusieurs recommandations sont proposées.

Au niveau de la structure du bâti, il est recommandé :

- une résistance des planchers ou radier des ouvrages aux eaux de sous-pression ;
- une résistance des murs à l'immersion ;
- une adaptation des fondations des bâtiments ;
- l'utilisation de matériaux de construction insensibles à l'eau, non putrescibles, ou encore traités avec des produits hydrofuges ou anticorrosifs lors de nouvelles constructions et lors de réfection ou de remplacement de structures ;
- une arase étanche au-dessus de la cote des plus hautes eaux ;
- un vide sanitaire étanche et aéré ...

Au niveau de l'aménagement du bâti, il est recommandé :

- un calage des planchers au-dessus de la cote de référence de la nappe ;
- l'interdiction de caves et sous-sol enterrés ...

Au niveau des réseaux, il est recommandé :

- la mise en place des installations électriques et téléphoniques hors d'eau ou étanches ;
- l'étanchéité des réseaux d'eaux usées ;
- le verrouillage des tampons ;
- l'interdiction d'assainissement autonome dans les zones critiques...

Plus précisément, au cours des chantiers de construction de bâtiments, si les fondations se font sur un sol argileux, une augmentation de la teneur en eau du sol pourrait entraîner un gonflement des terres après terrassement de la fouille.

Il est alors préconisé d'effectuer une purge, c'est-à-dire d'ôter le sol argileux, afin de le remplacer par un sol de meilleure qualité. Il est également possible de traiter le sol en place, ou encore de prendre en compte cette hausse de la teneur en eau du sol dans les calculs techniques préalables.

Une augmentation de la teneur en eau pourrait également être palliée en partie avec la pose d'un drain périphérique au bâtiment, afin de limiter les infiltrations au sein des murs enterrés. Si le bâtiment occupe une grande surface, il faut également procéder à un drainage sous le bâtiment.

Enfin, la pose de radier étanche pourrait être envisagée, du fait de la déstabilisation des sols engendrée. Ceci est conseillé dans les cas où la contrainte admissible du sol d'assise est faible, lorsque le sol n'est pas homogène et risque de provoquer des tassements différentiels, ou encore si le dernier niveau de sous-sol se trouve sous le niveau des plus hautes eaux.

Si la sous-pression sous le radier est trop importante, il est possible de mettre en place des tirants.

Lorsque le dernier niveau du sous-sol se trouve sous le toit de la nappe, il est possible de rendre étanche le sous-sol en réalisant un cuvelage étanche, qui subira la poussée

d'Archimède. Un cuvelage parfait avec la fondation consiste à appliquer une membrane d'étanchéité, généralement de type polymère, appliquée à chaud ou collée sur les murs extérieurs de la fondation. Cette membrane est reliée à une autre membrane disposée entre deux couches de béton, au niveau du plancher-dalle du sous-sol. Elle se prolonge sous toute la surface de la dalle.

En prévision de l'augmentation du niveau de la mer, il serait également possible de procéder à une rehausse des bâtiments, en remontant les fondations et en éloignant le système de drainage du niveau de la nappe phréatique. Il s'agit d'une technique viable à long terme. Cependant, elle est drastique et particulièrement onéreuse.

Notons que l'emploi d'une pompe de puisard, permettant d'abaisser le niveau de l'eau souterraine à un niveau inférieur à celui du plancher du sous-sol du bâtiment n'est pas envisageable, l'élévation du niveau de la nappe étant un problème global et non localisé.

Pour les zones portuaires, un rehaussement des quais et des pontons devra être mis en œuvre.

6.2.4. Mesures de protection concernant les matériaux de construction

Le béton est le matériau de construction de référence, mais sensible à de nombreux agents agressifs, comme exposé dans le paragraphe 4.1.4.

Afin de ralentir au mieux la pénétration de ces agents dans le matériau et donc afin qu'il résiste à l'attaque de l'eau de mer, il faut formuler et fabriquer le béton de telle sorte que sa porosité et sa perméabilité soient faibles et que le coefficient de diffusion de ces agents soit faible.

Il faut également que le ciment participant à la conception du béton soit, entre autres, pauvre en chaux et en aluminat de calcium.

Différentes entreprises ont mis au point des matériaux résistants aux milieux agressifs ou humides, répondant à ces critères de conception.

Ainsi, par exemple, la société Lafarge Ciments Antilles a élaboré un ciment conçu pour les constructions situées à moins d'un kilomètre des côtes, où les eaux souterraines peuvent donc être salées.

Ce ciment, appelé « Durabat » présente un niveau de résistance très élevé, avec 90% de clinker. Ceci permet d'augmenter la durée de vie des bétons présents dans des milieux agressifs naturels.

Il est conforme à la classe d'exposition « corrosion induite par l'eau de mer » selon la Norme NF EN 206-1. Sa composition permet de limiter les risques d'efflorescence (dépôts formés de sels apparaissant sur les façades de bâtiments) et de résister aux embruns marins et à l'eau de mer.

Ce ciment peut ainsi être utilisé pour les fondations, les dallages, les poteaux, les linteaux ou encore les murs de soutènement.

6.2.5. Mesures de protection face au phénomène de liquéfaction

Dans le domaine des fondations, les mesures à prendre afin d'éviter les désordres liés au phénomène de liquéfaction sont détaillées dans le PS92 (règlement français parasismique) et dans l'Eurocode 8 (règlement européen) en vigueur à partir d'octobre 2012.

Les mesures de protection principales à prendre sont les suivantes :

- pour un même bloc de construction, les fondations doivent être homogènes ;
- pour un même bloc de construction, les points d'appui doivent être solidarités par des longrines afin de s'opposer au déplacement relatif horizontal de ces points d'appui.

7. Conclusion

Située dans une zone de basse-altitude en domaine côtier, la zone urbanisée de Pointe-à-Pitre/Abymes/Baie Mahault devrait connaître, comme beaucoup de zones côtières au monde, de nombreux problèmes liés à l'élévation du niveau marin due au changement climatique. Ces problèmes affecteront aussi bien le bâti que les différents réseaux présents dans cette zone qui est le poumon économique de l'archipel guadeloupéen où les enjeux socio-économiques sont forts (port, aéroport, production électrique, point de passage entre les 2 îles principales, forte densité de population, etc...).

Sur la base d'une recherche bibliographique, l'élévation du niveau de la mer dans la région pointoise a été estimée à 50 cm à l'horizon 2060 et à 80 cm à l'horizon 2100.

Une modélisation des différentes zones ennoyées d'ici 2100 a pu être réalisée à partir notamment d'un MNT local. Bien que les résultats de cette modélisation ne puissent pas servir pour un zonage d'aléa en raison du degré de précision des données initiales, il est possible de reconnaître des zones qui seront systématiquement ennoyées d'ici 2100. Il s'agit des terrains situés à proximité immédiate de la Rivière Salée, de la zone de mangrove située entre la Gabarre et le Raizet, des zones entourant la piste de l'aéroport, d'une partie importante des quartiers de Lauricisque et de Bergevin, de l'extrémité ouest de Grand-Camp, et de l'ensemble des zones côtières situées de part et d'autre de Morne à Savon à Jarry Houëlbourg (et jusqu'au Pont de la Gabarre au nord de ce dernier).

La réalisation d'une carte géologique homogène reprenant notamment les importantes superficies de remblais gagnés sur la mangrove ou la mer, permet de reconnaître, à partir de leurs caractéristiques géotechniques, les ensembles lithologiques les plus sensibles à l'élévation future du niveau marin. Il s'agit précisément des remblais, en particulier ceux initialement installés sur des terrains secs.

En l'absence de retour qualitatif et quantitatif suffisant à notre questionnaire aux opérateurs de réseaux et maître d'ouvrage de la zone, il n'a été possible ni de déterminer les désordres déjà apparus liés à l'augmentation du niveau marin, ni de prévoir les désordres spécifiquement attendus. Une recherche bibliographique a cependant permis de déterminer les désordres généraux liés à une élévation du toit de la nappe ou la mise en présence de structures avec de l'eau salée. On peut noter par exemple, l'altération des bétons, les déstabilisations de fondations, l'envolement des parties basses de différents bâtis ou encore la mise hors d'usage de l'assainissement autonome.

Pour compenser l'absence de réponses au questionnaire, nous avons réalisé un important travail d'inventaire (non-exhaustif) sur le terrain concernant 34 sites susceptibles d'être affectés par l'élévation du niveau marin. Pour chaque site, nous avons relevé le contexte, la géologie, l'hydrogéologie, les enjeux et finalement la vulnérabilité associée en fonction de l'altitude de l'enjeu par rapport au niveau actuel

de la mer. Il ressort de cet inventaire que 13 sites présentent une vulnérabilité forte, 13 une vulnérabilité moyenne et 8 une vulnérabilité faible.

Globalement, il semble que les installations les plus sensibles ou dangereuses (sites ICPE, SEVESO, postes électriques ou de production, réservoirs AEP, etc.) ne soient pas menacées par la montée des eaux. En effet, celles-ci se localisent soit sur des terrains massifs à altitude suffisante, soit sur des terrains remblayés surélevés, permettant de les placer à distance du toit de la nappe d'eau souterraine.

En l'absence de possibilité de rédiger une « Guide des bonnes pratiques » pour les maîtres d'ouvrages, des recommandations pour l'adaptation du bâti, le bâti futur, ou la mise en oeuvre d'études à réaliser sont proposées. Les adaptations possibles à mettre en oeuvre sont nombreuses et dépendront du choix des décideurs, en termes financiers mais surtout en fonction du contexte et des enjeux de chaque site puisque les réponses à l'élévation du niveau marin pourront varier considérablement d'un endroit à un autre.

8. Bibliographie

Balandier, P. : Le séisme, les sols et les fondations – Traitements et principes de mise en œuvre (Ouvrages à risque normal). Direction Départementale de l'Équipement de la Guadeloupe, 20 pages.

Bertil, D., 2007 : Réalisation et instrumentation d'un sondage en Guadeloupe pour l'étude de la liquéfaction. Rapport final. 87 p., 22 fig., 3 tabl. Rapport BRGM/RP-55624-FR.

Besson, S., 2010 : L'augmentation du niveau de la mer menace Alexandrie et le Delta du Nil. Actualités News Environnement, consulté le 20.06.11, [En ligne], adresse URL : <http://www.actualites-news-environnement.com/24477-niveau-mer-Alexandrie-Delta-Nil.html>

Christensen, J.H., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R.K. Kolli, W.-T. Kwon, R. Laprise, V. Magaña Rueda, L. Mearns, C.G. Menéndez, J. Räisänen, A. Rinke, A. Sarr et P. Whetton, 2007 : Regional Climate Projections. In : Climate Change 2007 : The physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor et H.L. Miller (éds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom et New York, NY, USA, pp. 848-940.

Compain, F., 2011 : Bangkok s'enfonce peu à peu dans la mer. Le Figaro.fr, consulté le 23.06.11, [En ligne], adresse URL : <http://www.lefigaro.fr/international/2011/04/15/01003-20110415ARTFIG00686-bangkok-s-enfonce-peu-a-peu-dans-la-mer.php>

De Reynald de St Michel A. 1966, Carte géologique de Basse-Terre et de Saintes à l'échelle du 1/50 000, Min. de l'Industrie.

Garrabé F. et Andreieff P., 1988, Carte géologique de Grande-Terre à l'échelle du 1/50 000, Ed. BRGM.

Garry, G., Graszak, E., Hubert, T., Guyot, P., Roy, J.-L., 1999 : Plans de prévention des risques naturels (PPR). Risques d'inondation. Guide méthodologique. La documentation Française, 123 p.

GIEC, 2007: Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de~)]. GIEC, Genève, Suisse, ..., 103 pages.

Haddadi, A., 2011 : Thailand: Bangkok to be the New Atlantis?. International Business Times, consulté le 23.07.11, [En ligne], adresse URL : <http://uk.ibtimes.com/articles/184970/20110722/thailand-bangkok-to-be-the-new-atlantis.htm>

Kakiuchi, H., Akagiri, T., Kuroki, T., Nagayama, T., Murai, S., Shibasaki, R., Takagi, M., 2000 : Impacts of sea level rise in Bangkok, Thailand. 26 pages.

Knock, J., 2011 : Bangkok sous les flots. France 24, magazine Environnement, consulté le 23.06.11 , [En ligne], adresse URL : <http://www.france24.com/fr/20110326-2011-03-26-1919-wb-fr-environnement>

Marie-Victoire, E. : Les principales sources d'altération du béton. Laboratoire de Recherche des Monuments historiques, consulté le 10.05.11, [En ligne], adresse URL : http://www.lrmh.fr/lrmh/w_publications/beton/page_2.htm

Mimura, N., L. Nurse, R.F. McLean, J. Agard, L. Briguglio, P. Lefale, R. Payet et G. Sem, 2007 : Small islands. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson (éds)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 687-716.

Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, 2011 : Installations classées : Principes. Inspection des installations classées, consulté le 10.08.11, [En ligne], adresse URL : <http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/-Installation-classee-.html>

Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, 2011 : Les établissements classés SEVESO. Inspection des installations classées, consulté le 10.08.11, [En ligne], adresse URL : <http://installationsclassées.ecologie.gouv.fr/Risques-accidentels.html>

Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Santé, 2011 : Tout savoir sur l'assainissement non collectif. Site interministériel sur l'assainissement non collectif, consulté le 11.08.11, [En ligne], adresse URL : <http://www.assainissement-non-collectif.developpement-durable.gouv.fr/tout-savoir-sur-l-assainissement-r56.html>

Mitrovica, J.X., N. Gomez, P.U. Clark, 2009 : The sea-level fingerprint of West Antarctic collapse. Science, vol. 323, no. 5915, p. 753.

Monge, O., Mouroux, P., Martin, C., 1997 : Microzonage sismique de l'agglomération pointoise, Guadeloupe : reconnaissances géotechniques spécifiques et étude de l'aléa sismique local. Rapport BRGM R 39710, 56 p., 5 fig., 31 tabl. , 7 annexes.

Monge, O., Vermeersch, F., Martin, C., Bourrousse, A., Terrier, M., 1998 : Microzonage sismique de l'agglomération pointoise : extension aux communes des Abymes et du Gosier et homogénéisation. Rapport BRGM R 39213, 78 p., 17 fig., 16 tabl., 2 pl.h.t.

Petitjean, O., 2010 : Le Delta du Nil face au réchauffement climatique. Partage des Eaux, consulté le 20.06.11, [En ligne], adresse URL : <http://www.partagedeseaux.info/article44.html>

Pfeffer, W.T., J.T. Harper et S. O'Neel, 2008 : Kinematic constraints on glacier contributions to 21st-century sea-level rise. *Science*, vol. 321, no. 5894, pp. 1340-1343.

Philip, B., 2011 : Bangkok s'enfonce inexorablement dans la mer. *Le Monde.fr*, consulté le 23.07.11, [En ligne], adresse URL : <http://www.lemonde.fr>

Rahmstorf, S., 2007 : A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise. *Science*, vol. 315, no. 5810, pp. 368-370.

Robin-Clerc, M., 2006 : Une analyse architecturale et urbaine de l'agglomération de Pointe-à-Pitre et des Abymes en Guadeloupe du point de vue des risques majeurs et du développement durable. Thèse de 3^{ème} cycle, Université Paris IV, 333 pages.

Vermeer, M. et S. Rahmstorf, 2009 : Global sea linked to global temperature. *PNAS*, consulté le 23.03.11, [En ligne], adresse URL : <http://www.pnas.org/content/early/2009/12/04/0907765106.full.pdf+html>

Wilbanks, T.J., P. Romero Lankao, M. Bao, F. Berkhout, S. Cairncross, J.-P. Ceron, M. Kapshe, R. Muir-Wood and R. Zapata-Marti, 2007 : Industry, settlement and society. In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson (éds)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 357-390.

Woodworth, P.L., N. Pouvreau et G. Wöppelmann, 2010 : The gyre-scale circulation of the North Atlantic and sea-level at Brest. *Ocean Science*, vol. 6, pp. 185-190.

Yin, J., S.M. Griffies et R.J. Stouffer, 2010 : Spatial variability of sea level rise in twenty-first century projections. *Journal of Climate*, vol. 23, no. 17, pp. 4585-4607.

9. Annexes

Annexe 1

Résumé du GTR pour les remblais du secteur

Type de remblai	Remblai de tuf calcaire	Remblai argileux	Remblai de sable argileux	Remblai de terre végétale	Remblai d'argile et de blocs de tuf calcaire	Remblai de matériaux de démolition
Classe / sous-classe	Matériaux rocheux -> Roches sédimentaires -> Roches carbonatées -> Calcaires rocheux divers (calcaires grossiers, travertins, tufs et encroûtements,...) R2	Sols fins -> Argiles et argiles marneuses très plastiques A3 ou A4	Sols fins -> Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes,... A2 Sols sableux et graveleux avec fines -> Sables argileux (peu argileux),... B2	Sols organiques et sous-produits industriels -> matériaux naturels renfermant des matières organiques (terre végétale, humus forestier, vases, tourbes,...) F1 Matériaux faiblement organiques (terres végétales, vases,...) F11	Sols comportant des fines et de gros éléments -> argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, biefs à silex... C La sous-classe dépend de la proportion et de la nature (A ou B) de la fraction 0/50 mm	Sols organiques et sous-produits industriels -> matériaux de démolition F7
Caractères principaux	Pour utilisation dans remblais, caractéristiques prédominantes : - friabilité - gélivité (pour les plus fragmentables) Matériaux non évolutifs en général, pas de problèmes pour leur emploi en remblai	Si A3 : sols très cohérents à teneur en eau moyenne à faible, et collants ou glissants à l'état humide + perméabilité très réduite -> variations de teneur en eau très lentes, en place Nécessité d'une augmentation assez importante de teneur en eau pour un changement de consistance Si A4 : sols très cohérents et presque imperméables si augmentation de teneur en eau, très lent et avec d'importants phénomènes de gonflement	Si A2 : caractère moyen de ces sols Si B2 : plasticité des fines -> sols sensibles à l'eau Temps de réponse aux variations de l'environnement hydrique court Etat hydrique "humide" à "très humide" si prélevés dans la nappe, avec difficultés pour passer à un état "moyen"	Facilité de reconnaissance pour les plus organiques (classe F en général) -> couleur noirâtre et odeur caractéristique Possibilité d'emploi dans les ouvrages de génie civil : dépend de la teneur en matière organique = paramètre caractéristique	Si C1Ai ou C1Bi : plus de 60 à 80% de fraction 0/50 mm -> comportement du sol apprécié assez justement par celui de cette fraction Si C2Ai ou C2Bi : moins de 60 à 80% de fraction 0/50 mm -> comportement du sol dépendant des deux fractions 0/50 mm et 50/D mm --> Dans tous les cas, identifications visuelles, en laboratoire, essais en semi ou vraie grandeur indispensables pour déterminer la sous-classe du sol	Matériaux de compositions extrêmement variables Identification nécessaire par observation visuelle des stocks et enquête sur les origines de la constitution des stocks Risques de gonflement du fait de la présence d'éléments indésirables comme en particulier le plâtre Paramètres déterminants : - présence d'éléments putrescibles et plâtre - exécution d'une opération d'élaboration (criblage, concassage, homogénéisation,...)
Condition d'utilisation des matériaux en remblai	Si R21 = calcaire dur -> matériaux rocheux sain, habituellement insensible à l'eau --> Utilisable en remblai quelque soient les conditions météorologiques Si R22 = calcaire à densité moyenne -> matériaux rocheux de dureté moyenne, évoluant granulométriquement en cours de chantier vers un sol blocailleux ; évolution granulométrique pouvant être accélérée en période pluvieuse sous trafic -> deviennent généralement des C2 (argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, biefs à silex...) : dépend de la nature et de l'état du sol obtenu en chantier --> Nécessite plus d'études ! Si R23 = calcaire fragmentable -> matériaux rocheux déstructurés évoluant en cours de chantier vers un sol fin souvent sensible à l'eau -> deviennent généralement des C2Bi (argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, biefs à silex...) ou D3 (graves alluvionnaires propres) --> Nécessite plus d'études ! NB : Si D3 -> meilleurs matériaux de construction des remblais Si C2B5m ou C2B6m, bon matériau de remblai Si C2Bi th ou C2Bi ts, inutilisable en l'état	Si A3 = Difficultés de mise en œuvre Risques de glissement d'autant plus grands que les remblais sont élevés Si A3 th ou A3 ts, inutilisable en l'état --> Consignes strictes à suivre du fait de leur grande plasticité et faible perméabilité Si A4 = Nécessité de réaliser une étude spécifique pour son éventuelle utilisation --> Emploi en remblai normalement non envisagé	Si A2 = sols qui se prêtent à l'emploi de la plus large gamme d'outils de terrassement Si A2 m, pas de problèmes de mise en œuvre Si A2 h ou A2 s, certaines difficultés de mise en œuvre Si A2 th ou A2 ts, inutilisable en l'état Si B2 = sols très sensibles aux conditions météorologiques Si B2 th ou B2 ts, inutilisable en l'état --> Consignes strictes à suivre	F11 = faible teneur en matière organique --> Emploi en remblai possible (mais usage en couverture de surfaces devant être regazonnées privilégié)	--> Conditions d'utilisation en remblai variant suivant la sous-classe du sol --> Nécessite plus d'études !	Si F71 = matériaux de démolition, sans plâtre, épurés des éléments putrescibles, concassés, criblés, déferrailés, homogénéisés ou F72 = idem mais avec plâtre --> Identification à compléter par des mesures des paramètres retenus pour la classification des sols Si F73 = matériaux de démolition non épurés des éléments putrescibles ou non déferrailés et non criblés Risques d'instabilités ou de désordres localisés --> Matériaux normalement non utilisables

Annexe 1

Questionnaire aux communes et gestionnaires de réseaux



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE,
DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT

Direction de l'Environnement, de l'Aménagement
et du Logement de Guadeloupe

Baie-Mahault, le 24 mai 2011

Service Risques, Energie et Déchets

Pôle Energie -Véhicules

Le Directeur de l'Environnement de l'Aménagement
et du Logement

Nos réf. : ENERG-2011-326
Affaire suivie par : Philippe EDOM

à

Tél. 05 90 38 03 47 – Fax : 05 90 38 03 50

Destinataires in fine

OBJET : Étude BRGM-DEAL «Adaptation au changement climatique»

P.J. : Questionnaire aux Opérateurs de Réseaux et Maîtres d'Ouvrage

Madame, Monsieur,

Dans le cadre de ses actions de service public, et en collaboration avec la DEAL Guadeloupe, le BRGM Guadeloupe réalise une étude sur l'adaptation au changement climatique dans la zone de basse altitude de la région pointoise.

Cette étude s'intéresse plus particulièrement aux conséquences géotechniques de l'élévation du niveau de la mer liée au changement climatique.

Parmi les actions mises œuvre, figurent entre autres, une synthèse sur les conséquences attendues de l'élévation de la mer en région pointoise, une étude sur les zones les plus vulnérables et une synthèse sur les dysfonctionnement déjà existants ou à venir sur les réseaux et fondations, liés à l'élévation du niveau marin.

C'est pourquoi je sollicite votre collaboration afin que le travail effectué puisse être enrichi par des informations dont vous pourriez avoir connaissance. Elles concernent notamment :

- l'existence de plans de réseaux au format SIG,
- l'existence de relevés topographique précis de zones où vous intervenez dans la région pointoise,



Présent
pour
l'avenir

deal-guadeloupe@developpement-durable.gouv.fr

BP 54 Saint-Phy - 97102 Basse-Terre cedex - Tél : 05 90 99 46 46 - Fax : 05 90 99 46 47

- l'existence de dysfonctionnement sur les réseaux ou les fondations, liés à l'élévation du niveau de la mer,
- d'éventuels procédés déjà mis en œuvre pour lutter contre l'élévation du niveau de la mer dans la zone considérée, etc...

Vous trouverez ci-joint un court questionnaire que je vous remercie par avance de retourner renseigné à:

BRGM Guadeloupe
Route de l'Observatoire
Le Houëlmont
97113 - Gourbeyre

A l'attention de Erwan Bourdon
e.bourdon@brgm.fr
Tél : 05 90 41 35 53

qui se tient à votre disposition pour toute explication complémentaire.

En vous remerciant pour votre collaboration, je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de ma considération distinguée.



Directeur de l'Environnement de l'Aménagement et du
Logement de la Guadeloupe

Daniel NICOLAS



Questionnaire aux maîtres d’ouvrage et opérateurs de réseaux sur les conséquences de l’élévation du niveau de la mer liée au changement climatique.

1 – Possédez-vous des documents (sous format papier, électronique ou SIG) concernant vos plans de réseau (ex : réseau routier, électrique, téléphonique, AEP, eaux usées, etc...), vos plans d’occupation des sols (ex : POS, PLU, PPRn, etc..) ou encore de répartition de la population (recensement INSEE) que vous pourriez mettre à disposition du BRGM dans le cadre de cette étude (via éventuellement une convention *ad hoc*) ?

Si oui, lesquels ?

.....
.....
.....
.....

2 – Possédez-vous des relevés topographiques précis de certaines portions de la zone d’étude (cf. ci-dessous) (ex : Carte ou Modèle Numérique de Terrain) que vous pourriez mettre à disposition du BRGM dans le cadre de cette étude (via éventuellement une convention *ad hoc*) ?

.....
.....
.....
.....

3 – Avez-vous connaissance des procédés de mise en œuvre et des types de fondations des bâtiments et ouvrages divers (récents ou anciens) (ex : fondations profondes ou superficielles, dalles, pieux, etc...) spécifiquement mis en œuvre dans la zone d’étude?

.....
.....
.....
.....

4 – Avez-vous eu connaissance de constructions ou d’ouvrages géotechniques (récents ou plus anciens) ayant fait l’objet de remontées d’eau souterraine de nature inexpliquée (ex : remontée d’eau dans une cave d’habitation) ?

.....
.....

.....
.....

5 -En dehors des bâtiments, avez-vous connaissance de désordres de type tassements différentiels, détériorations diverses, remontées d'eau, etc., affectant les aménagements et réseaux divers autour des bâtiments et pouvant être imputables aux fluctuations du niveau de la nappe dans les sols ?

.....
.....
.....
.....

6 - Quels est le niveau aval pris en compte pour le dimensionnement des ouvrages hydraulique notamment réseaux pluvial et eaux usées ? Observe-t-on des dysfonctionnements liés à un niveau de mer trop élevé ?

.....
.....
.....
.....

7 – Avez-vous eu connaissance de procédés particuliers de mise en œuvre des fondations, visant à prendre en compte l'élévation du niveau de la mer (ex : rehaussement des fondations ? planchers ?, systèmes de drainage, etc...). Si oui, lesquels ?

.....
.....
.....
.....

8 - Concernant les points 3 à 7, possédez-vous des rapports d'expertises ou des rapports d'études géotechniques et hydrauliques réalisés postérieurement aux constructions ou réalisés suite à l'apparition de ces désordres, que vous pourriez mettre à disposition du BRGM dans le cadre de cette étude ? Si oui, lesquels ?

.....
.....
.....
.....

9 – Possédez-vous d'autres informations ou documents pouvant présenter un éventuel intérêt pour cette étude, que vous pourriez mettre à disposition du BRGM ?
Si oui, lesquels ?

.....
.....

.....
.....

10 – Pouvez-vous nous communiquer le nom d'une personne-«ressource» dans votre organisme/entreprise que nous pourrions contacter afin de récupérer les données disponibles, d'obtenir des compléments d'informations et qui serait susceptible de participer au comité de pilotage de l'étude ?

.....

Questionnaire à renvoyer à : Erwan BOURDON
Géologue Régional
BRGM Guadeloupe
Le Houëlmont
97113 Gourbeyre
e.bourdon@brgm.fr
0590 41 35 53



Figure 1 : zone indicative concernée par l'étude de l'élévation du niveau marin.

Annexe 3

Fiches descriptives des sites sensibles visités

Fiche n°1 : Ancien canal - Pointe-à-Pitre

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



-  Remblai (1,2 m)
 -  Alluvions, argile, vase (3,3 m)
 -  Blocs, calcaire, sable (3,1 m)
 -  Calcaire
- Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ0047/4
Date : 27/12/1966
Distance au point d'étude : 0 km

Par rapport à la surface topographique
→ 1 m

Cote absolue
→ + 3 m

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Zone urbanisée
- Ouvrage d'évacuation des eaux pluviales
- Structure en béton
- Immeubles de type HLM
- Structures en béton

ENJEUX

- Rez-de-chaussée et sous-sols des bâtiments
- Routes

Vulnérabilité

FAIBLE

Pas de vulnérabilité apparente

Hauteur de l'ouvrage enterré : 1,5 m

Fiche n°2 : La Darse - Pointe-à-Pitre

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



-  Remblai cacaire (3 m)
-  Rognons cacaires et débris de briques (3 m)
-  Débris cacaires dans sable argileux gris (2,8 m)
-  Vase argileuse

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mer

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ0798/SD4
Date : 16/07/1971
Distance au point d'étude : 0 km

Par rapport à la surface topographique
→ 0,30 m

Cote absolue
→ + 0,50 m

Contexte et enjeux

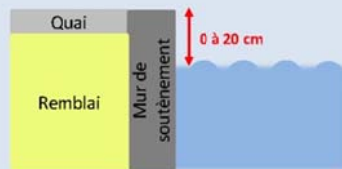
CONTEXTE

- Zone urbanisée
- Commerces et habitats individuels
- Structures en béton (majoritairement) et en bois

ENJEUX

- Place de la Victoire
- Rez-de-chaussée et sous-sols des bâtiments à proximité directe de la Darse
- Rues à proximité directe

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FORTE

(Niveau marin à moins de 50 cm de la surface topographique)

Certaines zones commencent déjà à être submergées (cf. photo)

Fiche n°3 : Sud du Raizet – Les Abymes

Situation géographique

Carte IGN de 1950



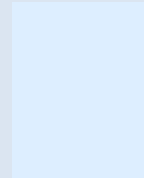
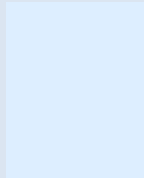
Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai calcaire (2,7 m)
- Argile grise compactée (1,6 m)
- Argile marron compactée (2,5 m)
- Argile marron - calcaire (0,7 m)
- Calcaire avec argile

→ Site construit sur des sols argileux en partie remblayés

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ0798/SD4
Date : 28/08/1966
Distance au point d'étude : 0,26 km

Par rapport à la surface topographique
→ **1,30 m**

Cote absolue
→ **+ 0,70 m**

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Zone urbanisée
- Immeubles de type HLM
- Structures en béton

ENJEUX

- Rues à proximité directe
- Rez-de-chaussée et sous-sols des bâtiments

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FAIBLE

(Niveau d'eau à plus de 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau entre 1,5 et 2 m de la chaussée

Fiche n°4 : Grand Camp – Les Abymes

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



-  Remblai calcaire (4 m)
-  Tourbe noire (2 m)
-  Argile grise (2,5 m)
-  Argile à rognons (3 m)
-  Marno-calcaire

→ Site construit sur des sols argileux

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ0412/S3
Date : 16/11/1965
Distance au point d'étude : 0,12 km

Par rapport à la surface topographique
→ 0,3 m

Cote absolue
→ +0,4 m

Contexte et enjeux

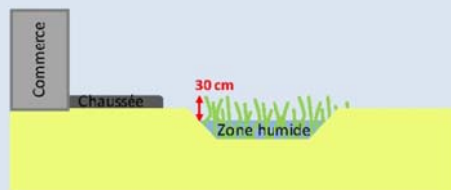
CONTEXTE

- Zone urbanisée
- Commerces et immeubles de type HLM
- Structures en béton

ENJEUX

- Routes à proximité directe
- Rez-de-chaussée et sous-sols des bâtiments

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FORTE

(Niveau d'eau à moins de 50 cm de la surface topographique)

Niveau d'eau à 30 cm de la chaussée

Fiche n°5 : La Jaille – Baie-Mahault

Situation géographique

Carte IGN de 1950



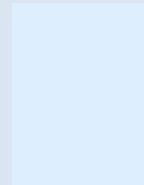
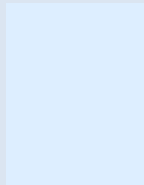
Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai (2 m)
- Tourbe (3 m)
- Argile moyenne (7 m)
- Argile consistante (12 m)
- Marno-cacaïre

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ1093/S1
Date : 09/02/1973
Distance au point d'étude : 0,31 km

Par rapport à la surface topographique
→ 1,60 m

Cote absolue
→ +0,4 m

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Zone industrielle
- Hangars commerciaux et industriels
- Structures en béton

ENJEUX

- Parkings
- Hangars
- Route RD24

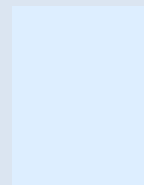


Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FORTE

(Niveau d'eau à moins de 50 cm de la surface topographique)

Niveau d'eau à 30 cm de la chaussée

Fiche n°6 : Pointe de Jarry – Baie-Mahault

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Eau de mer au pied du parking

Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai (4,5 m)
- Sable coquillier vasard (0,2 m)
- Alluvions, tourbe franche (1,8 m)
- Tourbe argileuse molle (0,5 m)
- Argile avec rognons calcaires (0,3 m)
- Calcaire dans argile (<25%)

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ0654/SB
Date : 14/10/1969
Distance au point d'étude : 0 km

Par rapport à la surface topographique
→ 0,8 m

Cote absolue
→ +0,7 m

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Zone industrielle
- Hangars commerciaux et industriels
- Structures en béton

ENEUX

- Parkings
- Silos
- Hangars

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FORTE

(Niveau d'eau à moins de 50 cm de la surface topographique)

Niveau d'eau entre 20 et 30 cm de la surface topographique

Fiche n°7 : Pointe de Jarry – Baie-Mahault

Situation géographique

Carte IGN de 1950



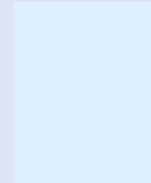
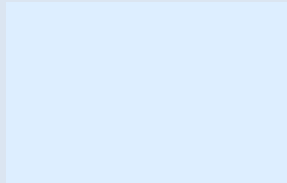
Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai (1 m)
 - Alluvions, tourbe (10 m)
 - Argile (4,2 m)
 - Sable (2,8 m)
 - Cokaïre
- Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 11472Z0331/S3
 Date : 01/06/1967
 Distance au point d'étude : 0,14 km

Par rapport à la surface topographique
 → **1,2 m**

Cote absolue
 → **-0,2 m**

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Zone industrielle
- Hangars commerciaux et industriels
- Structures en béton

ENJEUX

- Parkings
- Silos
- Hangars

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FAIBLE A MOYENNE

(Niveau d'eau à moins de 50 cm ou entre 50 cm et 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau entre 10 et 80 cm de la surface topographique

Fiche n°8 : Lauricisque – Pointe-à-Pitre

Situation géographique

Carte IGN de 1950



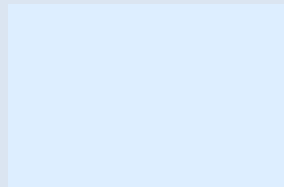
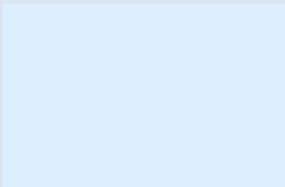
Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai (1,3 m)
 - Tourbe franche (3,2 m)
 - Argiles (9,4 m)
 - Marne à débris calcaires (2 m)
 - Argiles (10,6 m)
 - Craie
- Site construit sur des remblais gagnés sur la mer

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ1065/S21
Date : 07/04/1972
Distance au point d'étude : 0 km

Par rapport à la surface topographique
→ 0,7 m

Cote absolue
→ - 0,5 m

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Zone urbanisée
- Immeubles de type HLM et quelques maisons individuelles
- Structures en béton
- Route et bâtiments en contre-bas du parcours sportif

ENJEUX

- Parcours sportif
- Route
- Rez-de-chaussée et sous-sols des bâtiments

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FAIBLE A FORTE

(Niveau d'eau à plus de 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 1,10 m de la crête de la digue, mais les terrains remblayés sont proches du niveau actuel de la mer.

Fiche n°9 : La Gabarre – Pointe-à-Pitre

Situation géographique

Carte IGN de 1950



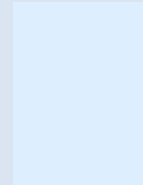
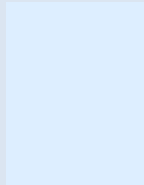
Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai cacaïre (3 m)
 - Tourbe (5 m)
 - Argiles (8 m)
 - Cacaïre (2 m)
 - Marne
- Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ1059/S15
 Date : 07/04/1972
 Distance au point d'étude : 0,27 km

Par rapport à la surface topographique
 → 0,7 m

Cote absolue
 → -0,5 m

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Zone urbanisée
- Immeubles de type HLM
- Structures en béton

ENJEUX

- Terrain de sport
- Route
- Parking
- Rez-de-chaussée et sous-sols des bâtiments

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FORTE

(Niveau d'eau à moins de 50 cm de la surface topographique)

Niveau d'eau à 50 cm de la chaussée

Fiche n°10 : Virage d'entrée de la Gabarre – Pointe-à-Pitre

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai cacaire (3 m)
- Tourbe (5 m)
- Argiles (8 m)
- Cacaire (2 m)
- Marnes

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ0767/CP1
Date : 17/08/1971
Distance au point d'étude : 0,1 km

Par rapport à la surface topographique
→ 0,6 m

Cote absolue
→ -0,2 m

Contexte et enjeux

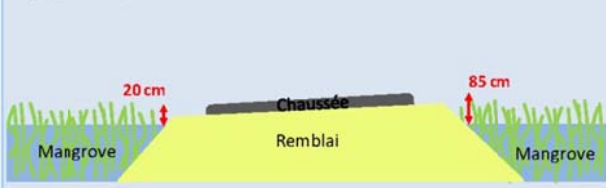
CONTEXTE

- Zone urbanisée
- En bordure de la route nationale (RN 1), proximité d'immeubles de type HLM et de maisons individuelles
- Structures en béton (majoritairement) et quelques maisons en bois

ENJEUX

- Route RN 1

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

MOYENNE A FORTE

(Niveau d'eau à moins de 50 cm ou entre 50 et 80 cm de la surface topographique)

Niveau d'eau entre 20 et 85 cm de la chaussée

Fiche n°11 : Zone d'activités à proximité de l'aéroport – Les Abymes

Situation géographique

Carte IGN de 1950



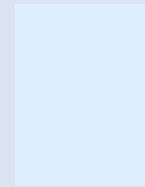
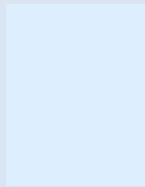
Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Argile volcanosédimentaire très altérée (11 m)
- Tuf volcanosédimentaire très altéré (6 m)
- Cokaïre des Grands-Fonds tendres à durs

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ1316/RAIF2
Date : 18/06/1993
Distance au point d'étude : 0,24 km

Par rapport à la surface topographique
→ 6,3 m

Cote absolue
→ +2,8 m

Contexte et enjeux

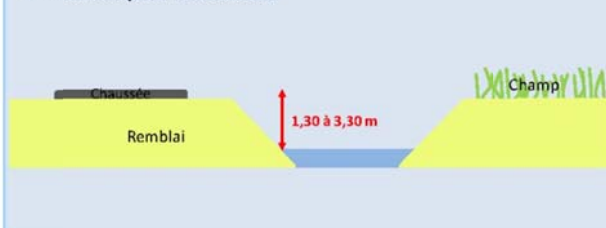
CONTEXTE

- Zone rurale (bordure de zone d'activités)
- Pont et route
- Ouvrage en béton
- Point haut de la route dont l'altitude baisse de 2 m avant et après ce virage

ENJEUX

- Pont
- Route

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FAIBLE

(Niveau d'eau à plus de 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 1,3 m minimum de la chaussée

Fiche n°12 : Entrée de l'aéroport – Les Abymes

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site






Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



-  Argile volcanosédimentaire très altérée (11 m)
-  Tuf volcanosédimentaire très altéré (6 m)
-  Cacaïre des Grands-Fonds tendres à durs

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ1316/RAIF2
Date : 18/06/1993
Distance au point d'étude : 0,82 km

Par rapport à la surface topographique
→ 6,3 m

Cote absolue
→ + 2,8 m

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Zone d'activités
- Route d'accès à l'aéroport
- Ensemble de bureaux en construction

ENJEUX

- Route
- Futurs bureaux

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

MOYENNE A FAIBLE

(Niveau d'eau à plus ou moins 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 1 m de la chaussée

Fiche n°13 : Pylône au Raizet – Les Abymes

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai calcaire (2 m)
- Argile (13,5 m)
- Galets, calcaire, argile

→ Site construit sur des sols argileux

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ0286/5
Date : 17/07/1966
Distance au point d'étude : 0,41 km

Par rapport à la surface topographique
→ 1,3 m

Cote absolue
→ +0,7 m

Contexte et enjeux

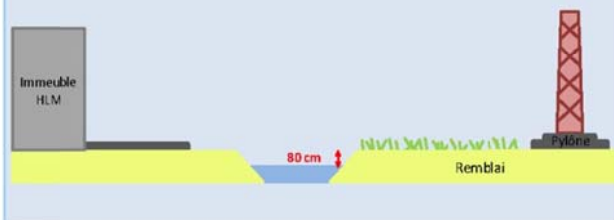
CONTEXTE

- Zone urbanisée
- Immeubles de type HLM (structures en béton)
- Pylône (structure métallique et socle en béton)

ENJEUX

- Pylône
- Route
- Rez-de-chaussée et sous-sols des immeubles

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

MOYENNE

(Niveau d'eau entre 50 cm et 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 80 cm de la base du socle du pylône

Fiche n°14 : Décharge de la Gabarre – Les Abymes

Situation géographique

Carte IGN de 1950



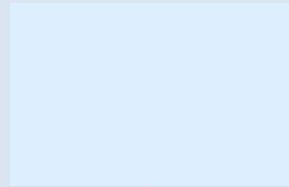
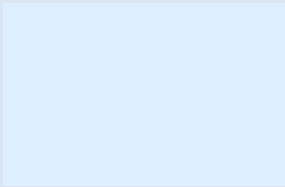
Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai très argilisé (2 m)
- Tourbe noire (6,4 m)
- Argile (1,6 m)
- Marno-calcare altéré

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ1442/SP1
Date : 01/11/2001
Distance au point d'étude : 0,08 km

Par rapport à la surface topographique
→ **0,4 m**

Cote absolue
→ **+ 0,4 m**

Contexte et enjeux

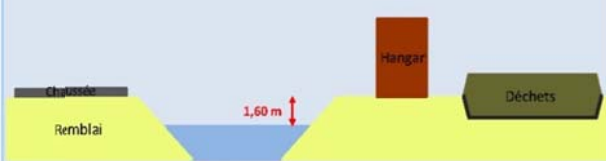
CONTEXTE

- Zone industrielle
- Hangars industriels
- Structures en béton et en tôle

ENJEUX

- Stockage de déchets
- Route
- Hangars

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FAIBLE

(Niveau d'eau à plus de 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 1,6 m de la chaussée

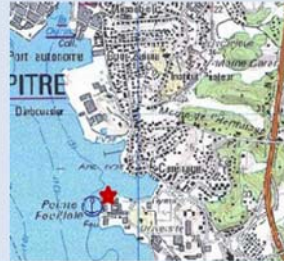
Fiche n°15 : Université de Fouillole – Pointe-à-Pitre

Situation géographique

Carte IGN de 1950



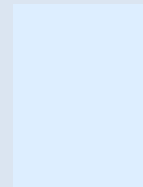
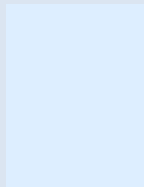
Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GÉOLOGIE

Carte géologique harmonisée



-  Remblai, argile, galets, blocs (1,2 m)
-  Alluvions, argile, vase (3,3 m)
-  Marne, galets, sable

HYDROGÉOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ1156/S7
Date : 28/01/1976
Distance au point d'étude : 0 km

Par rapport à la surface topographique
→ 0,7 m

Cote absolue
→ + 0,2 m

Contexte et enjeux

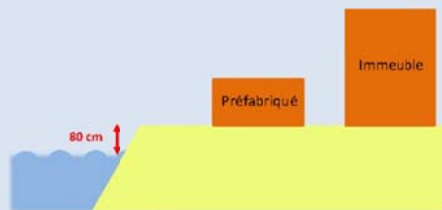
CONTEXTE

- Zone urbanisée
- Etablissement universitaire
- Immeubles et bâtiments préfabriqués
- Structures en béton

ENJEUX

- Bâtiments de recherche et d'enseignement

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

MOYENNE

(Niveau d'eau entre 50 cm et 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 80 cm de la surface topographique

Fiche n°16 : Pont mobile de l'Alliance – Les Abymes

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai (1,5 m)
- Tourbe (3 m)
- Argile marron (2 m)
- Argile rouge (10 m)
- Marno-calcaire (1 m)
- Craie

→ Route construite sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

Par rapport à la surface topographique
→ 0,2 m

Cote absolue
→ 0 m

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Zone de mangrove
- Pont de passage de la N11
- Proximité de l'extrémité de piste de l'aéroport Pôle Caraïbes
- Pont en béton

ENJEUX

- Piles du pont
- Route N11

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

MOYENNE A FORTE

(Niveau d'eau à moins de 50 cm ou entre 50 cm et 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 20 cm de la surface topographique et à 70 cm du pied des colonnes

Fiche n°17 : Chapelle Notre Dame – Baie-Mahault

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique du harmonisée



→ Site construit sur des sols calcaires

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ0083/BU4
Date : 26/09/1966
Distance au point d'étude : 0,8 km

Par rapport à la surface topographique
→ **4,7 m**

Cote absolue
→ **-1,7 m**

Contexte et enjeux

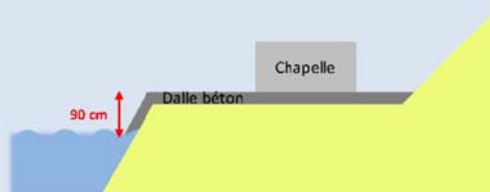
CONTEXTE

- En bordure de zone industrielle
- Maisons individuelles
- Structures en béton
- Sol recouvert d'une dalle en béton
- Pont en béton

ENJEUX

- Piles du pont
- Route N11

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

MOYENNE

(Niveau d'eau entre 50 cm et 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 90 cm de la surface de la dalle

Fiche n°18 : Silos à la Pointe Jarry – Baie-Mahault

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai (2,2 m)
- Alluvions, tourbe franche (1,1 m)
- Sable argileux (0,2 m)
- Argile à rognons (2,5 m)
- Calcaire

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mer

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ0309/TP6
Date : 06/06/1967
Distance au point d'étude : 0 km

Par rapport à la surface topographique
→ **1,4 m**

Cote absolue
→ **- 1,4 m**

Contexte et enjeux

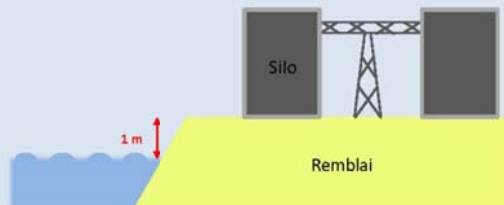
CONTEXTE

- Zone industrielle
- Hangars industriels, silos, grues
- Bâtiments en béton, silos en acier ou béton, grues en structure métallique

ENJEUX

- Hangars
- Silos et installations annexes
- Grues
- Routes d'accès

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

MOYENNE

(Niveau d'eau entre 50 cm et 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à environ 1 m de la surface topographique

Fiche n°19 : Zone industrielle de Jarry – Baie-Mahault

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



-  Remblai (2 m)
-  Vase (7,5 m)
-  Argile molle (3 m)
-  Tuf altéré et blocs (4 m)
-  Blocs calcaires

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 11472Z1376/SP1
Date : 25/08/1998
Distance au point d'étude : 0 km

Par rapport à la surface topographique
→ 2 m

Cote absolue
→ +3 m

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Zone industrielle
- Hangars industriels et commerciaux
- Structures en béton

ENJEUX

- Hangars
- Parkings
- Routes

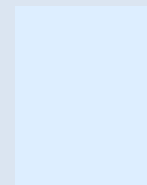
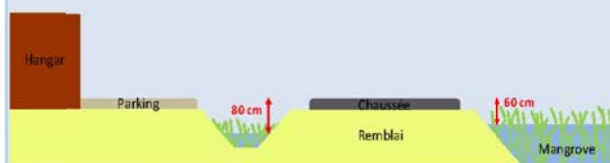


Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

MOYENNE

(Niveau d'eau entre 50 cm et 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau entre 60 et 80 cm de la chaussée

Fiche n°20 : Entrée de la ZI de Jarry – Baie-Mahault

Situation géographique

Carte IGN de 1950



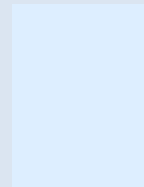
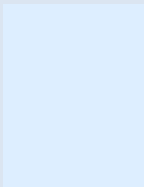
Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai (3,5 m)
- Argile tourbeuse (4 m)
- Argile verte (6 m)
- Marno-cacaïre (2 m)
- Cacaïre

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ1278/S
Date : 20/12/1963
Distance au point d'étude : 0,6 km

Par rapport à la surface topographique
→ **1,1 m**

Cote absolue
→ **+1,9 m**

Contexte et enjeux

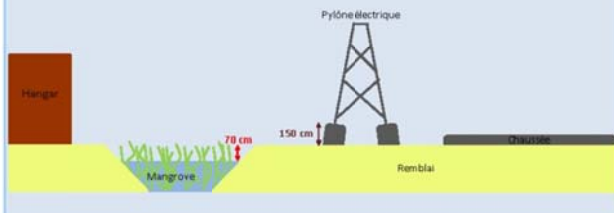
CONTEXTE

- Zone industrielle
- Hangars industriels et commerciaux
- Pylône électrique
- Structures en béton

ENJEUX

- Hangars
- Parkings
- Route (D 24)
- Pylône électrique

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

MOYENNE

(Niveau d'eau entre 50 cm et 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 70 cm de la chaussée

Fiche n°21 : ZI de Jarry – Baie-Mahault

Situation géographique

Carte IGN de 1950



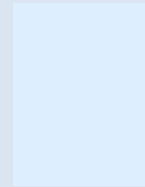
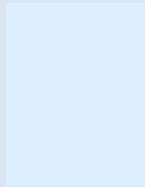
Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai (2 m)
- Vase (7,5 m)
- Argile molle (3 m)
- Tuf altéré et blocs (4 m)
- Blocs coquilliers

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ1376/SP1
Date : 25/08/1998
Distance au point d'étude : 0,20 km

Par rapport à la surface topographique
→ 2 m

Cote absolue
→ +3 m

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Zone industrielle
- Hangars industriels et commerciaux
- Structures en béton

ENJEUX

- Hangars
- Parkings
- Route

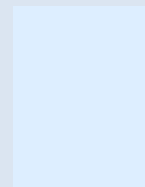


Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FORTE

(Niveau d'eau à moins de 50 cm de la surface topographique)

Niveau d'eau à 30 cm de la chaussée et à 50 cm du parking

Fiche n°22 : Mangrove en bordure de la RN11 – Baie-Mahault

Situation géographique

Carte IGN de 1950



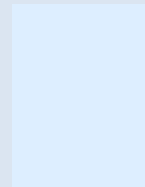
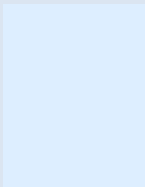
Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



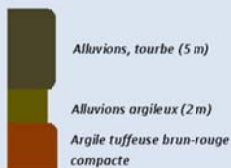
Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ0645/F8
Date : 29/12/1969
Distance au point d'étude : 0,24 km

Par rapport à la surface topographique
→ **1 m**

Cote absolue
→ **+ 0 m**

Contexte et enjeux

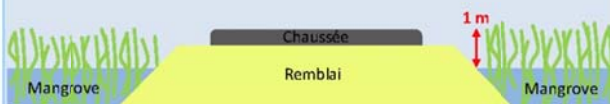
CONTEXTE

- Zone rurale et de mangrove
- Chemin agricole avec route 2x2 voies à proximité (N 11)
- Structures en béton

ENJEUX

- Chemin agricole
- Route (RN 11)
- Champs cultivés

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FORTE

(Niveau d'eau à moins de 50 cm de la surface topographique)

Niveau d'eau à 1 m de la chaussée (chemin agricole)

Fiche n°23 : Port de Lauricisque – Pointe-à-Pitre

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai (4,5 m)
- Tourbe (3 m)
- Argiles (13,5 m)
- Cokaïre

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ0761/S6
Date : 29/06/1971
Distance au point d'étude : 0,20 km

Par rapport à la surface topographique
→ 1 m

Cote absolue
→ + 0,3 m

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Port de pêche de Lauricisque
- Zone urbanisée
- Immeubles de type HLM et maisons individuelles
- Structures en béton (majoritairement) et en bois

ENJEUX

- Quais
- Route
- Rez-de-chaussée et sous-sols des bâtiments

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

MOYENNE A FORTE

(Niveau d'eau à moins de 50 cm ou entre 50 cm et 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 45 cm du quai et à 60 cm de la chaussée

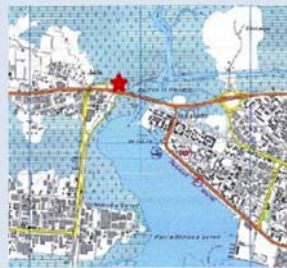
Fiche n°24 : Pylône de la Jaille – Baie-Mahaut

Situation géographique

Carte IGN de 1950



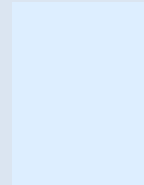
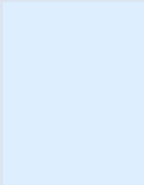
Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydraulique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai (2,5 m)
- Tourbe et argile molle (6,5 m)
- Argiles (3,5 m)
- Tuf argileux (2,5 m)
- Calcaire

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ1093/S1
Date : 09/02/1973
Distance au point d'étude : 0,27 km

Par rapport à la surface topographique
→ 1,6 m

Cote absolue
→ +0,4 m

Contexte et enjeux

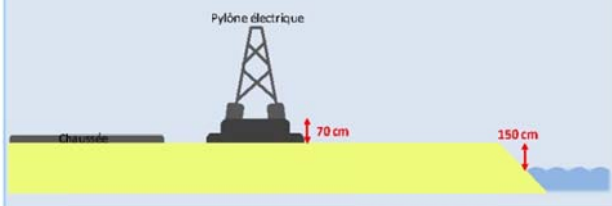
CONTEXTE

- En bordure de zone industrielle
- Pylône électrique
- Structure métallique sur socle en béton
- Route 2x2 voies à proximité (sortie « ZI Jarry » de la N1)

ENJEUX

- Pylône électrique
- Route (RN1)

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FAIBLE

(Niveau d'eau à plus de 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 1,5 m du socle du pylône

Fiche n°25 : Société SAVIMA – ZI Jarry – Baie-Mahault

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai – cacaïre, briques (2,5 m)
- Argiles (10 m)
- Marno-cacaïre

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ1185/S1
Date : 10/03/1978
Distance au point d'étude : 1,06 km

Par rapport à la surface topographique
→ **3 m**

Cote absolue
→ **+ 2 m**

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Zone industrielle
- Hangars industriels et commerciaux
- Structures en béton

ENJEUX

- Hangars
- Matériel industriel
- Parkings
- Routes

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FAIBLE A MOYENNE

(Niveau d'eau entre 50 cm et 1 m ou à plus de 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à plus de 80 cm du sol du hangar industriel

Fiche n°26 : ZI Jarry – Baie-Mahault

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site

PAS DE PHOTOGRAPHIE DISPONIBLE

Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai calcaire (2,5 m)
- Argiles (10 m)
- Marno-calcaire

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ1185/S1
Date : 10/03/1978
Distance au point d'étude : 0,93 km

Par rapport à la surface topographique
→ 3 m

Cote absolue
→ + 2 m

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Zone industrielle
- Hangars industriels et commerciaux
- Petits commerces
- Structures en béton (majoritairement) et en tôle

ENJEUX

- Hangars
- Commerces
- Parkings
- Routes

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FAIBLE

(Niveau d'eau à plus de 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 1,60 m de la surface de la plateforme remblayée non tassée

Fiche n°27 : Morne à Savon – Baie-Mahault

Situation géographique

Carte IGN de 1950



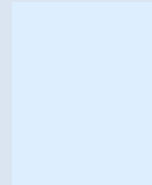
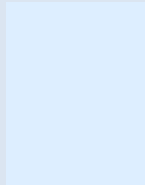
Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai calcaire (1 m)
- Argile à rognons calcaires (1,5 m)
- Tourbe (3,5 m)
- Argiles

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ1278/S
Date : 20/12/1983
Distance au point d'étude : 0,42 km

Par rapport à la surface topographique
→ 1,1 m

Cote absolue
→ + 1,9 m

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Zone industrielle
- Hangars industriels et commerciaux
- Structures en béton

ENJEUX

- Hangars
- Parkings
- Routes

Observations de terrain

- Hausse de la marée de 10 cm en 10 ans
- Eau s'évacuant du béton recouvrant la cour de l'entreprise lorsqu'il est soumis à une pression verticale

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

MOYENNE

(Niveau d'eau entre 50 cm et 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 60 cm du toit du remblai

Fiche n°28 : Face à l'îlet Boissard – Baie-Mahault

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site

PAS DE PHOTOGRAPHIE DISPONIBLE

Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai calcaire (1 m)
- Sable coquillier (1,5 m)
- Sable coquillier argileux (1 m)
- Argiles rouges bariolées (2 m)
- Marno-cacaïre blanc

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mer

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ1400/SC2
Date : 26/06/1990
Distance au point d'étude : 0,58 km

Par rapport à la surface topographique
→ 4 m

Cote absolue
→ + 0,4 m

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Zone industrielle
- Hangars industriels
- Structures en béton
- Zone d'embarcation vers l'îlet Boissard

ENJEUX

- Parking
- Pontons
- Route

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FAIBLE A FORTE

(Niveau d'eau à moins de 50 cm de la surface topographique)

Niveau d'eau à 20 cm de la surface du parking

Fiche n°29 : Voie Verte – Baie-Mahault

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



-  Remblai calcaire (3 m)
-  Tourbe (4 m)
-  Retombées argilées (9 m)
-  Calcaire et argile raide

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ1360/SP1
Date : 26/03/1997
Distance au point d'étude : 0,8 km

Par rapport à la surface topographique
→ **1,6 m**

Cote absolue
→ **+1,4 m**

Contexte et enjeux

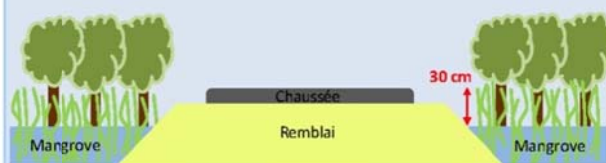
CONTEXTE

- Zone industrielle
- Voie Verte (RD 32) reliant Jarry à la Jaille

ENJEUX

- Route D 32

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FORTE

(Niveau d'eau à moins de 50 cm de la surface topographique)

Niveau d'eau à 30 cm de la chaussée

Fiche n°30 : La Jaille – Baie-Mahault

Situation géographique

Carte IGN de 1950



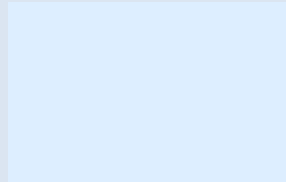
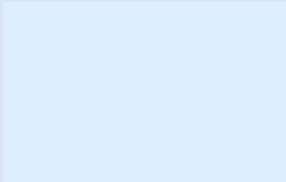
Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site






Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



-  Remblai caillouteux (2 m)
-  Vase puis argile grise vaseuse (3 m)
-  Argiles

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ1360/SP1
Date : 26/03/1997
Distance au point d'étude : 0,38 km

Par rapport à la surface topographique
→ 1,6 m

Cote absolue
→ +1,4 m

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Zone industrielle
- Hangars industriels
- Bâtiments commerciaux
- Canal d'évacuation des eaux vers la mangrove
- Structures en béton

ENJEUX

- Hangars et matériel
- Rez-de-chaussée des bâtiments
- Parkings
- Route

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

MOYENNE

(Niveau d'eau entre 50 cm et 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 70 cm de la chaussée

Fiche n°31 : Rond-Point de Grand Camp – Les Abymes

Situation géographique

Carte IGN de 1950



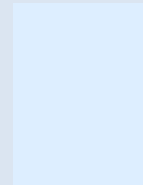
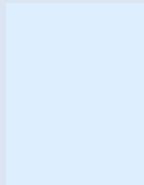
Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



-  Remblai calcaire (2 m)
-  Argile tourbeuse (2,5 m)
-  Argiles (10 m)
-  Marno-calcaire

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ0428/S3

Date : 03/07/1968

Distance au point d'étude : 0,27 km

Par rapport à la surface topographique

→ 0,5 m

Cote absolue

→ +0,5 m

Contexte et enjeux

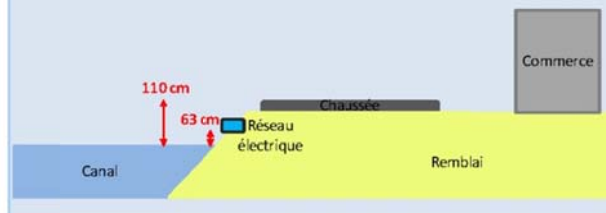
CONTEXTE

- Canal de drainage de la plaine
- Zone urbanisée et commerciale
- Bâtiments commerciaux
- Immeubles de type HLM
- Structures en béton

ENJEUX

- Rez-de-chaussée et sous-sols des bâtiments
- Parkings
- Routes
- Réseau électrique enterré passant en bordure de canal

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FAIBLE A MOYENNE

(Niveau d'eau entre 50 cm et 1 m du réseau et à plus de 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 110 cm de la chaussée et à 63 cm du réseau électrique

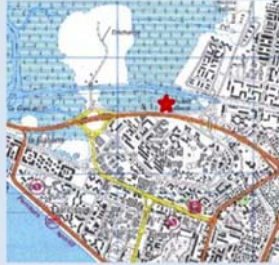
Fiche n°32 : Poste électrique de Grand Camp – Les Abymes

Situation géographique

Carte IGN de 1950



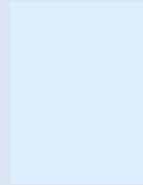
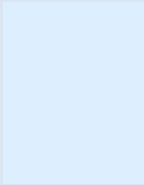
Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



Remblai calcaire (2m)

Argiles (10 m)

Cacaïre

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mangrove

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ0427/S2

Date : 28/06/1968

Distance au point d'étude : 0,26 km

Par rapport à la surface topographique
→ 0,86 m

Cote absolue
→ +0,14 m

Contexte et enjeux

CONTEXTE

- Zone urbanisée
- Poste électrique EDF
- Structure en béton
- Pylône EDF
- Structure métallique
- Proximité de la route N 1

ENJEUX

- Poste électrique
- Pylône
- Route N 1

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FAIBLE

(Niveau d'eau à plus de 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 2 m de la base du poste électrique et à 1,30 m de la base du pylône

Fiche n°33 : La Darse – Pointe-à-Pitre

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai calcaire (3 m)
- Rognons calcaires et débris de briques (3 m)
- Débris calcaires dans sable argileux gris (2,8 m)
- Vase argileuse

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mer

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ0798/SD4
Date : 16/07/1971
Distance au point d'étude : 0,09 km

Par rapport à la surface topographique
→ **0,30 m**

Cote absolue
→ **+0,50 m**

Contexte et enjeux

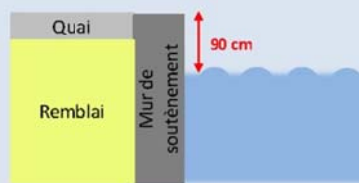
CONTEXTE

- Zone urbanisée
- Commerces et habitats individuels
- Structures en béton (majoritairement) et en bois

ENJEUX

- Place de la Victoire
- Rez-de-chaussée et sous-sols des bâtiments à proximité directe de la Darse
- Rues à proximité directe

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

MOYENNE

(Niveau d'eau entre 50 cm et 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 90 cm du quai

Fiche n°34 : Darboussier – Pointe-à-Pitre

Situation géographique

Carte IGN de 1950



Carte IGN de 2002



Orthophoto de 2004



Etat actuel du site



Situation géologique et hydrogéologique

GEOLOGIE

Carte géologique harmonisée



- Remblai calcaire (4 m)
- Tourbe grossière (6 m)
- Blocs calcaires

→ Site construit sur des remblais gagnés sur la mer

HYDROGEOLOGIE

Niveau d'eau souterraine :

N° Point BSS : 1147ZZ0036/S1
Date : 20/04/1963
Distance au point d'étude : 0,33 km

Par rapport à la surface topographique
→ 0,20 m

Cote absolue
→ + 0,70 m

Contexte et enjeux

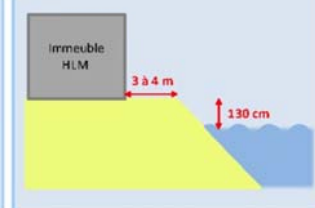
CONTEXTE

- Zone urbanisée
- Port de pêche de petite ampleur
- Immeubles de type HLM
- Structures en béton

ENJEUX

- Installations du port de pêche
- Rez-de-chaussée et sous-sols des bâtiments
- Rues à proximité

Schéma simplifié du contexte



Vulnérabilité

FAIBLE A FORTE

(Niveau d'eau à moins de 50 cm ou à plus de 1 m de la surface topographique)

Niveau d'eau à 14 cm du quai et à 130 cm du rez-de-chaussée des bâtiments

Annexe 4

Liste des ICPE et ICPE classées SEVESO

Raison sociale de l'entreprise	Nom usuel	Commune	X	Y	Zone
Rubis Antilles Guyane	Rubis Antilles Guyane	BAIE MAHAULT (97103)	654931	1794832	GUADELOUPE-STE-ANNE
Garage Laurent	Garage Laurent	BAIE MAHAULT (97103)	653360	1796330	GUADELOUPE-STE-ANNE
Blanchisserie du soleil	Blanchisserie du soleil	BAIE MAHAULT (97103)	653904	1795700	GUADELOUPE-STE-ANNE
<u>Cadisurgelé</u>	<u>Cadisurgelé</u>	BAIE MAHAULT (97103)	652574	1796350	GUADELOUPE-STE-ANNE
Compagnie Rizicole des Antilles Françaises	CRAF	BAIE MAHAULT (97103)	653935	1795811	GUADELOUPE-STE-ANNE
Caribéenne de Recyclage	Caribéenne de Recyclage	BAIE MAHAULT (97103)	653978	1797303	GUADELOUPE-STE-ANNE
CGM Sud	CGM Sud	BAIE MAHAULT (97103)	654934	1794835	GUADELOUPE-STE-ANNE
EDF Jarry Sud	Central Thermique de Jarry Sud	BAIE MAHAULT (97103)	654522	1795220	GUADELOUPE-STE-ANNE
EDF Jarry Nord	EDF Jarry Nord	BAIE MAHAULT (97103)	654467	1795538	GUADELOUPE-STE-ANNE
Energie Antilles	Energie Antilles	BAIE MAHAULT (97103)	652603	1795833	GUADELOUPE-STE-ANNE
FPRB	FPRB	BAIE MAHAULT (97103)	654679	1796327	GUADELOUPE-STE-ANNE
Gestion Conseil et Assistance	CGA	BAIE MAHAULT (97103)	655046	1794400	GUADELOUPE-STE-ANNE
Grands Moulins des Antilles	GMA	BAIE MAHAULT (97103)	655204	1795095	GUADELOUPE-STE-ANNE
Grands travaux de Guadeloupe	GTG	BAIE MAHAULT (97103)	653999	1796838	GUADELOUPE-STE-ANNE
Jus de fruits Caraïbes	Jus de fruits Caraïbes	BAIE MAHAULT (97103)	653660	1796050	GUADELOUPE-STE-ANNE
Société Anonyme de la Raffinerie des Antilles	SARA	BAIE MAHAULT (97103)	654711	1795191	GUADELOUPE-STE-ANNE
Société Guadeloupéenne d'Enrobés à Chaud	SGEC	BAIE MAHAULT (97103)	653657	1795783	GUADELOUPE-STE-ANNE
Société Nouvelle de Récupération	SNR	BAIE MAHAULT (97103)	653414	1796370	GUADELOUPE-STE-ANNE
Lafarge Ciments Antillais	Lafarge Ciments Antillais	BAIE MAHAULT (97103)	654667	1795333	GUADELOUPE-STE-ANNE
Société Guadeloupéenne de béton	SGB	BAIE MAHAULT (97103)	654297	1796739	GUADELOUPE-STE-ANNE
SOCREMA	SOCREMA	BAIE MAHAULT (97103)	654110	1797549	GUADELOUPE-STE-ANNE
SODEXGAZ	SODEXGAZ	BAIE MAHAULT (97103)	654099	1795643	GUADELOUPE-STE-ANNE
SODIMAT	SODIMAT	BAIE MAHAULT (97103)	654247	1797540	GUADELOUPE-STE-ANNE
SOFADIG Exploitation SA	SOFADIG Exploitation SA	BAIE MAHAULT (97103)	654128	1796355	GUADELOUPE-STE-ANNE
Supermarchés Match Guadeloupe - Dépôt	Supermarchés Match Guadeloupe - Dépôt	BAIE MAHAULT (97103)	654684	1796440	GUADELOUPE-STE-ANNE
FLV Service	Station Total	BAIE MAHAULT (97103)	653031	1797572	GUADELOUPE-STE-ANNE
Dépôt Hydrocarbure du Raizet	Dépôt Hydrocarbure du Raizet	ABYMES (97101)	656865	1798293	GUADELOUPE-STE-ANNE
Centre Hospitalier Universitaire de Pointe-à-Pitre	CHU de Pointe-à-Pitre	ABYMES (97101)	657615	1795726	GUADELOUPE-STE-ANNE
ECODEC	ECODEC	ABYMES (97101)	655787	1797865	GUADELOUPE-STE-ANNE
GEIAP (Total Caraïbes)	GEIAP (Total Caraïbes)	ABYMES (97101)	657381	1798626	GUADELOUPE-STE-ANNE
Décharge de la Gabarre	Décharge de la Gabarre	ABYMES (97101)	655901	1798213	GUADELOUPE-STE-ANNE
<u>SOFROI Carrefour Milénis</u>	<u>SOFROI Carrefour Milénis</u>	ABYMES (97101)	658921	1798880	GUADELOUPE-STE-ANNE



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

Service géologique régional de Guadeloupe
Le Houëlmont
Route de l'Observatoire
97113 – Gourbeyre - Guadeloupe
Tél. : 05 90 41 35 48