PROJET « EMERAUDE PLAGE »

ETUDE D'IMPACT ACTUALISEE SUR L'ENVIRONNEMENT

Décembre 2023

`

« EMERAUDE PLAGE »

ETUDE D'IMPACT ACTUALISEE

POUR LE DEPOT DE LA DEMANDE DE PCM N° 2,
à laquelle elle est jointe (cf. art. 134-9 du code de l'urbanisme, de l'habitation et de la construction)

Réalisée pour le compte de

ST. JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS

Cette étude d'impact a été réalisée par Philip Heaton M.Sc. (Eng) MBA C Eng MICE* et Holly Trew Ph.D.**, avec des apports sur les questions écologiques de Deborah Brosnan Ph.D.***

* CEO et Chairman de Phil Heaton Associates Limited Civil & Structural Engineering Consultants
** Marine Scientist chez Deborah Brosnan & Associates Scientific Consulting
*** Deborah Brosnan & Associates Scientific Consulting

The information contained in this document is proprietary. It must not be used for any other purpose other than the intended evaluation and it must not be divulged to any other third party in whole or in part without prior written permission.

DISCLAIMER: This document has been prepared based on technical and other information and assessments supplied to us by the client and the clients technical/engineering, architectural and other professional teams. We have not verified all of this information but taken it at face value against known factors and international standards where possible. Where such information does not provide details yet to be finalised such as location of specific plant or exact energy consumption, we have used peer-reviewed standards and acknowledged that best practice will be implemented throughout the construction, commissioning and operation of the new development. This EIA is organized into sections based on the EIA format provided by the Collectivite. However, to help ensure that the information is clearly presented and understood, much of the baseline information on the current environmental conditions is included in the first section. As needed, relevant information from here is referenced in subsequent sections.

`

Sommaire

CHAPITRE 1.0 DESCRIPTION DE L'ETAT ACTUEL DE L'ENVIRONNEMENT 6

1A Description de l'environnement 6

1B Le climat 7

1B-1 Situation à l'égard des ouragans 8
1B-2 Situation à l'égard des tsunamis.....10

1C La géologie.....11

1C-1 Géologie et topographie du site 11
1C-2 Tremblements de terre.....12

1D Qualité de l'eau 13

1E La faune et la flore.....13

1E-1 Ecosystème marin.....13
1E-2 La plage sablonneuse.....13
1E-3 Récif frangeant.....17
1E-4 Poissons de récifs coralliens 19
1E-5 Les herbiers marins.....20
1E-6 Conque.....21
1E-7 Tortues marines.....21
1E-8 Reptiles 22
1E-9 Végétation 23

1F Contexte socio-économique.....24

1F-1 Le logement 24
1F-2 Production d'énergie 26
1F-3 Production d'eau.....27
1F-4 Assainissement 27
1F-5 La circulation routière.....28

CHAPITRE 2.0 DESCRIPTION DU PROJET 29

2A Localisation.....29

2B Paysage naturel : contexte et conditions actuelles 30

2C Caractéristiques du Projet 31

2C-1 Intentions du Projet modifié.....32
2C-2 Description du Projet modifié.....33
2C-3 Travaux de démolition et de terrassement nécessaires. 44
2C-4 Conditions de stockage, réemploi ou élimination des déblais provenant des travaux 47

2D Principales caractéristiques de la phase opérationnelle du Projet.....48

2D-1 Demande et utilisation d'énergie durant les phases de construction et de fonctionnement 48
2D-2 Gestion et besoin en eau en phase de fonctionnement et en phase de travaux.....51
2D-3 Estimation des types et des quantités de résidus et d'émissions attendus, ainsi que des types et des quantités de déchets générés pendant les phases de construction et d'exploitation 56

2E Evaluation de la vulnérabilité du Projet au changement climatique, notamment au risque de submersion marine et aux autres risques naturels prévisibles 56

2E-1 Risques liés aux ouragans 60

`

2E-2 Risques liés aux tsunamis....60
2E-3 Risques d'inondation et d'affouillement liés aux ondes de tempête des ouragans et à l'élévation du niveau de la mer....64
2E-4 Risques d'inondation du sous-sol....70
2E-5 Risque de tremblements de terre....73

CHAPITRE 3.0 DESCRIPTION DES EFFETS SIGNIFICATIFS.... 75

3A Incidence du Projet résultant de la construction et l'existence du projet, y compris, le cas échéant, les travaux de démolition, le volume et les caractéristiques des remblais et déblais générés par le projet et la méthode de leur élimination. 75

3B Incidences sur les ressources naturelles 77
3B-1 Incidences sur les sols....77
3B-2 L'eau 80
3B-3 Déchets solides....82
3B-4 Impact sur l'environnement naturel et les espèces 82
3B-5 Matériaux et produits importés 82

3C Incidences du mode et des conditions d'approvisionnement en eau et du rejet et traitement des eaux de pompage....83

3D Incidences de l'émission de polluant, du bruit, de la vibration, de la lumière, la chaleur et la radiation, de la création de nuisance et de la valorisation des déchets, durant les phases de construction et de fonctionnement 84

3E Incidences des risques pour la santé humaine, pour le patrimoine culturel ou pour l'environnement 84
3E-1 Impact général....84
3E-2 Impact sur le logement....84
3E-3 Impact sur les services publics de de gestion de l'eau et de distribution d'électricité....86
3E-4 Impact sur la circulation routière 86
3E-5 Prise en compte des risques naturels....86
3E-6 Santé humaine....87
3E-7 Patrimoine culturel et environnemental 87

3F Étude de circulation....88
3F-1 Informations sur l'emplacement....89
3F-2 Champ d'application du rapport....89
3F-3 Flux pour le trafic en direction de l'ouest....89
3F-4 Flux pour le trafic en direction de l'est 93
3F-5 Références 98
3F-6 Conclusions 98
3F-7 Mesures d'atténuation recommandées....99

3G Effet significatif de l'utilisation des ressources naturelles 99

3H Impacts cumulés 100

CHAPITRE 4.0 SOLUTIONS DE SUBSTITUTION RAISONNABLES.... 101

CHAPITRE 5.0 LES MESURES ERC (EVITER, REDUIRE, COMPENSER).... 102

CHAPITRE 6.0 SUIVI DES MESURES 106

CHAPITRE 7.0 METHODES UTILISEES 107

`

CHAPITRE 8.0 NAMES AND QUALIFICATIONS 108

CHAPITRE 9.0 Résumé non technique 109

ANNEXES

Annexe 1 **G2-AVP, Etude géotechnique, juillet 2023**

Annexe 2 **Laboratoire Sanilab, Qualité de l'eau baie de Saint-Jean, juillet 2023**

Annexe 3 **Observations of Beach Conditions at St. Jean Beach, St Barthelemy with Recommendations for Continued Beach Management, 2021**

Annexe 4 **Tony Rey et autres, Changements côtiers et inondations suite au passage d'un ouragan extrême (Irma, 2017) aux Petites Antilles », 2020**

Annexe 5 **EGIS, Note technique sur la gestion de l'énergie, juin 2020**

Annexe 6 **INGEROP, Note technique sur la gestion de l'eau, 2023**

Annexe 7 **INGEROP, Note de gestion des eaux pluviales, 2023**

Annexe 8 **LABCO Antilles, Analyse sol et Percolation**

Annexe 9 **BRGM, Modélisation de l'impact de l'hôtel de l'Etoile sur les écoulements souterrains, 2022**

Annexe 10 **Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO, Guide des tsunamis pour les hôtels, 2012**

Annexe 11 **INGEROP, Notice Sismique PC, 2023**

Annexe 12 **FAU Combined sand sediment analysis conducted in June 2022 Emeraude Plage, 2022**

Annexe 13 **Laboratoire Labco Antilles, analyse échantillons de remblais prélevés sur le site, 2022**

Annexe 14 **Phil Heaton Associates Limited, Consulting Civil & Structural Engineers, 2023**

Annexe 15 **EGIS, suivi mensuel de la qualité de l'eau de mer au droit du site pendant la phase des travaux**

`

CHAPITRE 1.0 DESCRIPTION DE L'ETAT ACTUEL DE L'ENVIRONNEMENT

1A Description de l'environnement

Saint-Barthélemy est une île située dans les îles Sous-le-Vent, sur le banc d'Anguilla. L'île présente une superficie de 21 km2 et est entourée de nombreux îlots plus petits. Saint-Barthélemy est une île essentiellement volcanique, s'élevant abruptement de l'océan Atlantique et présentant un aspect sec, rocheux et montagneux. La géologie de l'île est constituée d'un mélange de couches calcaires et de sédiments volcaniques qui se sont formés lors d'une activité volcanique il y a 39 à 43 millions d'années. De nombreux îlots environnants ont été formés à partir de débris volcaniques. La région de la baie Saint-Jean est principalement constituée de dépôts sédimentaires et calcaires (Legendre et al, 2018[1]). Sur le plan écologique, l'île est entourée de récifs coralliens épars et d'écosystèmes d'herbiers marins. Saint-Barthélemy n'a pas de ressources naturelles en eau et dépend du dessalement de l'eau et du captage des eaux de pluie (environ 1 000 mm par an).

La baie de Saint-Jean est une grande baie située au nord de Saint-Barthélemy. Le développement touristique de la zone a commencé en 1950, avec l'ouverture de l'hôtel Eden Rock. Depuis, d'autres hôtels, restaurants et boutiques ont été construits, formant un centre de tourisme et générant des revenus sur l'île.

La plage de Saint-Jean est l'une des plus grandes et des plus populaires de l'île, tant pour les touristes (dont beaucoup viennent des quatre grands hôtels de la plage) que pour les Barthéloméens. Il s'agit d'un site actif pour les sports nautiques (par exemple, la natation, le kitesurf, le wingfoil, etc.).

Ses caractéristiques ont évolué dans le temps du fait notamment du développement des activités humaines et de l'urbanisation. La plage de Saint-Jean a été réaménagée en 2010-2011 et la largeur de la plage a, pour l'essentiel, été maintenue depuis lors (voir la section 2C-1).

La baie de Saint-Jean est attenante à l'étang de Saint-Jean, situé à proximité immédiate de la plage. Le Conseil territorial a approuvé en 2016 un important projet de réaménagement de l'étang de Saint-Jean, comprenant en particulier les travaux de curage, dragage, évacuation, consolidation des berges et replantation. Dans le cadre de ce projet, une convention de mécénat a été conclue avec la société Eden Rock afin que cette dernière finance la réalisation d'un système de canalisations reliant l'étang à la baie de Saint-Jean, conformément à un document annexé de la société Ocean Earth Technologies. Ce dernier prévoit la pose de quatre canalisations de 20 pouces (env. 50 cm). Les travaux de réhabilitation de l'étang ont été achevés en 2019.

[1] Legendre, L., Philippon, M., Münch, P., Leticee, J. L., Noury, M., Maincent, G., ... & Mazabraud, Y. (2018). Trench bending initiation: Upper plate strain pattern and volcanism. insights from the Lesser Antilles arc, St. Barthelemy Island, French West Indies. *Tectonics*, *37*(9), 2777-2797.

`

Actuellement, l'écologie de la baie est caractérisée par des herbiers marins peu profonds, des récifs en patch et un récif plus grand au centre de la baie qui s'étend jusqu'au bord extérieur. Actuellement, aucun de ces environnements n'est particulièrement sain (voir section 2A).

Figure 1.1. Arial view of St. Jean Bay in (a) 1969 and (b) 2023 (Geoportail, Google Earth)

1B Le climat

Saint-Barthélemy bénéficie d'un climat tropical, alternant généralement une saison sèche et une saison humide. Les alizés, typiquement de NE à ENE, sont prédominants. Ces alizés bien établis sont assez forts (courants de force 4 à 5) mais en été, les vents peuvent devenir plus faibles et s'orienter vers le S ou le SE.

Saint-Barthélemy est un territoire particulièrement exposé aux risques naturels et aux effets du changement climatique. L'île répond à plusieurs des critères des risques les plus élevés identifiés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Ils comprennent : le fait d'être un territoire insulaire, la sensibilité à l'érosion, la présence d'un écosystème corallien oligotrophe, le fait d'être soumis à de multiples pressions anthropogéniques en combinaison avec les effets du changement climatique. Aujourd'hui, les impacts du changement climatique sont une réalité aux Antilles.

Les mesures de température enregistrées dans les régions voisines de la Martinique et de la Guadeloupe montrent une augmentation d'environ 0,25°C par décennie depuis le milieu du siècle dernier. L'élévation du niveau de la mer est préoccupante, avec une augmentation de 2 à 3 mm par an. Le changement climatique devrait modifier la fréquence et l'intensité des tempêtes et, avec l'élévation du niveau de la mer, les risques d'érosion et d'inondation augmentent également. Un événement extrême isolé ne permet pas à lui seul de confirmer les effets du changement climatique sur les conditions météorologiques extrêmes. Toutefois, grâce aux progrès des techniques scientifiques et à l'augmentation du nombre de données, les scientifiques sont désormais en mesure de détecter les signaux du changement climatique dans les événements extrêmes. Par exemple, l'ouragan Irma, qui a frappé directement Saint-Barthélemy en 2017 ayant atteint la catégorie 5, est en cohérence avec les simulations climatiques qui indiquent la possibilité de cyclones plus intenses.

`

1B-1 Situation à l'égard des ouragans[2]

L'île de Saint-Barthélemy est située dans la zone cyclonique de l'Atlantique, où la saison cyclonique typique s'étend de juin à novembre. Les Petites Antilles du Nord-Est, dont Saint-Barthélemy, sont touchées en moyenne par trois dépressions tropicales (DT) (tempêtes et ouragans) par décennie, ce qui représente un taux d'activité cyclonique modéré.

Saint-Barthélemy est située à l'ouest de la région principale de développement des dépressions tropicales ("*Tropical Depression Main Development Region*"). Cette région représente un couloir, orienté d'est en ouest dans l'Atlantique Nord, où les vagues en provenance d'Afrique se développent en DT dans la région du Cap-Vert et finissent par atteindre les Caraïbes et les Amériques. La fréquence maximale des dépressions tropicales qui affectent cette région s'établit à 4-5 par décennie, ce qui est similaire à la fréquence observée dans le golfe du Mexique et la région occidentale de la mer des Caraïbes. Cela représente néanmoins un taux inférieur à celui de la côte américaine, qui est affectée par un maximum de 6-7 dépressions tropicales par décennie (Rey et al 2019). Le tracker historique des ouragans de la NOAA indique que 17 ouragans de catégorie 1 à 5 sont passés à moins de 40 km de Saint-Barthélemy, dont cinq ouragans de catégorie 4 et 5 (Figure 2.12).

L'ouragan Irma 2017 (catégorie 5) est désormais reconnu comme l'ouragan le plus extrême enregistré à ce jour. Des rafales de vent d'une vitesse de 244 km/h ont été enregistrées sur l'île quelques minutes avant qu'elles ne détruisent les instruments de mesure. Les vents maximums globaux enregistrés lors d'Irma ont atteint la vitesse de 287 km/h, et la hauteur maximale locale de la houle créée a été estimée à 2-3 m (Figure 2.11) (Rey et al, 2019). Les vents et les vagues ont complètement détruit plusieurs structures, endommagé des bâtiments (dont l'hôtel Emeraude Plage) et transporté de grandes quantités de sable dans les régions intérieures de l'île.

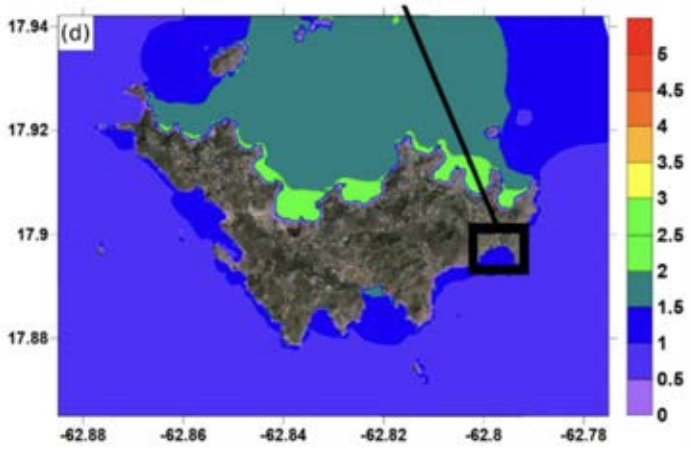


Figure 1.2.
. La hauteur de la houle de l'onde de tempête
causée par l'ouragan Irma en 2017 était de 2 à 3 m dans la baie de Saint-Jean.

[2] Selon Météo-France, le terme cyclone ou cyclone tropical est réservé à l'océan Indien et au Pacifique sud. On parle d'ouragan en Atlantique nord et dans le Pacifique nord-est et enfin de typhon dans le Pacifique nord-ouest. Les tempêtes portent le nom « d'ouragan » (hurricane en anglais en référence à Hunraken, nom du dieu du mal dans les Caraïbes) lorsque l'intensité du vent dépasse les 119 km/h. Ce phénomène est divisé en cinq catégories selon la force des rafales.

`

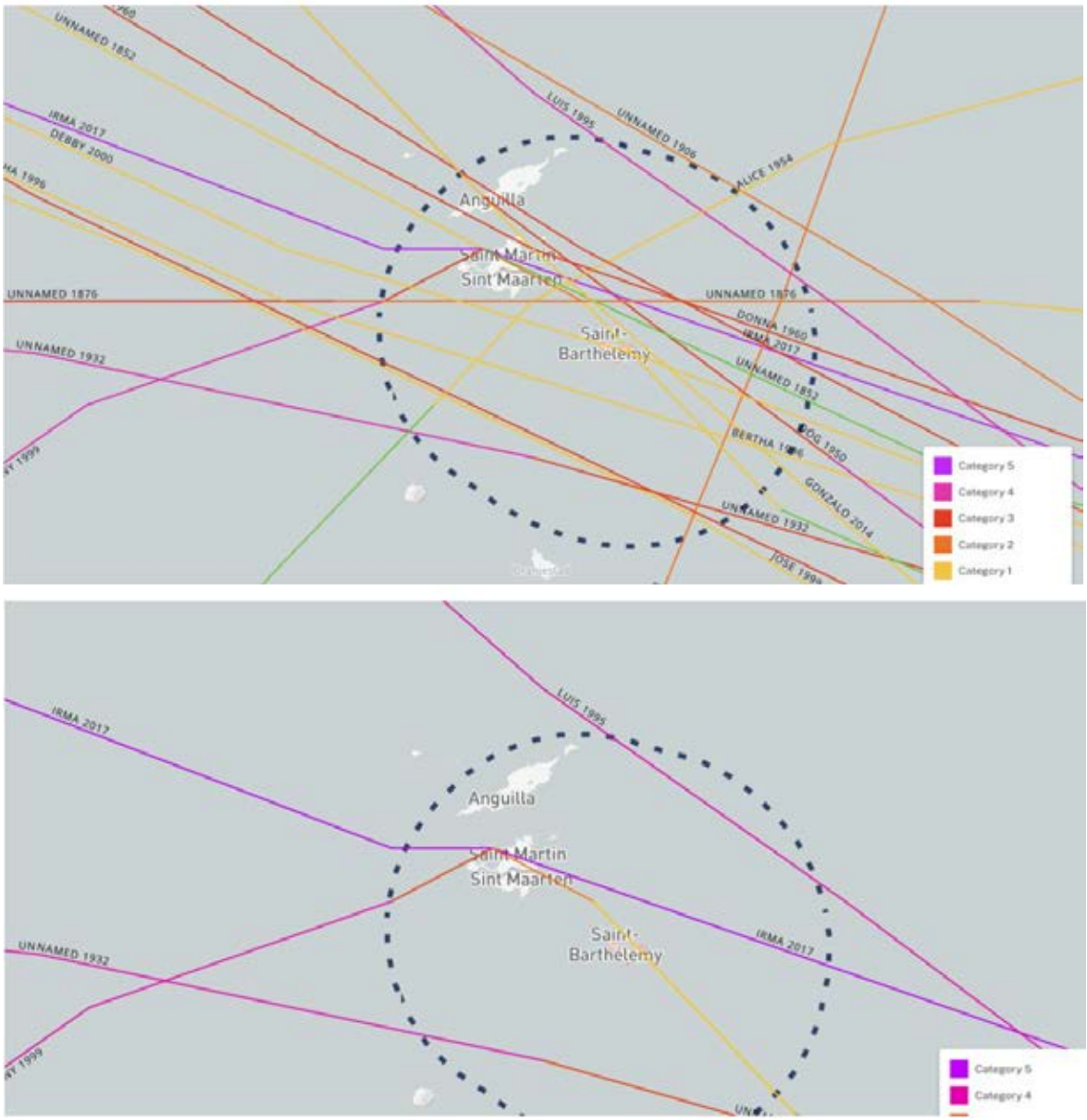


Figure 1.3.
(a) Depuis 1952, dix-sept ouragans sont passés à moins de 40 km de Saint-Barthélemy.
(b) Les plus destructeurs d'entre eux ont été les ouragans Irma (2017), Lenny (1999), Luis (1995) et une tempête sans nom (1932).

Les cyclones sont détectés bien à l'avance. A l'origine, des vents modérés et des masses pluvieuses forment une dépression tropicale. Le phénomène passe au stade de tempête tropicale dès que les vents oscillent entre 63 km/h et 118 km/h. La tempête est alors baptisée d'un prénom, auparavant exclusivement féminin, désormais alternant avec les prénoms masculins à la suite des plaintes des ligues féminines. Au-delà de 118 km/h, c'est un ouragan. Des niveaux d'alertes sont prévus pour prévenir la population qui est familiarisée avec les consignes régulièrement diffusées à la télé et à la radio. Souvent, il ne s'agit que de simple alerte, par mesure de sûreté, car les cyclones changent fréquemment de trajectoire.

`

1B-2 Situation à l'égard des tsunamis

Si les ouragans tropicaux affectent fréquemment la région, les tsunamis sont plus rares. Entre 1482 et 2000, 91 tsunamis possibles ont été documentés (figure 2.22). Parmi eux, 53 ont été définis comme des "tsunamis probables", dont 19 confirmés (vagues et des houles de tsunami, dont certaines de plus de 10 m de haut). Le dernier tsunami destructeur dans les Caraïbes s'est produit en août 1946. Les grands tsunamis destructeurs se produisent généralement à des intervalles d'environ 21 ans et leurs effets sont souvent limités à certaines côtes ou îles, et non à l'ensemble de la région.

La force du phénomène générateur et la distance par rapport à la source déterminent en grande partie le type et l'intensité des tsunamis sur l'ensemble de la planète. L'orientation du littoral joue également un rôle important. Par exemple, à la suite d'un tremblement de terre en novembre 1867, Basseterre (Guadeloupe) a signalé un tsunami de 1 m, alors que Pointe-à-Pitre (Martinique) n'a signalé qu'une légère houle.

Il existe quatre sources de tsunami dans les Caraïbes :

1.) Les télétsunamis
Ces tsunamis résultent d'événements tectoniques qui prennent naissance à 1 000 km ou plus de l'île. Ils sont rares mais leur potentiel de destruction est important. D'après les rapports historiques, seuls deux télétsunamis ont touché les Caraïbes - tous deux ont pris naissance le long de la côte du Portugal. Le premier, parti de Lisbonne (Portugal) en 1755, a mis 9,5 heures pour atteindre Saint-Barthélemy. Un second télétsunami, généré par une réplique en 1761, n'a pas eu d'impact sérieux dans les Caraïbes. Les télétsunamis sont des phénomènes aux effets importants, mais les nombreuses heures qui s'écoulent entre l'événement tectonique et l'arrivée de la vague dans la région permettent de s'y préparer. Si un événement similaire devait se reproduire, l'ensemble du littoral de Saint-Barthélemy serait menacé et l'évacuation de tous les citoyens vers des abris en hauteur serait nécessaire.

2.) Tsunamis générés par un glissement de terrain
Ces tsunamis sont créés par des glissements de terrain et des effondrements sous-marins en mer. Ces tsunamis sont généralement déclenchés par des tremblements de terre et leurs effets de destruction sont souvent limités aux zones situées à proximité de l'événement initial. Comme la source d'un glissement de terrain est généralement proche du littoral, le délai d'alerte peut n'être que de quelques minutes. Ils ne sont pas courants à Saint-Barthélemy et la probabilité que la baie de Saint-Jean soit touchée par ce type de tsunami est minime.

3.) Les tsunamis volcaniques
Les volcans peuvent générer des tsunamis de plusieurs manières : explosion, effondrement de la caldeira et coulées pyroclastiques. La taille et l'impact de la vague créée dépendent de l'importance physique de l'événement (par exemple, la quantité de matériaux s'écoulant dans l'océan lors d'un événement pyroclastique), de la distance par rapport à l'événement volcanique et de l'orientation du littoral. Il s'agit du type de tsunami le plus courant dans les Caraïbes orientales. Le tsunami volcanique le plus récent à avoir frappé Saint-Barthélemy a suivi une éruption du volcan de Montserrat en 1997. Montserrat a signalé une inondation par le tsunami des rivières et des baies adjacentes, tandis que la Guadeloupe n'a été que légèrement touchée. À Saint-Barthélemy, des rapports locaux indiquent qu'une série de fortes vagues et de courants ont été ressentis par les nageurs à l'Anse du Gouverneur, mais il n'y a pas eu d'inondation ou de dommages et aucun blessé n'a été signalé.

`

4.) Tsunamis d'origine tectonique
Ces tsunamis sont générés par des tremblements de terre dus au mouvement des plaques tectoniques. En général, un tremblement de terre doit être de 8,0 mV ou plus pour déclencher un tsunami important. Toutefois, des tremblements de terre plus faibles peuvent produire des vagues capables de créer des dommages sur les côtes à l'échelle régionale. Pour les tsunamis déclenchés près des régions terrestres, le temps de prévention est en moyenne de 30 à 60 minutes, ce qui est généralement suffisant pour évacuer les lieux souterrains à faible densité d'occupation. Ce type de tsunami affecterait néanmoins l'ensemble de la plage et éventuellement une grande partie du littoral de l'île.

Certaines parties des Caraïbes sont plus sensibles à certains types de tsunamis. Par exemple, la Jamaïque est plus exposée aux tsunamis liés à des glissements de terrain, tandis que Porto Rico et les îles Vierges sont plus susceptibles d'être touchés par des tsunamis d'origine tectonique. Il est conseillé aux populations à risque de surveiller le recul de la mer après un tremblement de terre et de s'abriter sur des terrains plus élevés.

Dans les Caraïbes orientales, y compris à Saint-Barthélemy, la plupart des tsunamis sont dus à l'activité volcanique. Les éruptions volcaniques pouvant durer plusieurs jours, voire plusieurs mois ou années, ils requièrent une information et une préparation des populations par les autorités locales.

1C La géologie

1C-1 Géologie et topographie du site

La géologie de Saint-Barthélemy est principalement constituée de roches volcaniques anciennes recouvertes de calcaire éocène. Les plages et les côtes sableuses sont composées de sable principalement corallien et d'origine marine.

Le site d'Emeraude Plage est caractérisé par la séquence lithologique d'une couverture remblayée/retravaillée présente sur 1,0-2,7 m d'épaisseur, de dépôts marins sableux, reconnus jusqu'à 7,4-9,2 m de profondeur, de sédiments lagunaires sableux d'origine volcanique, reconnus jusqu'à 9,6-10,6 m de profondeur et enfin de Hyaloclastites dégradées, directement en dessous et au moins jusqu'à la base des forages.

Une étude géotechnique G2 AVP comporte des échantillons de carottages. Ces carottes ont été réalisés *in situ* puis transférer en Laboratoire en Guadeloupe ou des analyses approfondies ont été menées (Cf. G2-AVP, Etude géotechnique, juillet 2023, en annexe 1). Ces carottes ont été également remis aux archéologues pour s'assurer d'un diagnostic archéologique des fonds des remblais avant le commencement des travaux.

La topographie de la baie de Saint-Jean est caractérisée par de faibles pentes qui s'élèvent vers les sommets des collines au centre de l'île. Cette chaîne de collines sépare le lagon de Saint-Jean au nord et Gustavia au sud. Le profil topographique de la zone sur la figure 1.2 représente la coupe transversale depuis la plus grande pente jusqu'à la mer, en passant par le site d'étude.

`

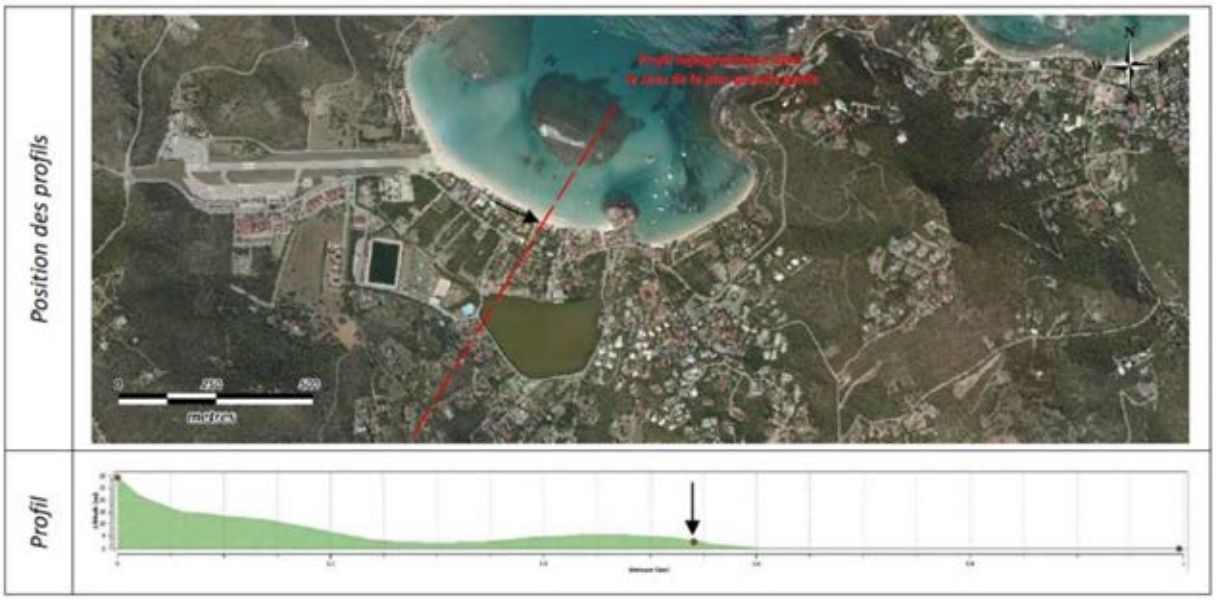


Figure 1.4. Topographic profile of the project area

1C-2 Tremblements de terre

Saint-Barthélemy se trouve dans une zone géologiquement active et l'activité sismique est fréquente. L'île est classée, selon le code français, comme une zone de sismicité 5 (très forte) et une catégorie d'importance 3 - bâtiments dont la résistance aux séismes est importante compte tenu des conséquences d'un effondrement.

Des séismes de magnitude 4+ se produisent dans un rayon de 300 km autour de l'île tous les 11 jours. Le tremblement de terre le plus puissant qui ait touché l'île en 123 ans a eu une magnitude de 7,5 en 1974 ; la plupart des événements sismiques sont d'une magnitude inférieure à 4. Ces tremblements de terre sont provoqués par la zone de subduction de la plaque caraïbe et de la plaque nord-américaine (figure 2.24). Ils se produisent jusqu'à 200 km sous la surface de la terre.

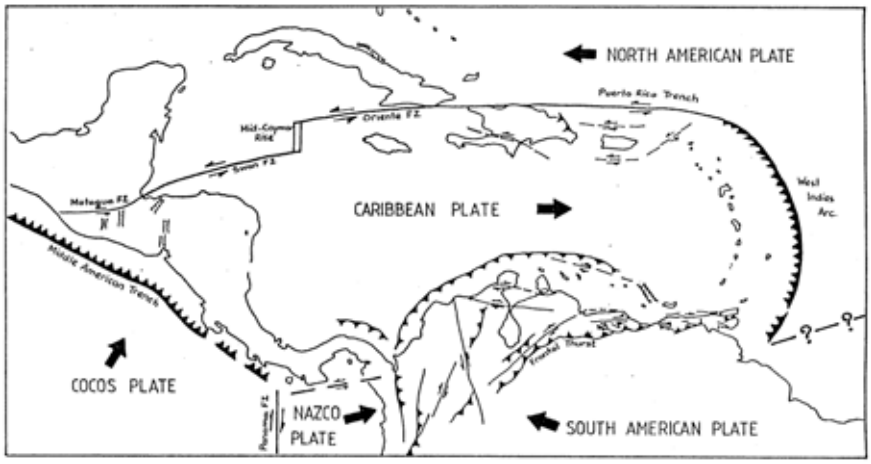


Figure 1.5. Tectonic setting of the Caribbean (Molnar and Sykes, 1969).

`

Les risques liés aux tremblements de terre résultent de l'effet de la secousse du sol. Les bâtiments peuvent être endommagés par la secousse elle-même ou par l'affaissement du sol.

L'un des principaux risques, en particulier pour les sites de faible altitude proches de la nappe phréatique, comme Emeraude Plage, est la liquéfaction du sol. Il s'agit de la déstabilisation du sable ou du sol lorsque l'eau souterraine est chassée d'entre les grains par les secousses. Dans ce cas, la résistance du substrat est réduite et peut provoquer des glissements de terrain et l'effondrement des fondations des bâtiments.

1D Qualité de l'eau

L'Agence régionale de santé (ARS) assure le contrôle de la qualité de l'eau dans la baie de Saint-Jean. La qualité de l'eau a été jugée excellente en 2015, 2016 et 2017. Emeraude Plage a également effectué son propre contrôle périodique de la qualité de l'eau (la plus récente date de juillet 2023), les échantillons étant analysés par le laboratoire local Sanilab (cf. annexe 2). La qualité de l'eau à proximité d'Émeraude Plage a également été jugée bonne.

1E La faune et la flore

1E-1 Ecosystème marin

La baie de Saint-Jean est située au nord de Saint-Barthélemy. Il s'agit d'un site touristique emblématique et l'une des plages les plus importantes de Saint-Barthélemy. Elle ne fait pas partie de la réserve naturelle marine de Saint-Barthélemy. Le milieu marin de la baie de Saint-Jean comprend trois secteurs d'habitat distincts : (1) une plage sablonneuse qui s'étend sur un fond marin sablonneux, (2) un récif frangeant au large et plusieurs récifs isolés à l'intérieur du récif principal, et (3) des herbiers marins. Chacun de ces secteurs est décrit ci-dessous. Cette évaluation est basée sur les données existantes et sur de nouvelles études marines réalisées en août 2023.

1E-2 La plage sablonneuse

Les plages constituent un habitat pour les plantes et les animaux, un lieu de nidification pour les tortues de mer et une barrière spatiale entre les constructions côtières et la mer. Elles sont également un élément essentiel de l'industrie touristique de Saint-Barthélemy.

Dynamique de la plage et érosion

La plage Saint-Jean est naturellement dynamique. Dans des conditions normales, la plage avait tendance à se rétrécir pendant les tempêtes et les mers agitées et à s'élargir lorsque les conditions étaient plus calmes. Les variations saisonnières des courants affectent également la plage, entraînant plus de sable du côté de l'aéroport (est) et augmentant la largeur de la plage en été, puis renvoyant le sable de l'autre côté en hiver (avec un rétrécissement de la plage). Pendant de nombreuses décennies, et probablement bien plus longtemps, et dans le cadre de cette dynamique, la plage de Saint-Jean disposait d'une grande quantité de sable. L'érosion n'était pas un problème. En effet, la stabilité, la largeur et la qualité de la plage sont les caractéristiques qui ont fait de Saint-Jean l'une des plages les plus emblématiques et les plus populaires de Saint-Barthélemy - et qui ont attiré le développement.

`

Cependant, depuis au moins 15 ans, l'érosion de la plage et l'évolution de la dynamique du littoral sur la baie de Saint-Jean préoccupent les résidents, les entreprises et la Collectivité de Saint-Barthélemy. Les études menées entre 2008 et 2011 ont été parmi les premières à documenter la combinaison des modèles d'érosion naturelle et humaine. L'érosion observée a justifié la commande d'une étude par M. Graham, résident de la plage de St Jean, en collaboration avec la Collectivité de Saint-Barthélemy. Deux rapports et une présentation ont été élaborés en 2008-09 afin de fournir des recommandations pour la restauration de la baie de Saint-Jean au regard de son importance pour le tourisme et l'écologie de l'île (Brosnan, D. 2008 Designing the Future : Brosnan, Oltman Shay and Clark 2009 a, b. Report on Beach Erosion and Recommendations for St Jean Bay.) Une réunion publique a été organisée avec les scientifiques, les ingénieurs spécialisés, la Collectivité et le public pour discuter de l'érosion de la plage de Saint-Jean en 2009, et une évaluation de suivi a été menée par Clark en 2011 (Ralph Clark, Observations of Beach Conditions at St. Jean Beach, St Barthelemy with Recommendations for Continued Beach Management, juillet 2021, en annexe 3). La conclusion principale des études, rapports et réunions, non contestée, est que la plage Saint-Jean s'érode et que l'érosion se poursuivra en l'absence d'une intervention.

Les rechargements en sable effectués au cours de cette période et par la suite ont tenté de rectifier la perte de plage, sans étude standard préalable au rechargement - et avec un succès limité. Des chapitres spécifiques (cf. en particulier le Chapitre 3B-1) et des rapports en annexe fournissent des détails sur ces études et explorent l'impact potentiel de l'hôtel Emeraude Plage sur l'érosion. Cette section ne décrit que l'état de référence et la dynamique actuelle.

Depuis au moins 2008 et jusqu'à aujourd'hui, la perte et la stabilité des plages restent des préoccupations importantes pour la baie de Saint-Jean et pour de nombreuses plages de l'île et de la région. La perte de plage a des implications environnementales, sécuritaires, économiques et touristiques. Récemment, l'Agence territoriale de l'environnement (ATE) a indiqué qu'elle menait une étude plus approfondie pour mieux comprendre les modèles d'érosion et la façon de mieux gérer les plages, y compris la plage St Jean (cf. développement ci-dessous). Nous décrivons ici certains des principaux facteurs d'érosion de la plage St Jean qui ont abouti à l'état de référence actuel.

L'élévation du niveau de la mer : avec une moyenne de 3,6 mm par an, entre 1993 et 2020, le niveau de la mer dans les Caraïbes s'est élevé à un rythme légèrement supérieur à la moyenne mondiale (3,3 mm/an) (World Meteorological Association, 2021). Avec l'élévation du niveau de la mer, l'action des vagues à des altitudes plus élevées augmente la probabilité d'une érosion côtière importante, y compris la perte de plage. Le sable qui est perdu dans le système lors de ces événements ne peut pas revenir une fois que les conditions se sont améliorées. En outre, l'élévation du niveau de la mer réduit mécaniquement la largeur des plages. La plage de Saint-Jean, comme beaucoup d'autres plages des Caraïbes, est affectée par l'élévation du niveau de la mer et est plus vulnérable aux tempêtes.

La perte de récifs : les récifs coralliens constituent la première ligne de défense contre les tempêtes et ils atténuent les effets de l'élévation du niveau de la mer. Un récif en bonne santé peut briser l'énergie des vagues de 95 %, réduisant ainsi l'érosion - un récif mort et effondré n'offre pas le même niveau de protection. En outre, les récifs coralliens vivants sont eux-mêmes une source importante de sable. Par exemple, un grand poisson-perroquet adulte qui ingère des coraux peut excréter plus d'une tonne de sable par an (scientifiques de l'Université d'Hawaï, Manoa). Les scientifiques estiment que jusqu'à 70 % du sable des plages de sable blanc des Caraïbes et d'Hawaï a été excrété par les poissons-perroquets. Les oursins jouent également un rôle important dans la production de sable à partir du corail. L'analyse du sable de la plage de St

`

Jean confirme qu'il s'agit d'une plage calcaire, composée principalement de coraux, de coquillages et d'algues calcaires. Le récif de la baie de St Jean étant dégradé et la densité de poissons perroquets et d'oursins fortement réduite, le récif ne génère plus la même quantité de sable qu'auparavant.

Les aménagements : Les aménagements, en particulier ceux qui comportent des digues proches de la plage ou des interventions qui coupent le flux de sable entre les plages (cellules de sable), telle la séparation de la plage de Saint-Jean en deux systèmes autonomes au niveau du tombolo de l'Eden-Rock, augmentent le taux d'érosion et/ou interfèrent avec le transport naturel de sable nécessaire à l'entretien des plages. Ces aménagements ont été réalisés sur la plage Saint-Jean et ont eu un impact sur l'érosion. L'urbanisation des dunes naturelles (hautes terres) a également affecté le transport naturel des sédiments.

Plusieurs évaluations de la largeur des plages ont été réalisées, certaines *in situ* (par exemple, Clarke 2011) et d'autres à l'aide de satellites Google Earth, par exemple par Egis dans le cadre de l'étude d'impact fournie à l'occasion du permis de construire délivré initialement pour le Projet le 19 décembre 2019 (cf. développement ci-dessous). L'un des défis dans l'interprétation des évaluations est d'apprécier l'influence d'événements exogènes tels les rechargements de la plage. Ainsi, les résultats doivent être considérés à la lumière du rechargement, ainsi que de tous les événements et interventions naturels. Lorsque ceux-ci sont connus, ils ont été identifiés dans les sections correspondantes sur la stabilité et l'érosion des plages. Ils sont examinés plus en détail dans le rapport annexé de Phil Heaton (2023).

Etude ATE et Université de Montpellier

Une étude sur l'évolution de cinq plages de l'île, dont Saint-Jean, a été entreprise par trois scientifiques de l'université de Montpellier (Stéphanie Defossez, Tony Rey et Matthieu Péroche), avec le concours de l'Agence territoriale de l'environnement (ATE). A l'issue de deux ans de travaux, des premiers travaux ont été présentés au public mardi 18 janvier 2023.
Selon le compte-rendu qui en a été fait[3], la principale conclusion est une tendance générale à l'érosion des plages, qui « perdent en largeur. Mais de manière relativement légère ». S'agissant de Saint-Jean, il est relevé que la plage « a récupéré des dégâts causés par la saison cyclonique, mais pas autant qu'elle a perdu ».
Il est par ailleurs observé que « chaque plage dispose d'un fonctionnement qui lui est propre. Par conséquent, inutile d'imaginer pouvoir appliquer une méthode de renforcement unique pour chaque site. Les courants, les vents, les écosystèmes, la texture des grains de sables, tout ou presque est différent. Il sera donc nécessaire, pour lutter efficacement contre l'érosion, de penser des solutions spécifiques pour chaque plage. En intégrant bien entendu le degré de l'urbanisation environnante. »

Etude EGIS sur la dynamique de la plage de Saint-Jean

La dynamique du trait de côte influence l'érosion et/ou l'accrétion (progression de la ligne de rivage par accumulation de sédiments) des sédiments de plage. À l'aide de photographies aériennes et d'images satellites, EGIS a mesuré le mouvement des sédiments dans la baie de Saint-Jean au fil du temps, entre 1947 et 2021. Les conclusions de l'étude sont résumées dans la figure 2.10 sous forme de tracés de la largeur et de la surface de la plage.

[3] Journal de Saint-Bart, 23 octobre 2023 : https://www.journaldesaintbarth.com/actualites/environnement/une-legere-tendance-a-lerosion-sur-les-plages-de-saint-barth-202301191636.html

`

Il est important de noter que seuls les points de données reflètent la largeur réelle de la plage, et non les lignes entre les points de données. Par exemple, le changement (augmentation) de la largeur de la plage entre 2004 et 2009 n'était pas une augmentation progressive et linéaire de la largeur de la plage - le point de données en 2009 représente un événement de rechargement (une expansion de la plage due à l'intervention humaine).

Les données permettent d'apprécier la dynamique générale de la plage. Elles illustrent la diminution de la largeur de la plage entre 1987 et 2003, qui a conduit au premier événement de rechargement de 2009 puis aux rechargements ultérieurs, ramenant la largeur de la plage à un niveau proche de celui de 1947.

Figure 1.6. Location of historical range analysis profiles. P3 is located directly adjacent to the Emeraude Plage site.

`

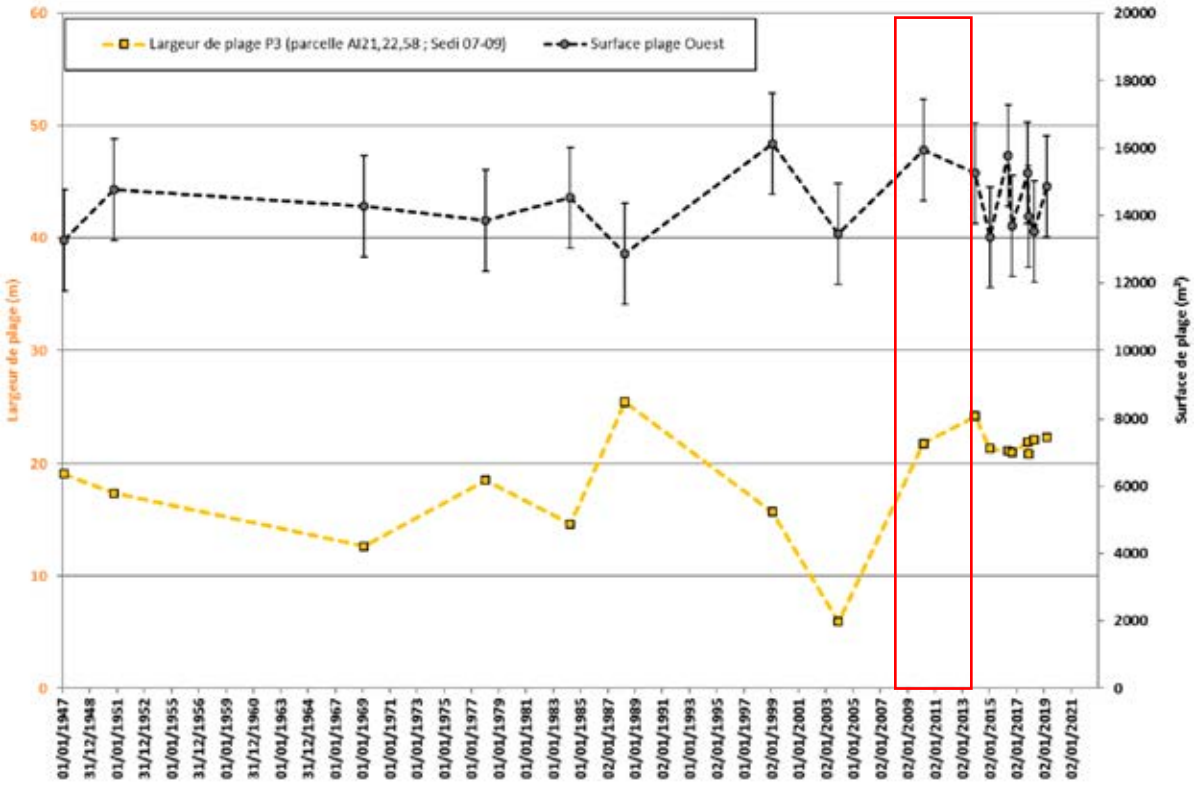


Figure 1.7. Evolution de la surface et de la largeur de la plage immédiatement adjacente au site d'Emeraude Plage (P3 sur la figure 2.9). La figure montre la largeur de la plage (en jaune) et la surface de la plage entière jusqu'au côté ouest du promontoire de l'hôtel Eden Rock (en noir). Les périodes de régénération de la plage en 2009-2011 sont indiquées dans l'encadré rouge.

Effets de l'ouragan Irma sur les plages de Saint-Barthélemy

Enfin, les effets de l'ouragan Irma sur les plages de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin ont fait l'objet d'une étude fouillée, qui donne des explications précieuses sur l'évolution du système côtier et sur la vulnérabilité des constructions Tony Rey, Thomas Candela, Matthieu Péroche et Frédéric Leone, « Changements côtiers et inondations suite au passage d'un ouragan extrême (Irma, 2017) aux Petites Antilles », EchoGéo 51/2020, en annexe 4).

1E-3 Récif frangeant

La baie de Saint-Jean est bordée d'un grand récif frangeant discontinu d'une surface de 5,2 hectares. La zone principale du récif commence à environ 165 m directement au niveau d'Émeraude Plage. Ce récif est une formation corallienne classique. Il remplit plusieurs fonctions importantes pour la baie de Saint-Jean. Les récifs frangeants brisent la force des vagues - un récif vivant peut réduire la force des vagues jusqu'à 90%. Cela crée une eau plus calme à l'intérieur du récif qui, à son tour, dépose du sable sur la plage et les fonds marins proches du rivage. En outre, en brisant la force des vagues, les récifs réduisent le risque de submersion marine par l'effet des vagues de tempête. Le récif est également important pour la biodiversité, la pêche, le tourisme et les loisirs puisqu'il est utilisé par les surfeurs, les véliplanchistes et les adeptes du paddle-board.

`

Avant 1980, le récif était dominé par des colonies vivantes et massives de corail elkhorn, *Acropora palmata*, qui formaient une structure continue de type brise-lames. Cependant, la plupart des *Acropora* des Caraïbes ont été décimés par une maladie au début des années 1980. Ces écosystèmes ne se sont jamais rétablis au cours des 40 années qui ont suivi l'apparition de la maladie. Aujourd'hui, le récif est constitué d'un squelette massif d'*Acropora* sur lequel se sont établies des colonies de coraux plus petits et des algues. De petites colonies *d'Acropora palmata* étaient présentes sur le récif en août 2023 (Figure 1.3).

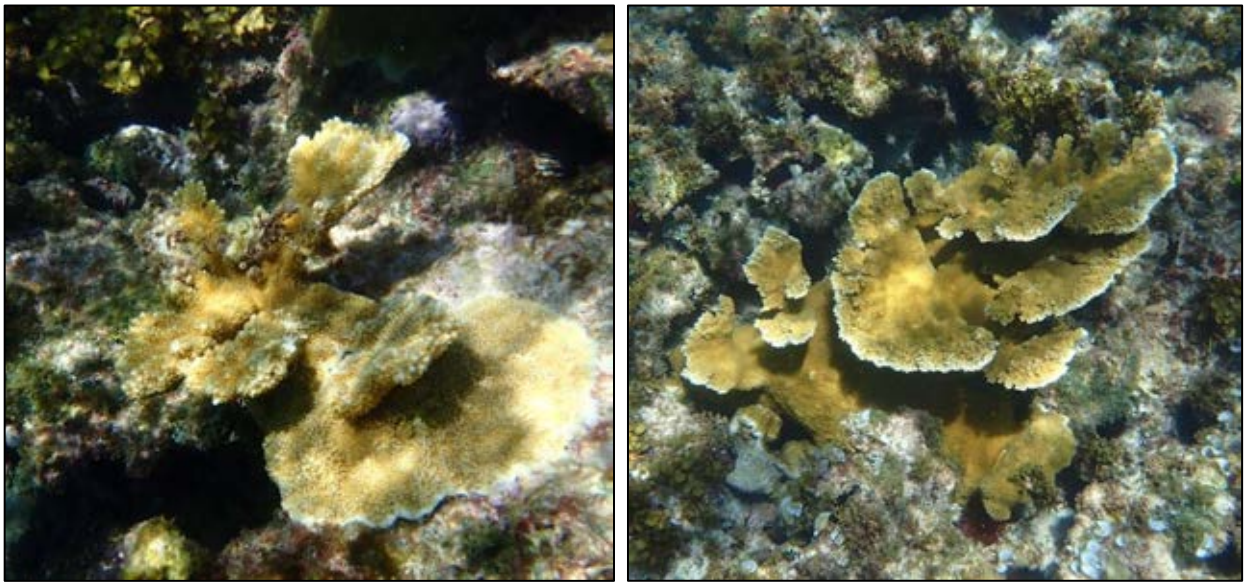


Figure 1.8. Small living colonies of Acropora palmata (in yellow) that has established itself on a skeleton of the same species.

La partie du récif située du côté du rivage est dominé par des algues, principalement *Turbinaria et Dictyota spp*, qui couvrent 90% de l'espace disponible et sont particulièrement dominantes sur les affleurements de récifs peu profonds dans la baie (Figure 1.4 (a, b)). La partie centrale du récif est un mélange d'algues, de petites têtes de corail (notamment Porites et Diplora) et de gorgones (gorgones et tiges de mer) (Figure 1.4 (c, d)). Le récif postérieur est nettement plus sain, avec une couverture algale plus faible et un substrat dominé par des gorgones qui prospèrent dans des eaux plus agitées où les courants sont plus forts (figure 1.4 (e, f)).

L'ouragan Luis de 1995 a eu des effets majeurs sur la structure récifale de la baie de St Jean et est considéré par beaucoup comme un seuil de référence car la tempête a brisé la structure récifale et a tué et endommagé les coraux vivants et les habitats marins restants. Les coraux morts ne résistent pas aussi bien aux tempêtes et aux vagues que les coraux vivants et le récif de St Jean aurait été particulièrement vulnérable à la tempête. L'ouragan Irma en 2017 n'a pas été aussi violent pour le récif restant (Bouchon, présentation 2019). En 2005, un épisode de blanchiment sévère a touché jusqu'à 40 % des colonies et un quart des coraux sont morts dans certaines baies (Brosnan et al., obs. pers.). On sait que le développement et le ruissellement associé aux tempêtes (contenant en particulier des nutriments et des polluants) et l'envasement pendant la construction endommagent les coraux et conduisent à une augmentation de l'abondance de la couverture algale. Bien que ces impacts aient été observés et signalés de manière anecdotique à Saint-Barthélemy, aucune donnée corrélative à long terme n'était disponible.

Entre 2002 et 2006, la couverture corallienne a diminué. De 2007 à 2012, la couverture corallienne est restée faible, mais semble relativement stable, et généralement conforme à la

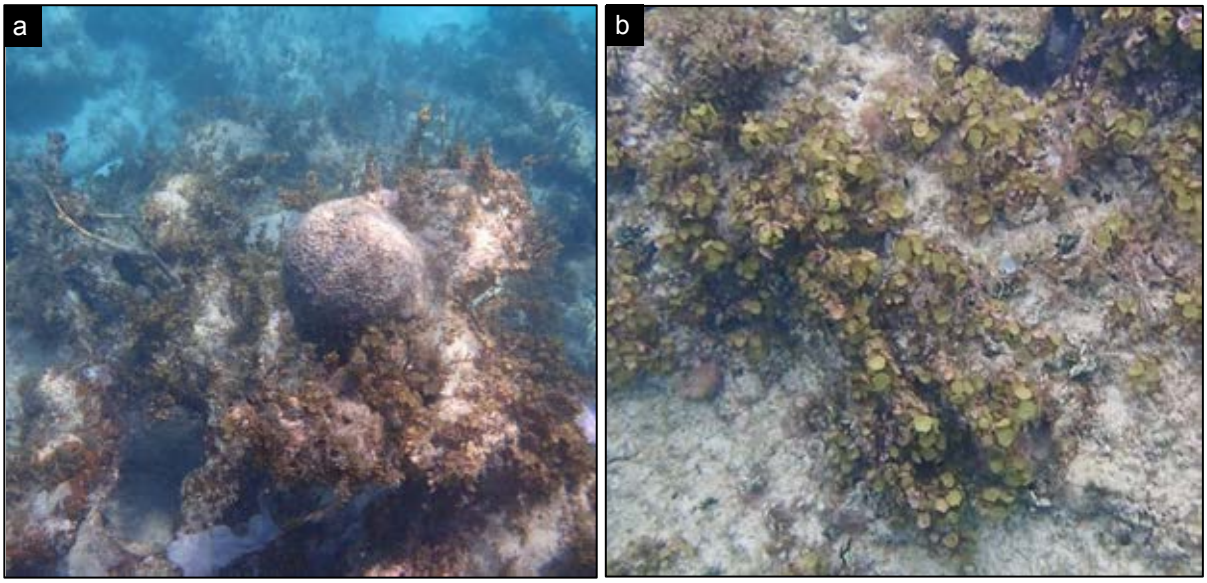
`

moyenne de l'île d'environ 16 % de couverture corallienne. Pendant ce temps, l'abondance des algues a continué à augmenter. Sur les récifs en patchs de la baie de St Jean, une couverture corallienne d'environ 90% a été enregistrée (Brosnan et al 2008, pers obs 2019), tandis que l'abondance moyenne sur les récifs hors réserve a été enregistrée à plus de 60%, ce qui est toujours considérablement plus élevé que la moyenne régionale de 15,3% (Schutte et al., 2010). Lors des études menées en août 2023, alors que les températures de l'eau ont été exceptionnellement chaudes dans toute la région, plusieurs coraux blanchis ont été observés dans la baie de St Jean.

La détérioration du récif protecteur contribue à l'érosion de la plage, ainsi qu'à sa vulnérabilité aux ondes de tempête.

1E-4 Poissons de récifs coralliens

La biodiversité et l'abondance des poissons de récifs coralliens restent faibles dans la baie de St Jean et du côté de l'île. Les Haemulidae (grunts) et les Pomacentrida (demoiselles) représentent 75% des espèces recensées (Brosnan et al 2002), suivis par les poissons perroquets qui s'alimentent sur le récif. En petits bancs ou en tant qu'individus. La biomasse est également faible ; en 2012, la biomasse de poissons commerciaux (vivaneau et mérou uniquement) était de 47 g/100 m2 en dehors des zones de réserve. La biomasse des principaux poissons herbivores (poissons-perroquets et poissons-chirurgiens) est restée inférieure à 500 g/100 m2 (PARETO, 2012). La diversité des poissons semble diminuer. L'étude la plus récente publiée par PARETO (2012) a révélé que la biodiversité des poissons avait diminué entre 2005 et 2012. En outre, la densité des espèces de poissons dans les baies hors réserve est passée de 49 espèces (Bouchon et al 2006) à 21 (PARETO, 2012). Ces niveaux sont bien inférieurs à ceux des îles voisines. Les habitats sablonneux de la baie constituent un terrain d'alimentation pour les raies pastenagues qui sont relativement communes. Cependant, aucune donnée n'est disponible pour indiquer une tendance à l'abondance de ces espèces.



`

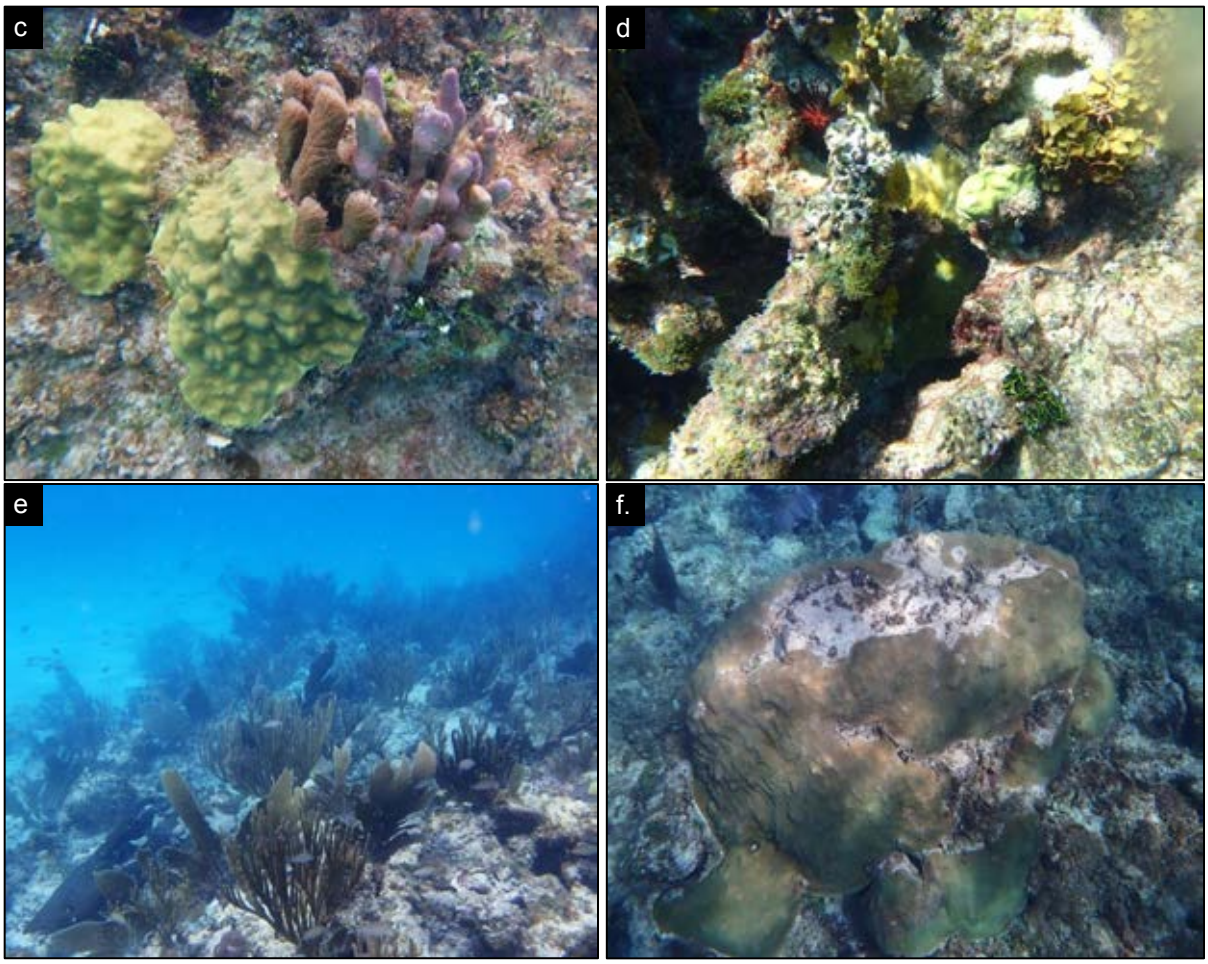


Figure 1.9. Examples of the benthic community on (a, b) the inner reef, closest to shore, dominated by algae; (c, d) the middle reef, still dominated by algae with some small coral colonies; and (e) the outer reef, hosting considerable numbers of gorgonians and soft corals, as well as some larger stony corals such as (f) Orbicella faveolata.

1E-5 Les herbiers marins

Les herbiers marins fournissent des services écologiques essentiels, notamment des habitats d'alevinage pour les poissons d'importance commerciale et récréative, le cycle des nutriments, la protection du littoral et la structure du réseau trophique (Hemminga et Duarte, 2000 ; Orth et al., 2006 ; Maxwell et al., 2016). Elles constituent également une importante source de nourriture pour les tortues de mer et fournissent un habitat et de la nourriture pour les conques (L. gigas) (Marquez et al., 2016 ; Stringell et al., 2016). Les herbiers marins réduisent l'énergie de l'eau, piègent le sable et le retiennent dans le système, et agissent comme un filtre à particules. Il a été récemment prouvé que les herbiers jouent un rôle dans la réduction des microbes et des agents pathogènes (Harvell, 2020).

La baie de Saint-Jean compte trois espèces principales d'herbiers marins. -
- *Thalassia testudinum*, l'herbe à tortue, l'espèce dominante présente
- *Syringodium filiforme*, l'herbe aux lamantins
- *Halophila stipulacea* - Espèce introduite de l'océan Indien qui a colonisé les Caraïbes.

`

Les prairies d'herbes marines sont plus abondantes et plus étendues du côté de Nikki Beach dans la baie de St Jean et au large de l'aéroport. Cependant, plusieurs parcelles d'herbes marines se trouvent à proximité des récifs coralliens, y compris au large d'Emeraude Plage. Une analyse historique (Brosnan et al 2008 a,b) à partir de photographies et d'interprétations aériennes indique que la distribution et l'abondance des herbiers ont diminué. Il n'est pas possible d'attribuer à un seul facteur de causalité le déclin de l'abondance des herbiers marins. Il s'agit très probablement d'une combinaison de différents facteurs, certains naturels et d'autres causés par l'homme. Il s'agit notamment des ouragans qui peuvent arracher les herbiers marins, du développement et de la dégradation de la qualité de l'eau. Toutefois, les herbiers marins existants se sont révélés sains et utilisées par les conques et les tortues de mer.

Figure 1.10. The three main species of seagrass present within St. Jean Bay, (a) Thalassia testudinum, (b) Syringodium filiforme, and (c) Halophila stipulacea (Source: WCS, 2016)

1E-6 Conque

Le strombe géant ou lambi (*Lobatus gigas*) est une ressource marine importante d'un point de vue écologique et commercial dans de nombreux pays des Caraïbes. La pression de la pêche dans la plupart de ces pays a causé des réductions significatives de ses populations (FAO, 2012). Depuis la mise en place de la réserve naturelle, la conque s'est rétablie dans la baie de St Jean (principalement du côté de Nikki-Beach), probablement par un effet de débordement de la réserve. On les trouve sur l'herbe marine dans la baie de St Jean, bien qu'elles n'aient pas été observées à des densités élevées, elles sont constamment présentes dans l'habitat. PARETO (2012) a signalé que la densité de conques a diminué et que le nombre de conques dans les zones de la réserve de Saint-Barthélemy est tombé sous le seuil de récupération. Dans un rapport de 2016 de la Wildlife Conservation Society (WCS, 2016), les auteurs ont noté que le zinc et le cuivre réduisent le recrutement des conques juvéniles et provoquent l'échec de la reproduction (NMFS, 2014).) et que de fortes concentrations de cuivre ont été récemment observées dans les salines de St-Jean (de 35 à 50 µg. kg-1), légèrement supérieures au premier seuil de contamination fixé par le gouvernement français (Tollu & Yvon, 2015). La ou les sources potentielles de cette pollution n'ont pas été identifiées. De plus, un parasite de type Apicomplexa a été trouvé dans la glande digestive de la population de strombes géants (Aldana Aranda et al. 2011), ce qui pourrait potentiellement réduire leur capacité de reproduction. Dans l'ensemble, il semble que la densité de conques ait atteint un niveau critique.

1E-7 Tortues marines

Autrefois chassées pour leurs œufs et leur viande, les tortues marines sont aujourd'hui protégées à Saint-Barthélemy et dans les Caraïbes. Cinq espèces ont été observées à Saint-Barthélemy :
- Tortue verte (*Chelonia mydas*)
- Tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*)

`

- Tortue caouanne (*Caretta caretta*)
- Tortue luth (*Dermochelys coriacea*)
- l'olivâtre (*Lepidochelys olivacea*).

Les mesures de protection mises en place dans les Caraïbes ont permis le rétablissement de plusieurs espèces de tortues marines dans la région. Aujourd'hui, les tortues imbriquées (juvéniles et adultes, jusqu'à 7 individus recensés par nage) et, dans une moindre mesure, les tortues vertes (Figure 1.6) vivent dans les eaux de la Baie de St Jean.

Figure 1.11. Green turtles graze on seagrass in St. Jean Bay

Les données historiques sont principalement constituées de relevés sur les sites de nidification, Cependant, l'ATE (agence territoriale de l'environnement) a récemment lancé un programme de surveillance en collaboration avec le RTMG (Réseau des tortues marines de Guadeloupe). L'ATE rapporte que 5 tortues imbriquées ont niché dans la baie de Saint-Jean entre 1982 et 2016 (rapporté dans WCS 2016). S. Greaux (Directeur ATE communication personnelle avril 2020), a rapporté que deux nids de tortues imbriquées ont été enregistrés en 2015 et 2017 respectivement, l'un en face de Nikki Beach (sur le côté E de la plage) et l'autre sur la plage près de la piste de l'aéroport, mais nous n'avons pas trouvé de données indiquant une nidification directe dans la zone d'Emeraude Plage. Le développement intensif d'hôtels et de villas, la construction de digues, le manque de végétation appropriée et l'utilisation de lumières rayonnantes la nuit sur la plage - que l'on retrouve sur la plage de St Jean - sont des obstacles majeurs à la nidification des tortues marines.

1E-8 Reptiles

Selon plusieurs sources (ATE, WCS 2016, Breuil et al. 2009a, 2009b, Questel, 2012 ; RNSM et SPAW-RAC 2016, et WCS 2016), les reptiles suivants sont présents à Saint-Barthélemy :

- Sept espèces de tortues : Deux espèces de tortues terrestres (en plus des 5 tortues marines) : la tortue à pieds rouges (*Chelonoidis carbonaria*), et la tortue à oreilles rouges (*Trachemys scripta elegans*),
- Deux espèces de geckos : le gecko domestique (*Hemidactylus mabouia*) et (*Thecadactylus rapicauda*),
- Deux espèces de sphaéro *: Sphaerodactylus parvus* et S. *sputator*.
- Deux espèces d'iguanes : l'iguane des Petites Antilles (*I. delicatissima*), une espèce endémique
- et les espèces menacées, ainsi que l'iguane commun (I*. iguana*), une espèce invasive.

`

- Quatre espèces d'anoles : une endémique (*Ctenonotus gingivinus*), et trois exotiques (*Deiroptyx equestris, Norops sagrei, Anolis carolinensis*),
- Une espèce d'ameiva - *Pholidoscelis plei*
- une espèce de scinque - *Spondylurus powelli*
- Une espèce de lézard - *Gymnophthalmus underwoodi*,
- Quatre espèces de serpents - *Alsophis rijgersmaei, Pantherophis guttatus*), *Ramphotyphlops braminus, Antillotyphlops annae* (endémique de St-Barthélemy).

Parmi ces espèces, seules les populations d'iguanes ont fait l'objet d'un suivi approfondi. L'iguane indigène des Petites Antilles est menacé par un iguane envahissant. Des populations d'iguanes indigènes ont été observées dans les collines autour de St Jean.

Figure 1.12. Examples of reptiles in St. Barthelemy, including (a) Chelonoidis carbonaria, (b) Trachemys scripta elegans, (c) Hemidactylus mabouia, (d) Sphaerodactylus sputator, (e) Iguana delicatissima, and (f) Spondylurus powelli.

1E-9 Végétation

La végétation naturelle des dunes du front de mer de la baie Saint-Jean est dominée par le raisin de mer (*Coccoloba uvifera*). Les plantes sont adaptées au soleil, à la sécheresse et à l'environnement salin. Cependant, le développement d'hôtels et de villas le long du front de mer, y compris à l'ancienne Emeraude Plage, a donné lieu à un environnement plus paysager. Certains aménagements ont conservé une plus grande partie de la végétation indigène, d'autres non ; certains comportent plus d'infrastructures que d'aménagements paysagers et/ou plus d'espèces ornementales. Le gaïac (*Lignum vitae*), une espèce endémique et menacée, se trouve le long de la baie de Saint-Jean, typiquement derrière (à l'intérieur des terres) les plantes dunaires, et plusieurs d'entre elles ont été observées sur la propriété d'Émeraude Plage (avant le développement). Depuis plusieurs années, St Barth Essential mène des études sur l'abondance et la distribution de la végétation indigène et s'efforce de conserver les espèces endémiques et indigènes.

`

Le site d'Emeraude Plage consiste aujourd'hui en un terrain défriché à l'intérieur d'une barrière. Depuis la construction du mur, la scavola, plante des dunes, s'est largement développée du côté de la mer (Figure 1.8).

Figure 1.13. Current beach vegetation (scavola) on the Emeraude Plage site, adjacent to the beach.

1F Contexte socio-économique

Saint-Barthélemy présente les caractéristiques d'une économie tertiaire basée sur le tourisme résidentiel haut de gamme. Afin de préserver l'attractivité de l'île, la Collectivité de Saint-Barthélemy a réaffirmé à plusieurs reprises le positionnement de Saint-Barthélemy comme destination touristique haut de gamme par rapport à un tourisme de masse. L'essentiel de l'emploi est concentré dans le secteur tertiaire, dont une part importante concerne le secteur de l'hébergement et de la restauration, suivi par le secteur du BTP.

1F-1 Le logement

L'île de Saint-Barthélemy fait face à une crise du logement dû à l'essor du développement touristique, laquelle s'est accompagnée d'une forte croissance démographique[4].

Depuis 50 ans, la population de l'île a en effet été multipliée par quatre, passant de 2.491 habitants en 1974 à 10.457 habitants en 2020 (source INSEE).

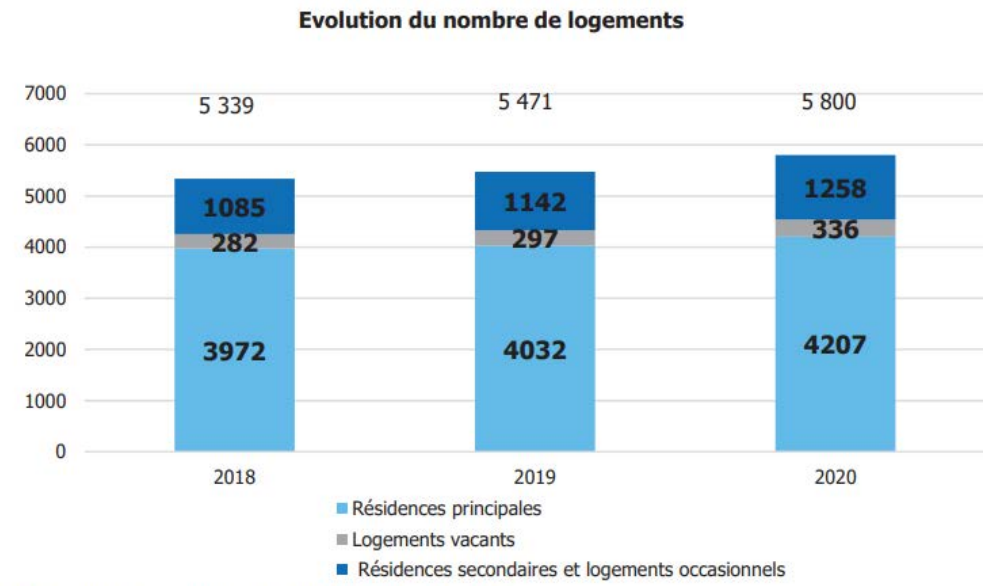
L'augmentation de la production de logements apparaît en grande partie liée au développement touristique de l'île et ne suffit pas à répondre pas aux besoins des habitants.

La dernière enquête de recensement de l'Insee réalisée en 2020 fait état de 5 800 logements à Saint-Barthélemy dont 72,5 % de résidences principales. Les résidences secondaires et les logements occasionnels représentent 21,7 % du parc. Seuls 5,8 % des logements sont vacants. Le nombre de logements à Saint-Barthélemy a progressé de 704 unités depuis 2015, soit une augmentation de 13,8 % en cinq ans. Le dynamisme touristique de l'île explique en grande partie

[4] Cf par exemple l'article de presse suivant : https://www.journaldesaintbarth.com/actualites/politique/la-senatrice-recueille-les-doleances-dune-partie-de-la-population-202309212023.html

`

cette tendance (source : rapport économique annuel 2022, Institut d'émission des départements d'Outre-Mer (IEDOM), Saint-Barthélemy).



Source : Insee - Recensements de la population 2018, 2019, 2020.

Le passage de l'ouragan Irma en 2017 a accentué la crise de logements que connaît déjà Saint-Barthélemy. En effet, l'ouragan a causé d'importants dégâts matériels et la destruction de nombreux logements. Cet événement a conduit à une baisse de l'offre et à une augmentation de la demande -notamment liés au logement de la main-d'œuvre pour la reconstruction- entraînant une hausse corrélative du montant des loyers. En dépit de l'avancée rapide des travaux de reconstruction, les tensions sur le marché immobilier sont encore vives (source : rapport économique annuel 2022, Institut d'émission des départements d'Outre-Mer (IEDOM), Saint-Barthélemy).

Enfin, l'essor des plateformes de location, Airbnb notamment, qui donnent l'opportunité à des particuliers de louer tout ou une partie de leur propre habitation, est susceptible de diminuer le nombre de logements loués à l'année. Face à ces constats, une réflexion est menée par le CESCE sur l'encadrement des loyers vise à limiter l'évolution du loyer d'un logement au moyen de loyers de référence (source : rapport CESCE de Saint-Barthélemy 2019, Etude de l'encadrement des loyers). Ainsi que le synthétise un rapport de novembre 2019 du CESCE, « *Le logement et notamment le niveau des loyers, hors de portée d'une grande partie de la population, est une des principales difficultés à laquelle l'île est confrontée. Cette situation crée des tensions sociales et de voisinage, met des entreprises en difficulté, rendant certains emplois, pourtant essentiels à la vie de l'île, très difficiles à pourvoir* ».

Les pouvoirs publics ont engagé plusieurs actions pour tenter de résorber la crise de logements que connaît l'île.

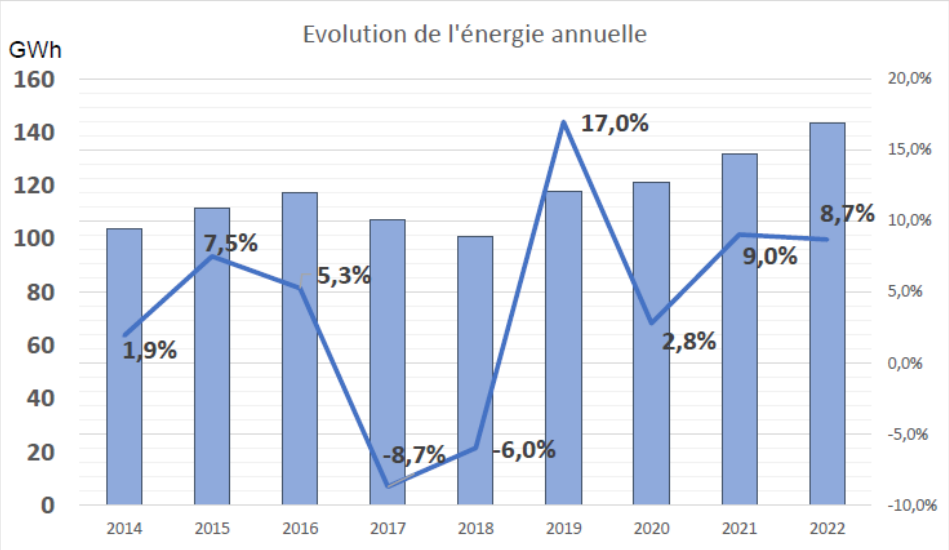
Le Conseil territorial a adopté en juillet 2023 un plan d'urgence en vue de faire face à la crise du logement. Cette situation critique du logement a également amené le CESCE à engager la rédaction d'un projet de code sur les baux d'habitation propre à Saint-Barthélemy.

`

1F-2 Production d'énergie

L'île de Saint-Barthélemy dispose d'un système et d'un réseau électrique qui lui est propre.

En raison du développement économique et de la croissance démographique de l'île, la production d'électricité n'a cessé de croître au cours de la période récente. Depuis 2015, suite au démantèlement de l'usine Aggreko, la production d'électricité à Saint-Barthélemy est en quasi-totalité assurée par la centrale thermique diesel d'EDF située sur la zone industrielle de Public. Elle dispose de deux moteurs de 7.8 MW mis en service en 2013 et de six moteurs de 3.1 MW mis en service entre 1988 et 1995.



Puissance de pointe	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Puissance (MW)	18,6	18,3	18,3	18,9	16,6	18,9	19,2	20,9	21,5
Croissance (%)		- 1,6 %	0 %	+ 3,3 %	-12,2%	+ 13,9%	+ 1,6 %	+ 8,9 %	+ 2,9 %

Source : EDF, cité par la PPE adoptée par la Collectivité le 22 décembre 2022

En l'état, la distribution d'électricité est donc presqu'exclusivement dépendante de l'installation de production d'EDF à Public. Si la multiplicité des moteurs permet de gérer les opérations de maintenance et de faire face à des avaries, cette situation rend l'île vulnérable aux accidents pouvant l'affecter. Un incendie s'est ainsi déclaré le 10 juillet 2023 dans un local de distribution de la centrale et a entraîné un black-out de près d'une heure et demie sur toute l'île.

Afin de faire face au besoin croissant en électricité, la Collectivité a engagé différentes actions.

D'une part, elle s'est dotée, par délibération de son Conseil territorial du 22 décembre 2022, d'une programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) pour les périodes 2024-2028 puis 2029-2033. Cette programmation repose en particulier sur un effort de sobriété en matière de consommation électrique, en particulier dans le bâtiment, sur le développement des énergies renouvelables, notamment le photovoltaïque (objectif 20MW en 2033) et la biomasse liquide (objectif 60MW en 2033) et la modernisation de l'usine EDF de Public.

`

D’autre part, il est ainsi projeté de remplacer trois moteurs de 3,1 MW de la centrale EDF par des moteurs plus puissants, plus performants et compatibles au biodiesel. Cet investissement coûteux est par ailleurs délicat à mettre en œuvre du fait de la taille limitée du site de production, et devrait conduire, pendant les travaux, à utiliser des groupes électrogènes en transition. L’objectif sera par ailleurs d’assurer la protection des moteurs du risque de submersion mis en évidence par l’ouragan Irma.

1F-3 Production d’eau

L'île connaît un déficit chronique d'eau dû à la faible pluviométrie et au manque de ressources naturelles en eau potable (sources et nappes phréatiques).

En 2017, les dépenses d’'investissement de la Collectivité relatives au poste réseaux et infrastructures s'élèvent à 3,3 millions€. Une partie de ce budget est consacrée à l’amélioration du réseau d'eau potable. Des conduites d'eau ont ainsi été changées et des branchements repris, en parallèle des réfections routières. Au 4ème trimestre 2017, la distribution d’eau sur l’île a été perturbée à cause du passage de l’ouragan Irma et de plusieurs phénomènes de forte houle.

Dans le cadre d'un contrat de concession, la Société internationale de dessalement d'eau de mer (SIDEM) produit l'eau potable pour le compte de la Collectivité. Saint-Barthélemy compte une unité de dessalement classique par vaporisation et trois unités de dessalement d'eau de mer fonctionnant suivant le procédé d'osmose inverse.

La Collectivité dispose d'une capacité de stockage de 2 500 m3. Les réservoirs de Colombier et de Vitet stockent chacun 1 000 m3, auxquels il faut ajouter les 500 m3 de l'unité de production.

La distribution de l'eau est assurée depuis août 2013 par le groupe Saur, dans le cadre d'un contrat d'affermage. Le réseau de distribution s’étend sur 53 km de conduites. En 2017, le rendement brut du réseau était de 78,0 %.
La Saur a notamment entrepris des opérations de nettoyage des réservoirs, le renouvellement du refoulement de Colombier, prolongé vers Vitet à fin 2015. Le projet de construction d'un réservoir à Lurin a par ailleurs été mis à l'étude par la Collectivité de Saint-Barthélemy, qui a passé le contrat de maîtrise d’œuvre en janvier 2023 (attributaire Artelia Agence de Guadeloupe). En 2018, la Saur prévoit le remplacement des liners du réservoir de Colombier et de la bâche de Dévet. L’annonce du marché a été publiée en juillet 2023.

La distribution de l’eau a été fortement impactée par l’ouragan Irma, puis la production a connu plusieurs arrêts en raison d’importants phénomènes de houle. La distribution de l’eau sur l’île demeure fortement perturbée. Ainsi, un incident survenu le jeudi 16 mars 2023 a contraint l’usine de dessalement de la Sidem, à Public, à couper sa production le temps des réparations et du nettoyage des équipements. Un arrêté territorial a temporairement limité l’usage de l’eau de ville aux besoins essentiels d’hygiène et d’alimentation.

1F-4 Assainissement

La collectivité de Saint-Barthélemy exerce la compétence d'assainissement sur son territoire.

L'assainissement a fait l'objet d'un zonage via un schéma directeur d'assainissement établi en 2001, distinguant des secteurs qui seront assainis par des dispositifs collectifs (Gustavia) et individuels (reste de l'ile).

`

La construction d'une station d'épuration située à Gustavia s'est achevée en 2012 après deux années de travaux. La réception définitive de la station a eu lieu en juin 2014. Elle a été, jusqu'à fin 2016, exploitée par la Générale des eaux de Guadeloupe (GDEG) au travers de sa filiale Veolia. Elle est reprise par la SAUR depuis avril 2017.

Le nombre d'abonnés au dispositif d'assainissement collectif était faible en 2018 (139 abonnés). La Chambre territoriale des comptes (CTC) a demandé à la Collectivité de Saint-Barthélemy de prendre des mesures incitatives pour que la population se raccorde et ainsi étendre le réseau de raccordement de la station à plus de 600 abonnés.

L'infrastructure de la station, d'une capacité de 3 500 équivalent par habitant (EH), est dimensionnée pour collecter les eaux usées de Gustavia, l'ensemble des matières de vidange issues des fosses toutes eaux, ainsi que les graisses (des restaurants en particulier) et les boues des petites stations d'assainissement non collectif, aujourd'hui collectées par pompage. La technique de traitement des eaux usées est de type membranaire. La station est dotée d'un poste principal permettant de recevoir les eaux usées et de les envoyer vers la station d'épuration, ainsi que d'une digue de protection anticyclonique.

Le schéma directeur d'assainissement fait actuellement l'objet d'une révision, la Collectivité ayant par ailleurs lancé la réalisation d'une étude d'opportunité et de faisabilité pour la construction d'une plateforme de prétraitement des boues issues de l'assainissement et des sargasses et d'une unité de traitement des matières de vidange.

L'assainissement non collectif est pour sa part géré par un Service public d'assainissement non collectif (SPANC), opérationnel depuis 2005. En matière d'eau pluviale, la Collectivité investit régulièrement dans la réfection ou l'aménagement des caniveaux. Il est à noter que la majorité des hôtels de l'île est dotée de mini-stations de traitement permettant une réutilisation des eaux usées pour l'arrosage des espaces verts.

1F-5 La circulation routière

Le nombre de véhicules en circulation a augmenté de +30% entre 2010 et 2015, principalement du fait des deux-roues motorisés (+111%) et des quads (+84%). Il en résulte une congestion du trafic qui affecte à la fois les habitants de l'île et la clientèle touristique. Selon le Comité Territorial Tourisme de Saint Barth (CTTSB), elle a été la principale source d'insatisfaction des visiteurs en 2014. Les embouteillages, certes bien moindres que ceux d'une grande île d'outre-mer, ont un effet amplifié sur un territoire dont la taille est réduite. Enfin, les conflits d'usage de la route entre deux roues et quatre roues (voitures, quads et camions) contribuent à la détérioration des interactions humaines. Une étude de trafic distincte a été réalisée et figure dans la présente étude (section 0). A la demande de la Collectivité, l'étude de trafic repose sur les données recueillies par la Collectivité elle-même entre le 31 décembre 2020 et le 8 janvier 2021, telles qu'elles nous ont été fournies.

Une étude de circulation a été réalisée. Elle figure au Chapitre 3F.

`

CHAPITRE 2.0 DESCRIPTION DU PROJET

2A Localisation

Le projet Emeraude Plage (également dénommé Emeraude St. Barths) a pour terrain d'assiette le site de l'ancien hôtel Emeraude Plage, ce dernier endommagé lors de l'ouragan Irma, sur la plage de Saint-Jean, au nord de Saint-Barthélemy (figure 2.1).

Figure 2.1 Location of Emeraude Plage in St. Jean Bay, St Barthelemy.

La plage de Saint-Jean est un lieu emblématique de Saint-Barthélemy. Elle est la plage la plus développée et la plus touristique de l'île, génératrice d'une source majeure de revenus touristiques pour l'île. La plupart des quelque 200 000 touristes que l'île accueille chaque année fréquentent la plage et les restaurants de Saint-Jean.

La plage est divisée en deux par un ancien promontoire en forme de tombolo (qui fait maintenant partie de l'hôtel Eden Rock). Le site de l'Emeraude Plage se trouve sur la partie la plus large de la plage (côté Ouest). La piste de l'aéroport se termine également de ce côté de la plage.

Depuis les années 1950, avec le développement de l'hôtel Eden Rock par Remy de Hennen, la plage de Saint-Jean est devenue, au fil du temps, l'une des plus développées de St Barth. Quatre

`

hôtels (sans compter Emeraude Plage) sont installés sur sa partie la plus large, en plus de deux clubs de plage. Un centre de sports nautiques (kite-board, planche à voile, surf, etc.) est situé à proximité de l'Emeraude Plage, ainsi que quelques villas privées. L'autre côté de la plage, à l'Est du tombolo, abrite trois clubs de plage, plusieurs maisons privées et un petit centre commercial qui jouxte la plage.

Avant sa dégradation par l'ouragan Irma, l'ancien Emeraude Plage était l'un des principaux établissements hôteliers de Saint-Jean. Composé de 15 bâtiments abritant un ensemble de 24 bungalows, 2 cottages et 2 villas, pour une capacité totale de 35 chambres[5]. L'ancien hôtel faisait partie intégrante de la culture touristique locale.

Plan masse ancien hôtel Emeraude

Vue aérienne ancien hôtel après passage Ouragan Irma

Le projet Emeraude Plage se situe sur le site de l'hôtel original. Ses caractéristiques sont présentées ci-dessous.

2B Paysage naturel : contexte et conditions actuelles

Le terrain naturel adjacent à St Jean est un paysage dunaire typique composé de sable et de végétation indigène. Le Cocoloba, la lavande de mer, les palmiers scavoela et les arbres Gaïac indigènes et protégés sont typiques de ce type d'habitat. La plupart de ces espèces sont encore présentes dans la baie de Saint-Jean, en nombre très réduit en raison de son développement.

La baie possède une barrière corallienne, de petits récifs et des herbiers marins. Les études biologiques montrent que les récifs coralliens sont sérieusement dégradés. Les récifs sont couverts d'algues et il y a peu de coraux pierreux vivants. Les squelettes de récifs morts servent d'habitat à quelques populations de petits coraux et de poissons. La frange extérieure du récif abrite de nombreuses gorgones. Les herbiers marins, bien que moins abondants que par le passé, sont en bon état et se trouvent principalement sur les côtés de la baie. Ils servent d'habitat aux tortues (espèces protégées), aux raies et aux conques (voir le chapitre précédent et le chapitre sur les impacts pour une description complète).

[5] 24 Bungalows avec un total de 27 chambres ; 2 Cottages avec un total de 2 chambres ; 2 Villas avec un total de 6 chambres. Source : exploitant de l'ancien hôtel Emeraude (Geneviève Nouy).
Cf. également la fiche hôtel par Access StBarth et sa description avant fermeture en 2016 : Glitter&Mud

`

Depuis plusieurs années, l'érosion des plages est une préoccupation pour de nombreuses plages de St Barthelemy, en particulier celles de la baie de Saint-Jean (Cf communication de l'Agence territoriale de l'environnement - ATE). Au mois de mai 2009, les propriétaires d'hôtels sur la plage de Saint-Jean, y compris l'Eden Rock, ont sollicité la Collectivité pour faire face à ce phénomène (cf. Chapitre 1E-2)

La saline de Saint-Jean, située derrière la plage, a été restaurée ces dernières années pour retrouver un écosystème de mangrove plus sain. Elle est devenue un lieu de promenade populaire. Pour faciliter la restauration et l'écoulement de l'eau entre l'étang et l'océan, un système de canalisations (quatre canalisations de 20 pouces - env. 50 cm) a été placé sous terre à partir de l'étang et émergent relativement près de la surface de l'eau près de l'hôtel Eden Rock. Bien qu'elles soient traversées par le flux et reflux naturels de l'eau, les canalisations font l'objet d'un nettoyage périodique. Les impacts d'un possible écoulement de sédiments de l'étang vers la baie n'ont pas été étudiés.

La baie de Saint-Jean, ainsi que l'ensemble de l'île de Saint-Barthélemy, est exposée aux risques naturels, notamment aux cyclones, aux tsunamis (rares), aux tremblements de terre et aux effets de l'élévation du niveau de la mer. La détérioration du récif protecteur contribue à l'érosion et à la vulnérabilité de la plage aux ondes de tempête.

2C Caractéristiques du Projet

La SAS ST. Jean Beach Real Estate Invest, maître d'ouvrage, projette la réhabilitation du terrain situé le long de la plage de Saint-Jean à Saint-Barthélemy. Il comportait auparavant les 15 bâtiments de l'ancien hôtel Emeraude Plage. Comme indiqué ci-dessus, ces derniers abritaient 24 bungalows, 2 cottages et 2 villas pour un total de 35 chambres. L'ancien hôtel comportait également un bar et un restaurant :

L'ancien hôtel, endommagé par l'ouragan Irma, n'est plus exploité depuis 2017.

La SAS ST. Jean Beach Real Estate Invest est bénéficiaire d'un bail à construction et souhaite construire un établissement hôtelier 5 étoiles, composé d'un ensemble de villas et de cottages (le Projet). Ce choix correspond à la vocation du maître d'ouvrage, qui développe ce type d'activité. Il permet en outre de répondre de façon optimale à l'ensemble des contraintes règlementaires, environnementales et sociales du site. En effet, eu égard aux contraintes économiques qui s'appliquent au projet, un nombre minimal de chambres a été retenu et ne peut être envisagé qu'avec un service et un aménagement haut de gamme. Ce parti s'avère le mieux à même de

répondre aux contraintes environnementales du site, et aux préoccupations générales de la Collectivité et de ses habitants en matière de services publics (en particulier, distribution de l'électricité et de l'eau potable) et de politiques publiques (notamment, logement et circulation).

Un Permis de Construire (PC 971123 19 00052) a été délivré pour le projet par la Collectivité de Saint-Barthélemy le 19 décembre 2019, ainsi qu'un PC modificatif (PCM) le 3 juin 2021. La présente étude d'impact actualisée a été réalisée à l'occasion de la modification du projet faisant l'objet de l'actuelle demande de permis de construire modificatif (ci-après « le Projet modifié »).

2C-1 Intentions du Projet modifié

Le projet fait l'objet d'une nouvelle demande de permis de construire modificatif, qui a pour objet de modifier assez largement le projet initial, sans toutefois en changer la nature d'établissement hôtelier haut de gamme composé d'un ensemble de villas et de cottages.

Le Projet modifié adopte un gabarit très proche de l'ancien hôtel Emeraude. Il comprendra en effet 38 chambres, un restaurant de plage de 60 places, un espace fitness réservé aux clients de l'hôtel, une boutique et tous les locaux techniques, locaux du personnel et places de parking nécessaires au bon fonctionnement de l'établissement (Voir Figures 2.2 à 2.5).

Le Projet modifié est conforme à la nouvelle réglementation d'urbanisme en vigueur (carte d'urbanisme de Saint-Barthélemy dans sa rédaction résultant de la délibération du 9 décembre 2021, rendue exécutoire le 26 décembre 2021). Plus généralement, le choix retenu par le pétitionnaire a été de concevoir un projet totalement conforme à cette nouvelle réglementation d'urbanisme, sans chercher à se prévaloir des droits acquis attachés au projet autorisé en 2019.

La modification du projet a également pour objet de porter à un degré encore plus élevé la prise en compte des principes de durabilité. Le Projet modifié tient ainsi compte de la nécessité de minimiser la consommation d'énergie électrique, eu égard à la nécessité d'équilibre du système électrique de Saint-Barthélemy, et des contraintes qu'il subit actuellement dans l'attente de sa modernisation et du développement des énergies renouvelables. Il est également conçu pour être autonome en eau potable, tout en minimisant son besoin de production autonome en eau douce. L'objectif a été d'élaborer un projet modifié reconnu pour sa conception durable, sa faible empreinte carbone (en vue de la neutralité carbone) et la qualité de son intégration dans le site et le paysage. Ces éléments sont décrits plus en détail ci-dessous.

Le propriétaire de la société, également propriétaire de l'hôtel Le Barthélemy, situé à Grand Cul de Sac, est en mesure de mutualiser son activité, dans le but d'optimiser l'utilisation des ressources humaines et des espaces, et de minimiser l'impact du Projet en termes de logements saisonniers et de mobilité.

Enfin, le maître d'ouvrage a exprimé sa volonté de contribuer à la réflexion et aux actions existantes et à développer en vue d'une plus grande résilience écologique et environnementale de l'île, en particulier en participant aux programmes de protection des plages et des écosystèmes marins.

`

2C-2 Description du Projet modifié

1 - L'état initial du terrain et de ses environs :

Le site d'étude comprend les parcelles cadastrées AI 21, 22 et 58, d'une surface totale de 12 254 m², le long de la route D209, sur la baie de St Jean de l'île de Saint-Barthélemy (97133).

Le terrain accueillait les quinze constructions de l'ancien hôtel Emeraude et deux maisons d'habitation. Le projet prévoit la démolition des bâtiments de l'ancien hôtel Emeraude (déjà effectué). Les deux maisons habitations existantes, situées sur la parcelle AI22, sont conservées dans le cadre du projet. Les surfaces correspondantes ont été identifiées par le géomètre expert Suire (voir attestation du 10 juillet 2018 jointe au dossier).

Le site est situé entre la route D209 en limite sud et la plage de St Jean.

Il offre un accès et une vue directe sur la plage et la baie au nord.

La zone est principalement occupée par des restaurants et des hôtels.

Le Projet modifié renforce l'objectif de restituer l'esprit du lieu d'origine « plage de l'Emeraude ». Il continue de reposer sur la réalisation de constructions implantées de manière dispersée, favorisant la vue sur la mer et l'accès direct à la plage, à l'intérieur d'un espace généreusement planté.

2 – L'insertion du Projet modifié dans son environnement :

a) L'aménagement du terrain :

Le Projet modifié est conçu dans le respect de son environnement de très haute qualité, en adoptant une approche bioclimatique renforcée.

Le projet architectural, et en particulier l'implantation sur le site et l'orientation des bâtiments, sont principalement déterminés par la prise en compte des facteurs naturels que sont l'ensoleillement, la pluie et les vents dominants.

L'étude de ce contexte naturel a permis d'améliorer l'intégration du projet modifié dans le site et son environnement immédiat, par la création d'un véritable "jardin en bord de mer".

Grâce à la diminution significative de la densité du projet et de son emprise au sol, le projet modifié limite l'imperméabilisation des sols et maximise les espaces paysagers, dans le respect des nouvelles exigences de la réglementation.

Le front de mer est préservé par la réalisation de bâtiments en rez-de-chaussée donnant sur la plage. Le projet comporte trois villas (13 chambres) en RDC avec piscines et vues sur mer, en bordure de la zone DECK.

Des jardins clos à l'arrière des villas créent des liaisons extérieures entre les chambres et autorisent le « *pooling* » en cas de privatisation de la villa. Ils participent ainsi à la densification des surfaces plantées et à l'insertion du projet dans son environnement.

`

Un jardin central à la végétation luxuriante accueille les espaces partagés que sont la piscine principale, le restaurant (environ 60 couverts) et sa cuisine, ainsi que les cheminements piétons distribuant les différents bâtiments.

Les *cottages* (25 chambres) en R+1 n'excédant pas 200 m² d'emprise au sol par bâtiment sont disposés en « deuxième ligne ».

En bordure de la voie s'articulent les locaux techniques et de service en R+1 ainsi que le hall d'accueil, le BOH (back of house – espaces de service), une salle de fitness, les vestiaires du personnel, les locaux techniques et une petite boutique.

Un parking aérien est aménagé d'est en ouest entre les *cottages* et les locaux techniques et de service. 12 places de parking sont ainsi créées en surface, dont certaines sont équipées de bornes de recharge pour véhicules électriques.

Le sous-sol est limité à l'emprise des cottages et à l'arrière du BOH. Son emprise au sol a été réduite d'environ de moitié par rapport au projet initial. Son usage est strictement limité à l'accueil d'une grande partie des locaux techniques nécessaires au fonctionnement de l'établissement ainsi qu'à un parking de 83 places, opéré par voituriers et donc inaccessible à la clientèle.

b) La localisation, l'organisation, la composition et le volume des constructions :

Le Projet modifié se compose de plusieurs bâtiments, implantés de manière dispersée, afin de privilégier la vue sur la mer en évitant un rythme répétitif de constructions, à l'intérieur d'un espace généreusement planté.

Afin de préserver le front de mer, les bâtiments situés sur la plage, au-delà de la zone DECK, sont construits en RDC, dans le respect de la limite de hauteur de 3,50m prévue par la carte d'urbanisme en vigueur.

Les villas de bord de mer et le restaurant construits au rez-de-chaussée s'insèrent dans un jardin intérieur luxuriant afin de préserver la ligne d'horizon de la plage. La création de ce jardin luxuriant permet de régénérer la nature et d'augmenter le confort thermique des habitations en les protégeant du soleil.

Le restaurant, d'une capacité de 60 couverts, a été réduit bien en deçà de la taille nécessaire pour ce type d'établissement et n'aura donc pas d'impact significatif en termes de nuisances pour la plage.

Les bâtiments en R+1, *cottages* et BOH, sont situés dans la zone de hauteurs de 5,50 m prévue par la carte d'urbanisme.
Les BOH situés le long de la voie respectent le recul minimum de 4 m par rapport à l'axe de la voie (règle L = H).

La distribution de constructions distinctes dont l'emprise au sol ne dépasse pas 200 m² permet de revenir à une architecture plus traditionnelle de l'île, inspirée des "cases à vent".
Ce principe permet de limiter l'impact du projet sur le paysage tout en s'harmonisant avec le bâti environnant.

Une bande de terrain de 1,5 m le long de la route sera rétrocédée à la commune de St Barthélémy.

`

Le parking en sous-sol sera géré par des voituriers : il ne sera donc pas accessible au public, afin de permettre son utilisation en toute sécurité face aux différents risques de submersion identifiés et analysés dans l'étude d'impact. Il n'y aura pas non plus d'espace de travail (BOH) dans ce sous-sol, et donc pas de présence permanente de personnel.

Le traitement des toitures, majoritairement à 4 pans avec une forte pente de 30°, s'inspire de l'architecture locale.

L'architecture générale du Projet modifié est à la fois contemporaine et raffinée, mais aussi à l'échelle du site et en parfaite insertion avec son contexte direct.

c) Le traitement des constructions :

Le projet architectural s'inspire de l'architecture traditionnelle locale, avec des éléments architecturaux typiques tels que les débords de toiture, les façades en pierre locale, les façades en bardage bois, les volets à persiennes, les garde-corps ouvragés, les balcons et les loggias.

- Architecture bioclimatique et architecture traditionnelle : Inspiration des "cases à vent".

Datant du XVIIIe siècle, les "cases à vent" ont été construites avec du corail, du bois de mancenillier et du bois de récupération. Elles sont conçues pour limiter la prise au vent.
Ce sont les habitations des habitants vivant "au vent" de l'île.
Elles sont aujourd'hui réhabilitées et alimentées par l'énergie solaire.

- Architecture bioclimatique et efficacité énergétique.

La conception architecturale du Projet de chaque bâtiment vise à réduire au maximum le besoin en énergie électrique.

Les bâtiments du Projet sont équipés d'écrans filtrant la lumière et de protections solaires en façade.
Un système de ventilation traversant et des ventilateurs permettent aux utilisateurs de limiter le recours à la climatisation. Les halls d'entrée et le restaurant de la plage ne seront pas équipés de climatisation et bénéficieront simplement d'une ventilation naturelle.
Les bâtiments sont entourés d'une nature qui les protège du rayonnement solaire.
Les matériaux des façades et des toits sont de couleur claire (bois et pierre) pour éviter la surchauffe.
Un soubassement en maçonnerie permet un ancrage dans le sol pour mieux résister aux aléas climatiques.
Un mur végétal se développe sur toute la façade de la rue. Il s'agit d'une véritable protection solaire sur cette façade sud très exposée ainsi qu'une protection visuelle du BOH et des parkings depuis le domaine public. Il matérialise ainsi depuis la rue l'entrée de ce jardin en bord de mer.

Les logements sont équipés d'un système domotique de type "Green butler" qui informera les clients sur leurs consommations d'énergie, de climatisation, d'eau, d'ECS (eau chaude sanitaires)…
Ces mesures et informations ont pour but de sensibiliser les clients à la réduction de leur consommation et leur empreinte carbone durant leur séjour (favoriser l'utilisation de la ventilation naturelle).

- Architecture bioclimatique et production d'énergie.

`

Des capteurs solaires thermiques et photovoltaïques sont installés sur les toits des cottages et des BOH (R+1) pour produire de l'énergie renouvelable.
Celle-ci alimente les éclairages faibles (paysagers et intérieurs avec différents types d'éclairages LED), les bornes de recharge basse consommation pour les véhicules électriques et les climatiseurs.
L'énergie pour le chauffage des piscines est également 100% renouvelable (récupération de chaleur).

Le groupe électrogène de secours fera également l'objet d'une attention particulière en termes de protection de l'environnement puisqu'il sera alimenté par des huiles végétales.

La cogénération par récupération de la chaleur des équipements techniques sera utilisée pour les pompes à chaleur.

- Architecture bioclimatique et gestion de l'eau : dessalement, récupération des eaux de pluie et réemploi des eaux clarifiées issues de la station d'épuration.

Une usine de dessalement, soumise à autorisation de l'ARS, est destinée à s'assurer que l'établissement hôtelier sera 100% autonome pour assurer ses besoins en eau domestique (le dimensionnement de toutes les installations étant prévu pour atteindre cet objectif).

Les clients seront sensibilisés au caractère particulier de l'île et à la nécessité d'économiser l'eau douce. Les logements seront équipés des équipements sanitaires (WC à double chasse, robinets économiseurs…) et disposeront d'un suivi de compteur d'eau par la Gestion technique du bâtiment (GTB) afin de signaler rapidement toute consommation anormale pouvant provenir d'une fuite.

L'établissement disposera d'un grand réservoir de stockage des eaux de pluie : sa capacité est d'environ 240 m3 (voir notice jointe). L'eau sera collectée sur les toits inaccessibles et acheminée gravitairement vers les citernes. L'eau des citernes sera utilisée pour l'arrosage des jardins. Cette eau sera également destinée à certains usages domestiques (WC) et à la citerne incendie.

Les eaux clarifiées issues de la station d'épuration (STEP) privée sont destinées à l'arrosage, et compléteront également les besoins en en eau sanitaire (WC) après traitement.

Le traitement de l'eau de la piscine sera assuré par un système de filtration "Altipure", avec traitement à l'ozone. Ce système est très économe en eau (faible renouvellement) et permet une utilisation limitée de produits chimiques.

d) Les matériaux et couleurs des constructions :

L'utilisation de matériaux biosourcés et de filières locales sera privilégiée pour réduire l'empreinte carbone du projet.

Matériaux de façade :
Pierre locale des îles de la Caraïbe en base type Coral stone.
Bardage à claire-voie en bois issu de forêts certifiées.
Menuiseries extérieures en bois et vitrage thermique renforcé.

Matériaux de toiture :

`

Toitures à 4 pans (30°) en bardeaux de bois.
Toitures végétalisées (30% max du volume de la toiture), avec épaisseur de terre de 30 cm pour permettre une réelle végétalisation et un renforcement de l'isolation.
Capteurs solaires thermiques et photovoltaïques sur les toitures des cottages et BOH (R + 1).
Pergola bioclimatique en bois de tonalité permettant la protection des baies vitrées et des terrasses.

Matériaux de sol :
Platelage bois pour les terrasses, balcons et plages de piscine.
Grandes dalles de pierre pour les déposes.
Pavés de pierre pour les allées piétonnes et les voies internes pour les poussettes.
Dalles en pierre pour les pas japonais.
Parkings extérieurs et allées traités en Evergreen

e) Le traitement des espaces libres :

Le projet modifié s'intègre au site et au contexte immédiat en réhabilitant la nature et en créant ainsi "Un jardin en bord de mer". Le maître d'ouvrage souhaite travailler en étroite collaboration avec l'Agence territoriale de l'environnement et les pépinières locales, la majeure partie de la végétation prévue étant constituée d'espèces indigènes.

La réduction de la densité du projet initial permet de diminuer l'emprise au sol et ainsi de limiter l'imperméabilisation des sols, optimiser les espaces paysagers, et répondre ainsi aux nouvelles exigences de la réglementation.

Un soin particulier a été apporté à la régénération de la nature en créant un écrin végétal luxuriant composé d'espèces indigènes, réhabilitant le front de mer tel qu'il existait avant l'urbanisation des années 60 sur l'île.

Un jardin central accueille les espaces partagés que sont la piscine principale, le restaurant et sa cuisine, ainsi que les chemins piétonniers.

Des jardins clos à l'arrière des villas côté mer permettent les connexions extérieures entre les chambres et permettent une mutualisation en cas de privatisation de la villa.

Les larges jardinières des balcons des Cottages à l'arrière complètent la composition paysagère luxuriante et participe à la privatisation des hébergements.

Un mur végétal se développe sur l'intégralité de la façade sur rue.
Conçu comme une deuxième peau de façade, une ossature en bois et câbles inox est le support de végétations grimpantes et de jardinières suspendues. Ce « filtre » végétal protège du rayonnement solaire cette façade Sud très exposée et sert d'écran visuel depuis le domaine public.

Enfin les toitures plantées étendent les surfaces plantées jusqu'aux toitures des constructions et participent à leur isolation thermique.

Le respect de la perméabilité du site (53%) permet un drainage naturel du sol.
La réduction du sous-sol par rapport au projet initial favorise l'optimisation des espaces paysagers et plantés et devient conforme à la carte d'urbanisme imposant 60% de surface plantée.

`

Quelques exemples d'espèces indigènes prévues :

- Guaiacum officinale
- Cocothrinax barbadenis
- Jacquinia Arborea
- Scaevola plumieri
- Coccoloba uvifera
- Heliotropiem gnaphalodes

L'irrigation des zones plantées sera assurée à 100% par la récupération des eaux de pluie et par les eaux traitées par la STEP.
Les eaux de la STEP seront diffusées uniquement par goutte à goutte (pas d'aspersion).

f) L'organisation et l'aménagements des accès :

L'accès se fait par la route D209 qui longe la parcelle sur sa limite de propriété Sud.
L'entrée et la sortie de l'établissement hôtelier bénéficieront d'une largeur importante, de l'ordre de 8 mètres sur la route, permettant ainsi de fluidifier les mouvements. Une signalétique adaptée sécurisera au maximum cet accès.

Les clients déposent leur véhicule sur un drop off largement dimensionné (de l'ordre de 15 m par 15m). Un voiturier se chargera de garer le véhicule sur l'un des emplacements du parc aérien ou en sous-sol.

Les clients sont conduits à pied ou en buggy électrique à travers le jardin central jusqu'à leur hébergement.
La rampe d'accès du parking souterrain se situe à l'extrémité ouest de la parcelle en passant par la voie longeant les cottages, les BOH et la boutique.

Un accès dédié au personnel et aux livraisons se situe dans l'angle Sud Est de la parcelle, accessible depuis la voie D209 (seul accès à la parcelle).
Celui-ci dessert la zone de BOH principale (cuisine, livraisons et vestiaires du personnel).
Une zone de départ et d'arrivée des buggy électriques assurant les différentes fonctions de services de l'établissement part de cette même zone de service.

Un cheminement central commun aux usagers ainsi qu'au personnel (à pied ou en buggy) permet l'accès à tous les hébergements et bâtiments du site.

L'accès à la plage se fait par une allée située sur le côté Ouest de la parcelle ou en passant par la zone centrale composée par la piscine principale et le restaurant.
Les clients des villas côté mer ont un accès direct vers la plage.

`

Calcul des besoins en places de stationnement :

	Règlementation	Données du projet		Besoins en parking
Hotel guests	1 place par chambre	38	chambres	38
Hotel staff	40% du nombre de chambres	38	chambres	15
Restaurant guests	3 places/10m²	116	m²	35
Restaurant staff	10% du nombre de couverts	60	couverts	6
Fitness	1 place/35 m²	105	m²	guest only
Retail	1 place/35 m²	35	m²	1
TOTAL				**95**

Places de stationnement prévues dans le projet :
- 83 places en sous-sol
- 12 places en aérien (dont 2 PMR)

Total projet : 95 places de parking.

Vue générale du projet (source AW2)

`

Figures 2.2-2.5

Figure 2.2 PLAN DES TOITURES

`

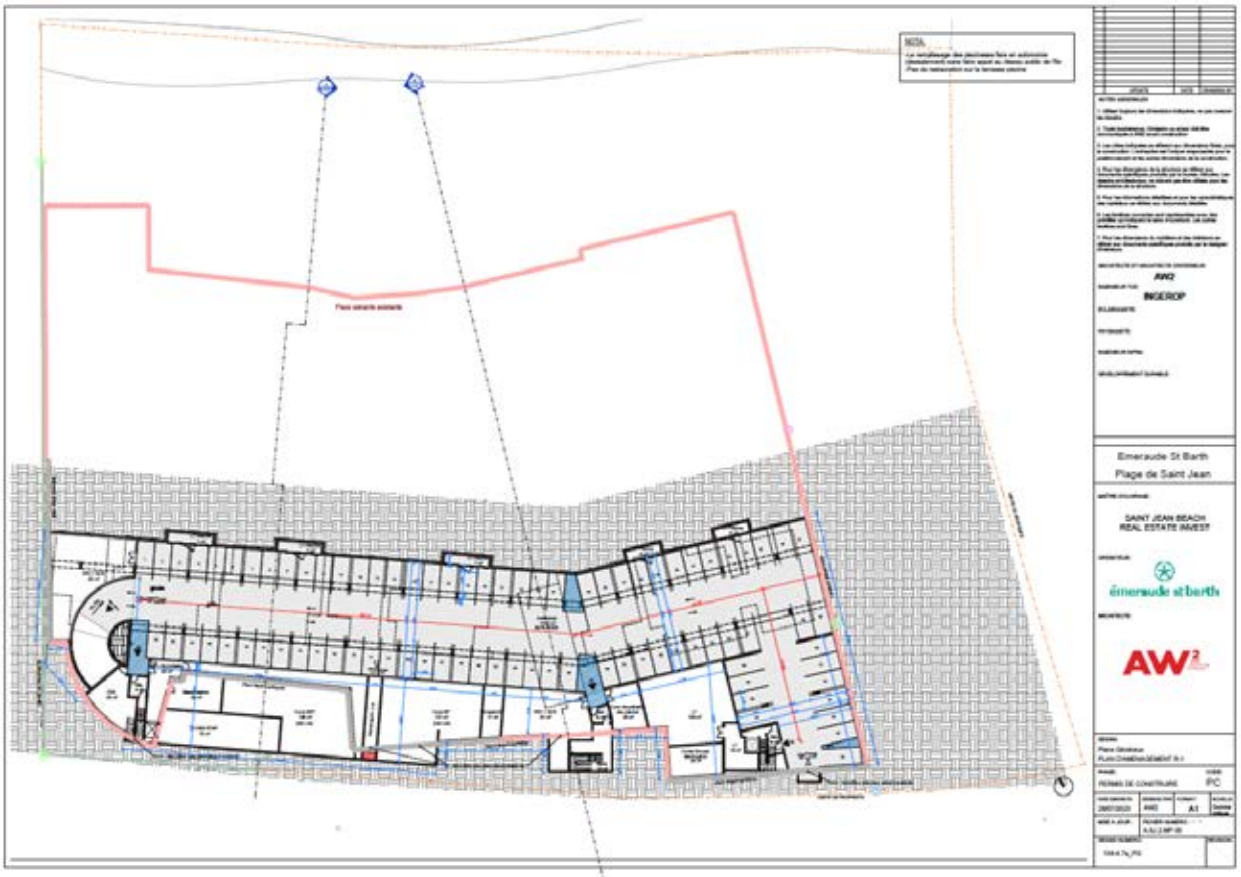


Figure 2.3 PLAN D'AMENAGEMENT R-1

`

Figure 2.4 PLAN D'AMENAGEMENT RDC

`

Figure 2.5 PLAN D'AMENAGEMENT R+1

`

2C-3 Travaux de démolition et de terrassement nécessaires.

Eu égard aux caractéristiques du site, et à la nécessité de prendre en compte sa vulnérabilité aux risques naturels prévisibles relevés au Chapitre 1 (ouragans, tsunamis, tremblements de terre), la réalisation du projet repose sur la création d'une structure de fondation consistant en un massif cimenté prenant appui sur le substrat solide formé par les assises volcaniques.

La solution technique retenue est la réalisation d'une paroi périphérique en pieux sécants ancrée dans le substratum étanche assortie d'un caisson intérieur en *jet grouting*. Le caisonnage ainsi réalisé, qui vient prolonger le substratum solide jusqu'à l'assise des bâtiments, permet de satisfaire aux obligations constructives résultant en particulier de la règlementation parasismique. L'objectif est par ailleurs de s'affranchir de l'aléa liquéfaction des formations sableuses. La solution est « *compatible avec le contexte géotechnique mis en évidence par la campagne de reconnaissances complémentaires* »[6].

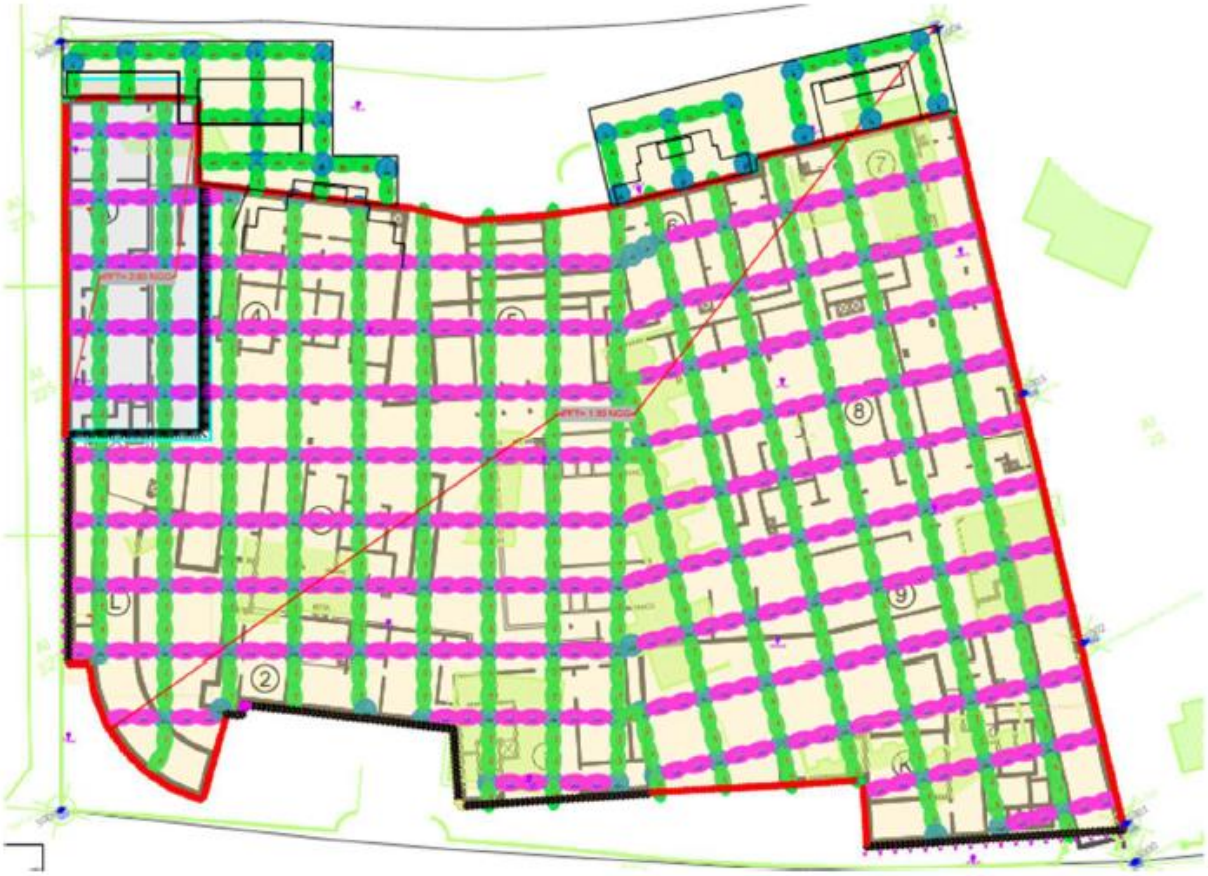


Schéma des fondations : caisonnage sur la hauteur de sol liquéfiable entre les fondations du projet et le toit de la roche volcanique altérée.

Le procédé du *jet grouting* consiste à créer une colonne de sol/ciment résistante formée par l'injection sous haute pression d'un coulis de ciment mélangé in situ au sol déstructurése. Il est mis en œuvre dans le périmètre réalisé par les pieux sécants, sécurisé afin d'éviter la contamination des eaux marines. La portée du jet utilisé est restreinte à 3 m et sera confiné par

[6] Rapport M. Revol, 31 mars 2021.

`

la paroi périmétrique. Le ciment utilisé est un ciment de type Portland, adapté au coulage en eau de mer (cf. plus de détail au Chapitre 2C-4 sur les caractéristiques de ce ciment).

Travaux réalisés sur le fondement du permis de construire de 2019

Une première série de travaux de fondation a été effectuée sur le fondement du permis de construire du 19 décembre 2019, modifié le 3 juin 2021. Il s'agit, après démolition des constructions de l'ancien hôtel Emeraude :

- du nivellement du terrain avec purge des vestiges des ouvrages existants ;
- de la mise en œuvre de la plateforme à +1,5 NGG et localement à +2,6 NGG dans des zones proches de la mitoyenneté ;
- du vibrofonçage des profilés métalliques de la berlinoise sur certaines des coupes depuis +2,6 NGG ;
- du terrassement sur ces mêmes coupes à la PFT de réalisation des pieux à +1,5 NGG avec mise en œuvre du boisage au fur et à mesure ;
- du forage des pieux depuis une PFT à +1,5 NGG sauf pour une coupe avec une PFT à +2,6 NGG et réalisation du caisonnage en jet grouting ;
- de la réalisation des poutres de couronnement en tête des pieux ;
- du terrassement général avec risberme laissée contre les pieux.

Des fosses de pompages ont été créées en fond de fouille, équipées de pompes immergées, dans le but de rabattre les eaux d'exhaure et de les diriger vers un poste de filtration composé d'une bâche métallique munie d'un géotextile. A l'issue du poste de filtration primaire, les eaux ont été dirigées en gravitaire vers un puits d'infiltration situé sur la parcelle AI22. Le sol en place sert de lit filtrant, afin d'empêcher aux fines d'atteindre les eaux de la baie.

Les travaux ont généré un volume important de matériaux extraits, en majorité constitués des remblais en place Rb2 et des sables lâches Fq5.

Les travaux ont été arrêtés à la suite de l'annulation du permis de construire modifié par le jugement du tribunal administratif de Saint-Barthélemy du 23 décembre 2021.

Travaux réalisés sur le fondement du permis d'aménager du 6 juillet 2022

Afin de sécuriser le chantier, des travaux de comblement de la fouille (fossé) et du bassin d'eau ont été réalisés sur le fondement du permis d'aménager du 6 juillet 2022, par les déblais issus des travaux effectués (spoils concassés), constitués du mélange de sable déjà présent sur le site et de ciment Portland, stocké sur la parcelle voisine AI 38.

Travaux restant à réaliser en vue du Projet modifié

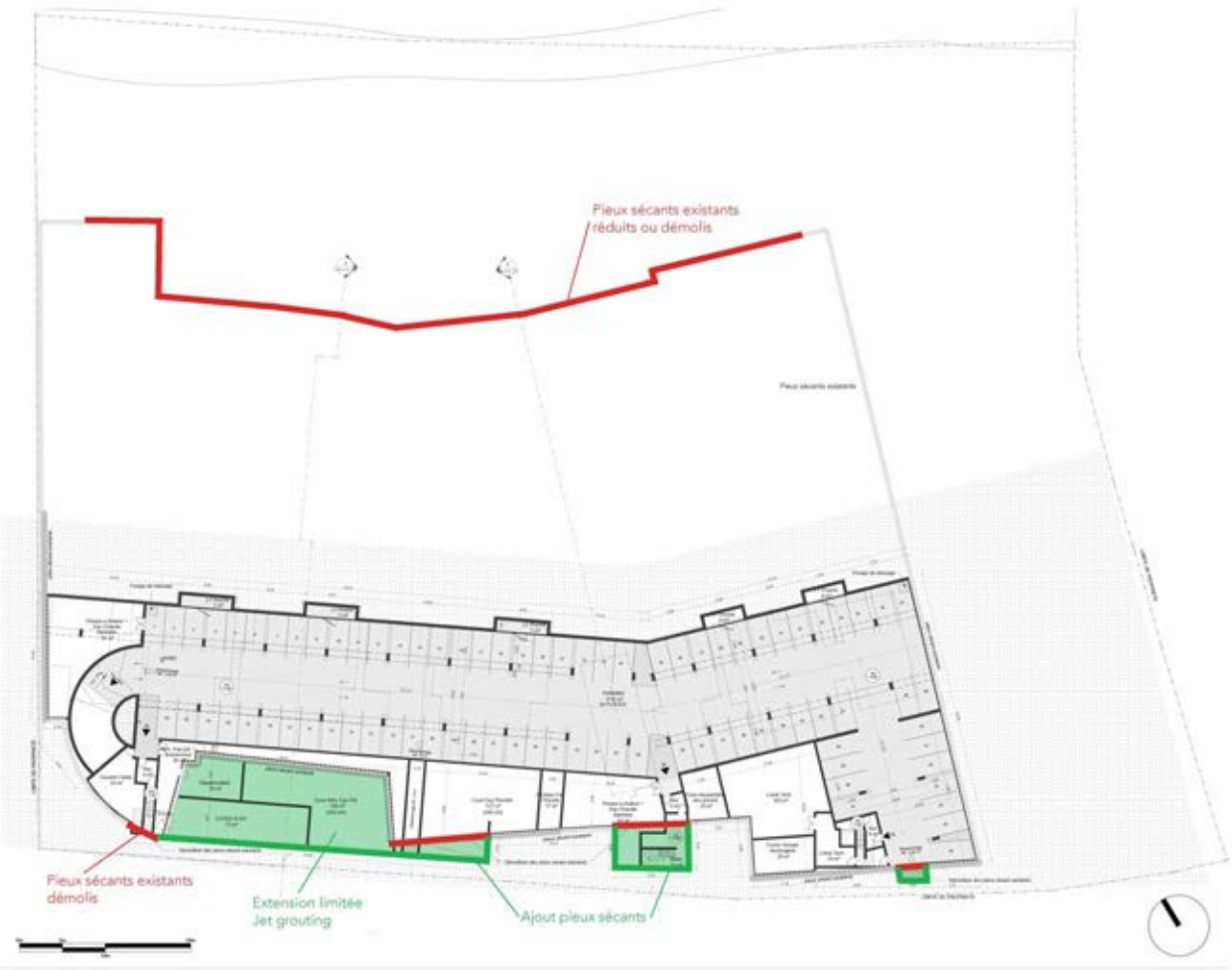
Pour tenir compte des modifications du Projet, il est prévu la mise en place d'un matelas de répartition en tête du caisonnage. Il sera composé de 20 centimètres des sables en place laissés et recompactés. Les fondations des constructions, réalisées quasi exclusivement au droit des colonnes de jet sur un béton de propreté de 5 cm, seront maintenues par des longrines ou voiles croisés selon la configuration.

Le plancher bas de rez-de-chaussée des bâtiments est prévu porté.

`

Les bétons réalisés en infrastructure au contact des terres et de la zone de marnage seront conformes à la classe d'environnement XS3.

Le périmètre de pieux sécant doit être adapté au Projet modifié (côté sud et côté nord), comme indiqué ci-dessous :



Reprise des fondations du Projet (source AW2)

Afin d'assurer la stabilité du sol pendant les excavations pour le mur de pieux sécants modifié, une quantité limitée de *jet grouting* sera nécessaire. Une fois le sol stabilisé, l'excavation et la rupture des pieux sécants existants pourra commencer.

Les nouveaux pieux sécants seront alors formés et liés à l'infrastructure d'origine, avec une dalle porteuse prolongée pour former la zone du sous-sol prévu par le Projet modifié. Le remblayage de l'espace excavé à l'aide des déblais issu des travaux sera compacté en couches avec l'ajout de la terre végétale en épaisseur adaptée à la végétation et aux arbres qui seront plantés le long de la route.

Il est enfin prévu de former des brèches à travers le mur de pieux sécants d'origine afin de permettre un drainage transversal du sol au nord du site, à titre de mesure de protection. Il s'agit

`

en particulier de permettre que les systèmes racinaires des grands arbres ne risquent pas de souffrir de pourriture.

Un minimum de 40 cm de terre végétale organique est nécessaire pour soutenir et entretenir la végétation et les pelouses. Une couche de terre arable plus profonde est nécessaire pour soutenir la croissance des racines des arbres afin d'obtenir un système racinaire qui soutient la structure de l'arbre et recherche l'approvisionnement en eau à l'intérieur du sol.

Fondation de la superstructure

Tous les bâtiments seront fondés sur des dalles en béton armé sur toute leur surface, de sorte que ni les vents violents des ouragans, ni les inondations, ne déstabilisent les fondations d'un bâtiment. Le niveau bas de chaque bâtiment sera rempli et préparé de manière à atteindre la capacité portante requise pour la dalle.

2C-4 Conditions de stockage, réemploi ou élimination des déblais provenant des travaux

Le chantier réalisé sur le fondement du permis de construire du 19 décembre 2019 a conduit à la réalisation des terrassements primaires et d'un fossé d'une profondeur de 4 à 5 m de profondeur, sur environ la moitié de la partie du terrain consacré au projet.

Le sable et le ciment excavés ont été stockés sur le site. Une partie de ces déblais a été utilisée pour remblayer le fossé issu des travaux déjà réalisés (sur le fondement du permis d'aménager du 6 juillet 2022), et une autre est destinée à être utilisée à la reprise des travaux, pour la réalisation du Projet modifié.

Le mélange sable/ciment (*spoil*) ainsi utilisé est donc composé du sable présent sur le site et du ciment Portland utilisé pour les travaux, en particulier pour la mise en œuvre du *jet grouting*.

Le ciment Portland (BS 12 : 1996) est un ciment à usage général produit en usine par broyage de clinker de ciment Portland avec une quantité contrôlée de sulfate de calcium (≤3,5 pour cent SO3) et jusqu'à 5 pour cent de minéraux inorganiques supplémentaires, par exemple des cendres volantes ou du calcaire. Le ciment Portland est fréquemment utilisé dans les environnements marins, car il est considéré comme relativement inerte et non toxique pour la vie marine. Par exemple, le béton de ciment Portland est largement utilisé dans la restauration des récifs (par exemple, Perkol-Finkel et Sella, 2014). Des études associées à des tests de restauration de récifs ont identifié le mélange optimal de ciment comme étant une combinaison de 10 parts de ciment Portland de type I/II pour une part de fumée de silice (Unseworth et al., 2020). Bien que le ciment Portland présente un certain degré d'uniformité, il existe plusieurs types de ciment Portland utilisés dans différentes situations, mais ils doivent tous être conformes aux spécifications et aux normes de composition de établies par l'ASTM (American Society for Testing and Materials)[7].

Les travaux de remblaiement et de sécurisation du chantier autorisés par le permis d'aménager du 6 juillet 2022 ont conduit au remblaiement du fossé avec les déblais concassé issus des travaux.

[7] Norme ASTM, disponible ici
Cette norme internationale a été élaborée conformément aux principes internationalement reconnus en matière de normalisation établis dans la Décision relative aux principes d'élaboration des normes, guides et recommandations internationaux publiée par le Comité des obstacles techniques au commerce (OTC) de l'Organisation mondiale du commerce (OMC).

`

La reprise des travaux générera des déblais dont le volume est évalué à 15 000 m3 (cf. note Ingérop du 13 juillet 2023). Une partie des déblais sera utilisée pour l'achèvement des travaux (remblayage des espaces excavés). L'ensemble des déblais sortant du chantier seront dirigés, sous le contrôle du centre de gestion des déchets de Saint-Barthélemy, en assurant leur traçabilité, vers des centres de traitement autorisés en dehors de l'île de Saint-Barthélemy, sans réemploi sur l'île.

Les déchets issus du démantèlement de certains murs de pieux sécants existants seront recyclés : le béton cassé est utilisé comme matériau de remplissage et l'armature en acier plié est recyclée pour être réutilisée en tant qu'armature nouvellement fabriquée pour la construction.

2D Principales caractéristiques de la phase opérationnelle du Projet

2D-1 Demande et utilisation d'énergie durant les phases de construction et de fonctionnement

a/ Phase de construction

En phase de travaux, l'alimentation en énergie proviendra exclusivement d'un groupe électrogène installé sur le site, d'une puissance de 250 kVA, sans sollicitation du réseau public de distribution d'électricité (chantier autonome).

Dans la mesure du possible, les techniques de construction économe en énergie seront retenues. Ainsi, le démantèlement de murs de pieux sécants existants sera réalisé en utilisant des outils à percussion anti-vibration, qui nécessitent moins d'énergie.

La groupe électrogène mobile sera du type Cat®, Aggreko ou similaire, doté de déflecteurs acoustiques pour réduire le bruit, et fonctionnant au biocarburant, en retenant le type de biocarburant choisi par EDF pour ses nouveaux générateurs, dès lors que celui-ci serait disponible en quantité suffisante. Des groupes électrogènes complémentaires pourront être utilisés pour des opérations de courte durée.

Eu égard aux caractéristiques du Projet, la consommation du groupe est évaluée à environ 52 litres/heure à pleine capacité, ce qui équivaut à 0,6 l/kWh à titre d'indication approximative.
En supposant que la construction dure 18 mois, que le groupe fonctionne 8 heures par jour et 5 jours par semaine, un calcul prudent de la consommation globale de carburant basé sur un fonctionnement total de 3 500 heures à 40 % de la capacité, conduit à l'utilisation de 72 800 litres de biocarburant.

Cette approche prudente permet de déterminer le besoin maximum de biocarburant local. En cas d'impossibilité d'approvisionner la quantité requise, un éventuel déficit devra être comblé par l'utilisation de carburant diesel importé.

Il n'y a pas de dépendance au réseau électrique pour l'énergie pendant la période de construction.

b/ Phase de fonctionnement

Estimation de la consommation électrique

`

La consommation électrique totale du Projet modifié est estimée à 242.352 kWh/an.

	Consommation électrique (kWh/an)		
Simulation de la consommation (en phase AVP)	Référence Hotel 5* Resort Caraïbes (estimation 2019)	Projet Etoile (étude EGIS 2019)	**Projet Emeraude** (phase avant-projet)
Climatisation	498 441	205 165	164 165
Eclairage	129 928	97 187	78 187
ECS	159 417	31 630	25 304
Total	787 786	333 982	**242 352**

L'estimation de la consommation électrique totale a été déterminée en retenant l'hypothèse prudente et conservatrice d'une réduction de 20% par rapport à la consommation du projet initial (autorisé en 2019). L'étude de consommation du projet initial est rappelée en annexe 5 (EGIS, note technique sur la gestion de l'énergie, juin 2020).

En effet, l'ensemble des facteurs vont jouer dans le sens d'une diminution des besoins :

- La diminution de la capacité d'accueil : le nombre de chambre de l'établissement hôtelier est ramené à 38, soit une baisse de 24% par rapport au projet initial, le nombre maximal de clients passant de 100 à 80 (en diminution de 20%). Cette réduction a un effet direct sur les besoins générés par l'ECS, et également en matière de climatisation et d'éclairage ;
- Les gains de performance des équipements, qui permettent de réduire en permanence la consommation, en particulier pour l'éclairage.
- La conception bio-climatique des constructions, le principe constructif de "case à vent" permettant de ventiler naturellement les espaces et le projet comportant la mise à disposition des clients d'un outil de suivi de la consommation et de façon plus générale une sensibilisation à ne pas solliciter l'usage de la climatisation (cf. Chapitre 2C-2 c/ - Traitement des constructions).

La demande de pointe est estimée à 800 kVA.

<u>Provenance de l'énergie nécessaire au projet</u>

L'énergie nécessaire au Projet proviendra des panneaux solaires, de la production sur site assurée par des générateurs d'appoint et de secours et du réseau électrique.

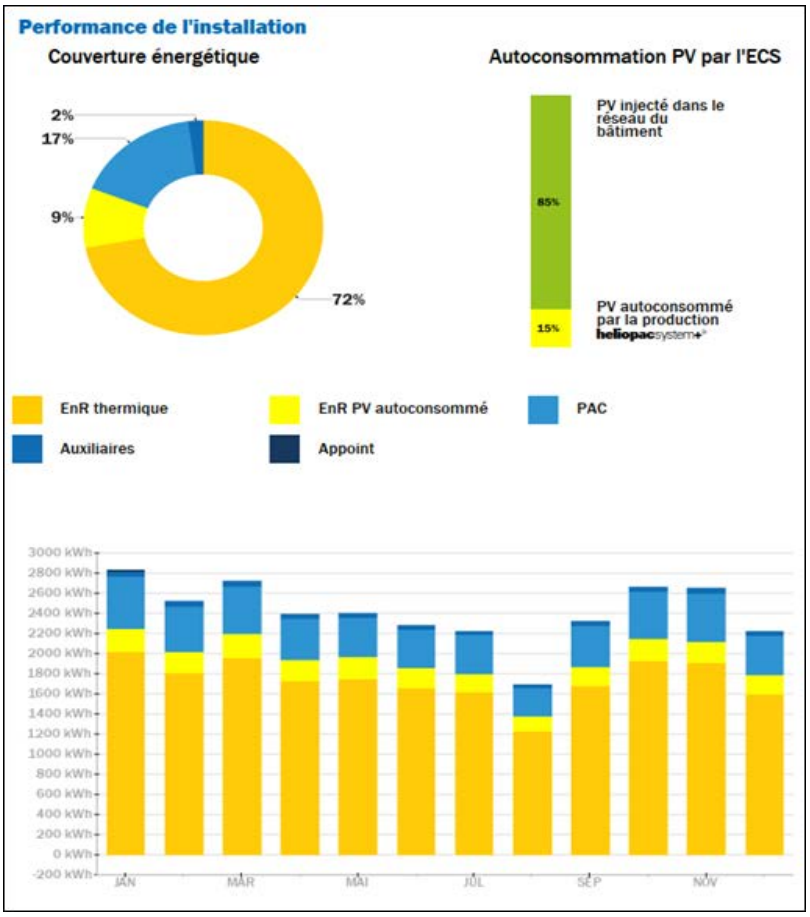
• La capacité de production électrique des panneaux solaires est évaluée à 50.000 kWh/an. Celle-ci ne constitue qu'une partie de l'énergie produite par les panneaux, qui a été calibrée pour assurer la totalité de l'énergie nécessaire à la production d'eau chaude sanitaire, sur la base d'une simulation de la production d'énergie détaillée ci-dessous (***Erreur ! Source du renvoi introuvable.***). La production d'énergie électrique complémentaire (consommation électrique de la pompe à chaleur ECS déduite) d'environ 50MWh/an sera injectée dans le réseau du bâtiment pour être utilisée en auto-consommation.

`

L'hypothèse de consommation d'eau chaude sanitaire à 60°C pour les chambres d'hôtel est de 9440 litres/jour. Le système de production d'eau chaude sanitaire envisagé à ce stade pour les besoins des chambres sera divisé en 4 ensembles comprenant chacun :

- Les capteurs solaires hybrides sur le toit, (type Solerdual de Heliopac, un peu plus de 50m² par ensemble) ;
- Un réservoir de stockage (entre 1000 et 2500 litres) ;
- Une pompe à chaleur pour assurer les besoins de pointe (environ 10kW), alimentées par les capteurs photovoltaïques.

La simulation de ce type d'installation montre que le système de capteurs solaires et la pompe à chaleur auto-alimentée permettent de couvrir l'ensemble des besoins en eau chaude sanitaire des chambres des villas et cottages, et dégagent une production d'énergie électrique utilisable en autoconsommation.



• Lors des pics de demande, le générateur de secours et d'appoint peut être utilisé pour limiter la demande globale sur le réseau électrique, en complément de l'excédent de production d'énergie solaire.

• La sollicitation du réseau électrique public est diminuée du fait de la réduction du besoin en énergique électrique et de la production ENR photovoltaïque assurée par le projet lui-même. Elle

`

est ramenée à 192.352 kWh/an, soit une diminution de près de 47% par rapport au projet initial (sans tenir compte de l'impact du générateur de secours et d'appoint).

2D-2 Gestion et besoin en eau en phase de fonctionnement et en phase de travaux

Comme exposé dans la présentation du projet (Chap. 2C-2, c) Traitement des constructions), la gestion de l'eau a été conçue selon une approche bioclimatique reposant sur le dessalement et la récupération des eaux de pluie. Le maître d'ouvrage met par ailleurs en œuvre une démarche de rationalisation de l'utilisation de l'eau, par des dispositifs de limitation des besoins et de réemploi.

En phase de fonctionnement

Une usine de dessalement, soumise à autorisation de l'ARS, est destinée à fournir 100% des besoins en eau domestique de l'établissement hôtelier en phase d'exploitation (le dimensionnement de toutes les installations étant prévu pour atteindre cet objectif).

En août 2023, INGEROP a réalisé une étude qui évalue les besoins en eau du projet et identifie les mesures proposées par le projet pour optimiser l'utilisation durable de l'eau (en annexe 6). Les détails sont fournis dans l'annexe et les principales conclusions sont résumées ci-dessous.

Calcul prévisionnel de la consommation d'eau

Hypothèses : Les principaux types de prélèvements d'eau essentiels au bon fonctionnement de l'hôtel ont été identifiés et résumés dans le Tableau 2.1. Il s'agit notamment des eaux sanitaires liées à l'hygiène des clients et du personnel, à savoir :

- Eau sanitaire liée à l'activité de restauration ;
- Eaux sanitaires liées à l'activité de blanchisserie ;
- Eau sanitaire pour le nettoyage des locaux ;
- Eau non hygiénique pour l'arrosage des espaces verts ; et
- Eau non hygiénique pour le nettoyage des espaces extérieurs.

Tableau 2.1 Résumé de la consommation totale d'eau par usage

	Qtty	Conso/u.	Litres
Hygiène des clients	80	250,00	20,000
Hygiène personnel	60	100,00	6,000
Restauration du client	200	40,00	8,000
Restauration personnelle	40	22,50	900
Bar de plage	40	10,00	400
Blanchisserie	250	20,00	5,000
Nettoyage des sols	6 600	0,20	1320
Arrosage	6 771	3,57	24,172
Piscine	80	60,00	4,800

Les dispositifs suivants seront mis en œuvre pour limiter au mieux la consommation d'eau : WC à double chasse (3/6 litres) et suivi de compteur d'eau par la GTB afin de signaler rapidement toute consommation anormale pouvant provenir d'une fuite.

`

La consommation d'eau de l'hôtel est estimée à 70 m^3 /jour en période de pointe pour un taux d'occupation de 100 %. La fréquentation de l'hôtel devrait être de 60 % les deux premières années et de 70 % par la suite (la consommation d'eau pour l'arrosage n'est pas affectée par le taux d'occupation) :

- Pour une occupation annuelle de 60 %, cela représente 19 000 m^3 /an.
- Pour une occupation annuelle de 70 %, cela représente 20 700 m /an.

Ces évaluations sont prudentes.

Pour mémoire, le projet initial (établi sur la base de 100 clients, à comparer au chiffre de 80 clients pour le Projet modifié) retenait également une hypothèse de l'ordre de 70 m^3/jour pour un taux d'occupation de 100%. Il retenait ensuite un taux de remplissage annuel de 56% et une approche optimisée, aboutissant à des besoins estimés variant de 17.344 à 11.690 m^3 /an.

Par comparaison, le chiffre évalué pour le projet est de 20.700 m^3 /an, avec un taux d'occupation de 70% (ce dernier incorporant les effets de la fermeture annuelle pendant la période cyclonique, de la fin du mois d'août à la fin du mois d'octobre).

En tout état de cause, l'usine de dessalement est dimensionnée au taux maximum de remplissage de l'hôtel (taux de 100%), avec un coefficient de sécurité.

Provenance de l'eau

Les sources d'eau sont les suivantes :

1. Récupération d'eau de pluie ;
2. Réutilisation des eaux clarifiées issues de la station d'épuration ;
3. Dessalement de l'eau de mer ;
4. Eventuelle réutilisation des vidanges de piscine.
5. Raccordement au réseau concessionnaire d'eau sanitaire.

1. L'établissement disposera d'un grand réservoir de stockage des eaux de pluie : sa capacité est d'environ 240 m3 (sous réserve des autorisations administratives, notamment ARS). L'eau sera collectée sur les toits inaccessibles et acheminée gravitairement vers les citernes. L'eau des citernes sera utilisée pour l'arrosage des jardins. Cette eau sera également destinée à certains usages domestiques (WC) et à la citerne incendie.

La récupération des eaux pluviales permettra de couvrir à elle seule 41% des besoins annuels en arrosage (voir INGEROP, note de gestion des eaux pluviales, juillet 2023, en annexe 7).

2. Réutilisation des eaux clarifiées issues de la station d'épuration

Une station d'épuration des eaux usées (STEP) privée complétera également les besoins en eau d'irrigation et en eau sanitaire (WC) après traitement.

La réutilisation des eaux de la station d'épuration permettra également de produire en abondance l'arrosage des espaces végétalisés situés à au moins 50 m du rivage (soit 2 500 m2 environ sur les 6 771 m2 de surface végétalisée).

`

L'hôtel ne sera pas occupé en septembre et octobre, de sorte qu'il n'y aurait pas d'évacuation d'eau de la STEP. L'arrosage de la zone concernée proviendrait donc soit de l'eau de pluie, soit du dessalement, mais il s'agit des périodes les plus pluvieuses où les besoins sont moindres. La consommation d'eau issue du dessalement est donc limitée aux zones végétalisées situées à moins de 50 mètres de la plage (environ 4 200 m2) pour 59 % des besoins (le reste étant assuré par la réutilisation de l'eau de pluie). Cela représente 3 200 m3 /an au lieu de 8 800 m3 si aucune réutilisation n'avait été mise en place.

3. Dessalement de l'eau de mer

Comme déjà prévu par le permis de construire délivré par la Collectivité le 19 décembre 2019, l'établissement hôtelier sera équipé d'une unité de dessalement destinée à couvrir ses besoins. L'objectif poursuivi est qu'il n'ajoute pas de facteur de pression au réseau public d'eau de Saint-Barthélemy, alimenté par des usines de dessalement soumises à de fortes contraintes d'utilisation (cf. Chapitre 1F-3).

La capacité de production d'eau adoucie retenue est de 80m3 /jour. Pour mémoire (cf. ci-dessus), la consommation d'eau de l'hôtel est estimée à 70 m3 /jour en période de pointe pour un taux d'occupation de 100 %, l'usine de dessalement n'étant qu'une source d'approvisionnement (avec la récupération des eaux de pluie, la réutilisation des eaux claires issues de la station d'épuration et, le cas échéant, la réutilisation des vidanges de piscine).

Le procédé de dessalement retenu est basé sur la technologie de l'osmose inverse, qui est devenu à ce jour le procédé le plus abouti pour le besoin de dessalement de l'eau de mer du projet, fiable et peu consommateur d'énergie électrique (par rapport au procédé de distillation). L'eau de mer est collectée dans un forage déjà réalisé sur le bord de mer, ceci afin de ne pas prélever l'eau directement dans le milieu marin et ainsi réduire les risques d'aspiration d'espèces marines telles que les poissons. Le prélèvement est par ailleurs effectué dans des eaux moins salées que les eaux de mer brutes et déjà « pré-filtrées » par le sable, donc nécessitant moins de traitement. Le fonctionnement à capacité maximale de l'unité de traitement (80m3/j) conduirait à un prélèvement de près de 8,3 m3/h.

Un forage d'essai a été réalisé avant le début des travaux de réalisation de l'ouvrage de prise d'eau, afin d'observer le cône de rabattage et de confirmer que la transmissivité du sol permet d'avoir un débit suffisant. Les résultats de ce forage d'essai figurent en annexe 8.

Le niveau d'eau dans le sol a été relevé entre 1,2 et 2,7 m de profondeur environ au droit des forages de reconnaissance lors de leur réalisation. Les eaux pompées seront donc un mélange d'eaux salines provenant de la mer ou de l'étang au sud de la propriété et seront chargées de fines particules provenant du sol. Un réservoir tampon de 10 m3 est prévu pour le stockage des eaux prélevées.

En aval du traitement, les eaux traitées sont dirigées dans une citerne tampon d'une capacité de 230 m3 (environ 3 jours de consommation en pointe).

Les eaux de saumure sont dirigées vers un puits de rejet, à l'opposé du puits de captage, et à une distance supérieure à 35 m. La concentration en sel sera d'environ 50 g/l en rejet pour un débit de rejet estimé à 120m3/jour. Un second point de rejet sera étudié et réalisé pour venir en complément du puits de rejet initialement prévu.

`

Ce débit est compatible avec la nature du sol, au vu de sa perméabilité (>500 mm/h) et de sa capacité de dilution avant d'atteindre la mer. Une étude a été réalisée afin de vérifier le caractère soutenable de l'impact de la station en conditions réelles dans la durée, du fait des effets sur les eaux souterraines du pompage et du rejet des eaux de saumure (cf. BRGM, Modélisation de l'impact de l'hôtel de l'Etoile sur les écoulements souterrains, Rapport du 17 janvier 2022, p. 23 et s., en annexe 9).

Par ailleurs, des technologies de dessalement thermique et à membrane sont continuellement développées (Omerspahic et al 2022[8]). La technologie de dessalement s'améliore pour maximiser la récupération de l'eau et réduire le volume de saumure produit, en vue d'atteindre à terme un rejet liquide nul et de limiter les effets nocifs sur l'environnement marin. Le maître d'ouvrage procédera à un suivi des technologies opérationnelles disponibles, et étudiera en lien avec la Collectivité l'adaptation de son dispositif de dessalement si des évolutions sont de nature à améliorer significativement la qualité environnementale de l'établissement hôtelier.

4. Le traitement de l'eau de la piscine sera assuré par un système de filtration "Altipure", avec traitement à l'ozone. Ce système est très économe en eau (faible renouvellement) et permet une utilisation limitée de produits chimiques.
En fonction du traitement de l'eau choisi pour les piscines, cette eau pourrait réduire davantage la consommation des stations d'arrosage et de nettoyage des sols.

5. Raccordement au réseau concessionnaire d'eau sanitaire
Le raccordement est nécessaire, mais la production par dessalement (dès son autorisation) se substituera à l'eau de ville issue du branchement au réseau de l'ile pour les besoins d'eau sanitaire.

Eaux usées

Une station d'épuration de type BioRéacteur à Membrane (BRM), d'une capacité de traitement de 200 Equivalents-Habitants (EH), recevra l'ensemble des eaux usées d'origine domestique de l'hôtel. Le procédé BRM est le procédé le plus performant à ce jour : il permet d'assurer une clarification extrême et fiable des effluents, quelle que soit leur qualité initiale. L'enjeu essentiel est la décontamination microbiologique (arrêt des bactéries, algues, parasites divers, voire virus) permettant une réutilisation des eaux usées traitées. Ce traitement permettra d'atteindre les normes de rejet imposées localement.

La plupart des hôtels de bord de mer de l'île ont adopté le traitement par membrane. A notre connaissance, il s'agit notamment de l'hôtel Cheval Blanc, de l'hôtel Eden Rock et de l'hôtel Toiny, ainsi que Le Barthélemy. La plupart de ces hôtels sont équipés de membranes à biodisque.

Il est prévu d'utiliser ce même type de membranes, déjà mises en œuvre pour hôtel Le Barthelemy qui a été premier à s'en équiper à Saint-Barthélemy. Les membranes sont installées dans des tubes, comme dans le traitement par osmose inverse utilisé pour le dessalement. Le reste du processus (prétraitement, bassin biologique) fait appel à des technologies plus conventionnelles.

[8] Omerspahic, M., Al-Jabri, H., Siddiqui, S. A. et Saadaoui, I. (2022). Characteristics of desalination brine and its impacts on marine chemistry and health, with emphasis on the Persian/Arabian gulf : a review. *Frontiers in Marine Science*, *9*, 845113.

`

Le traitement membranaire proposé garantit une qualité de rejet des effluents sensiblement inférieure aux seuils fixés par la Collectivité :

Paramètres	*Normes de rejet*	*Qualité du perméat de filtration membranaire*
DCO	60 mg/l	*< 35 mg/l*
DBO5	35 mg/l	*< 10 mg/l*
NGL	15 mg/l	*< 10 mg/l*
P TOT	5 mg/l	*<3 mg/l*
MES	15 mg/l	*Non détectable*
E. Coli	1 000 UFC/100 mL	*Non détectable*
Coliformes totaux	10 000 UFC/100 mL	*Non détectable*
Entérocoques	1 000 UFC/100 mL	*Non détectable*
NTU	-	*< 5*

Comme indiqués ci-dessus, les eaux clarifiées issues de la station d'épuration, stockées dans le bassin de rétention de 240 m3, sont destinées à l'arrosage des espaces végétalisés, avec captation des nitrates et phosphates. Un suivi périodique du taux de charge des eaux souterraines en nitrates et phosphates sera mis en œuvre, afin de s'assurer de l'absence de risque de diffusions au milieu marin.

<u>En phase de travaux</u>

L'eau potable nécessaire aux travaux sera acheminée sur le site par camion-citerne. Une fois les travaux de sous-sol achevés, l'usine de dessalement pourra être installée et rendue opérationnelle pour desservir les opérations de construction restantes. Il ne sera alors plus nécessaire de continuer à s'approvisionner en eau potable par le biais de pompes et la demande en eau sera réduite auprès du réseau public.

Le pompage des eaux souterraines pendant les travaux d'excavation et d'aménagement des sous-sols passera par un réservoir de filtration et de sédimentation afin d'éliminer les particules en suspension dans l'eau, de sorte que l'eau puisse être réutilisée ou rejetée en toute sécurité par surpompage en vue de recharger les nappes phréatiques à une certaine distance du lieu de pompage, à l'intérieur des limites du site.

Le dépoussiérage sera effectué à l'aide d'eau salée provenant de l'écoulement du réservoir de sédimentation afin d'éviter de solliciter l'approvisionnement en eau potable.

Le drainage des eaux usées des unités sanitaires à destination du personnel de construction sur le site sera temporairement équipé de toilettes chimiques pour la collecte jusqu'à ce que le système d'eaux usées soit opérationnel. Les eaux usées seront ensuite raccordées aux unités sanitaires et évacuées vers la station d'épuration.

Les eaux usées provenant des activités liées à la construction sur le site passeront par un réservoir de filtration avant d'être rechargées dans la nappe phréatique.

`

Les caractéristiques et les engagements identifiés dans ce document seront utilisés comme conditions contractuelles supplémentaires avec l'entrepreneur retenu, qui sera tenu de respecter ces normes pendant la phase de construction, sous la surveillance de l'agent ou du représentant du maître d'ouvrage.

2D-3 Estimation des types et des quantités de résidus et d'émissions attendus, ainsi que des types et des quantités de déchets générés pendant les phases de construction et d'exploitation

Les émissions du générateur électrique sur site passeront par des filtres d'échappement qui réduisent les particules de 95 %, les oxydes d'azote de 90 % et éliminent pratiquement tous les oxydes de soufre, conformément à la réglementation européenne Stage Tier V, qui est actuellement la norme internationale la plus élevée en matière d'utilisation de filtres à particules et de normes pour les engins mobiles non routiers. Une spécification similaire pour d'autres installations à forte consommation d'énergie sera également exigée, comme les engins de levage de pieux.

La production de déchets est très limitée jusqu'à ce que les superstructures du bâtiment soient construites, car presque tous les déchets seront utilisés comme remblai inerte dans la partie inutilisée du sous-sol existant. Les accessoires et les équipements sont emballés dans du papier, du carton et du plastique. Ces emballages seront collectés et séparés sur le site pour être recyclés.

Les caractéristiques et les engagements identifiés dans ce document seront utilisés comme conditions contractuelles supplémentaires avec l'entrepreneur retenu, qui sera tenu de respecter ces normes pendant la phase de construction, sous la surveillance de l'agent ou du représentant du maître d'ouvrage.

2E Evaluation de la vulnérabilité du Projet au changement climatique, notamment au risque de submersion marine et aux autres risques naturels prévisibles

Les îles des Caraïbes sont considérées comme très menacées par le changement climatique en raison de l'évolution de la fréquence et de l'intensité des catastrophes naturelles, telles que les ouragans, les inondations et les sécheresses, ainsi que de l'élévation du niveau de la mer et de l'érosion côtière, qui entraînent une plus grande perte de plages.

Les températures de la mer dans la région des Caraïbes ont été parmi les plus chaudes enregistrées en 2023. À la mi-juillet 2023, la NOAA a signalé que les températures de l'eau dans l'ensemble du golfe du Mexique et dans la mer des Caraïbes étaient d'environ 1-3˚C (1,8-5,4˚F) plus élevées que la normale.
Le blanchiment des coraux (provoqué par des températures plus élevées) a été enregistré dans toute la région - la NOAA a émis une alerte de blanchiment de niveau 2 (le niveau le plus élevé) en août 2023. L'"invasion" de sargasses, bien qu'elle ne soit pas due au changement climatique, est considérée comme exacerbée par celui-ci : le changement climatique a réchauffé les eaux océaniques et donné à l'algue un environnement plus hospitalier pour se développer (Université de Floride 2023).

Les températures globales sur terre ont également fortement grimpé ces dernières années, y compris dans les Caraïbes. Saint-Barthélemy a enregistré une température de 35°C en 2023, la plus chaude jamais enregistrée.

`

Dans le cadre de l'Accord de Paris sur le climat, les pays se sont engagés à limiter le réchauffement climatique à moins de 2°C, en visant 1,5°C. Une récente mise à jour du World Meterological Climate a indiqué une probabilité de 66% de dépasser 1,5°C d'augmentation entre 2023 et 2027.

Dans les Caraïbes, on estime que cela entraînera une élévation du niveau de la mer de 0,3 à 1 m d'ici à 2050, ce qui affectera les 28 millions de personnes qui vivent sur la côte. Le coût des catastrophes naturelles pour les petits États insulaires est énorme, les sécheresses entraînant des pertes chroniques dans l'agriculture et les grands ouragans entraînant l'obligation de dépenser des sommes considérables, sur de nombreuses années, pour en réparer les effets.

Le changement climatique constitue donc un défi supplémentaire pour les iles des Caraïbes, confrontées à l'érosion des plages, la perte de biodiversité et des catastrophes naturelles qui menacent l'industrie du tourisme et ainsi une part importante de leurs revenus.

À Saint-Barthélemy, les événements climatiques passés ont montré que la baie de Saint-Jean est vulnérable aux ondes de tempête, aux inondations et à l'érosion, qui sont toutes exacerbées par l'élévation du niveau de la mer. La vulnérabilité attendue de St Jean aux inondations (Figure 2.6) et les inondations mesurées après l'ouragan Irma (Figure 2.7) sont élevées pour la baie de St Jean. Cette plage a également subi une forte érosion pendant l'ouragan Irma (Figure 2.8) - la tempête ayant endommagé l'hôtel 'Emeraude Plage existant, ainsi que les autres hôtels et propriétés sur la plage de St Jean.

Plusieurs évaluations visant à quantifier et à comprendre les vulnérabilités du site ont été réalisées par Deborah Brosnan and Associates et EGIS en 2020. Bien que les plans de conception de l'hôtel aient été modifiés, de nombreuses conclusions des évaluations de la vulnérabilité sont toujours valables. Ces conclusions sont détaillées ci-dessous et mises à jour pour refléter le plan actuel de l'hôtel Emeraude Plage.

`

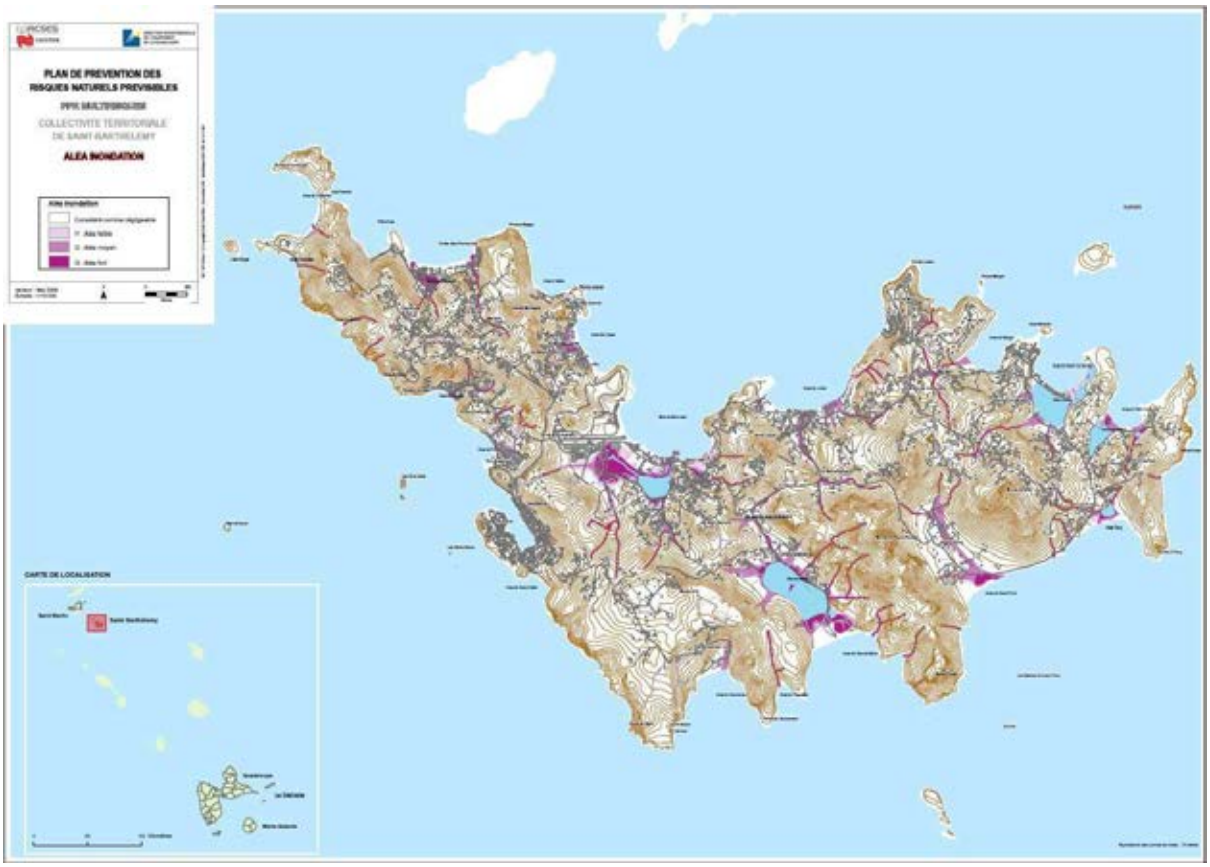
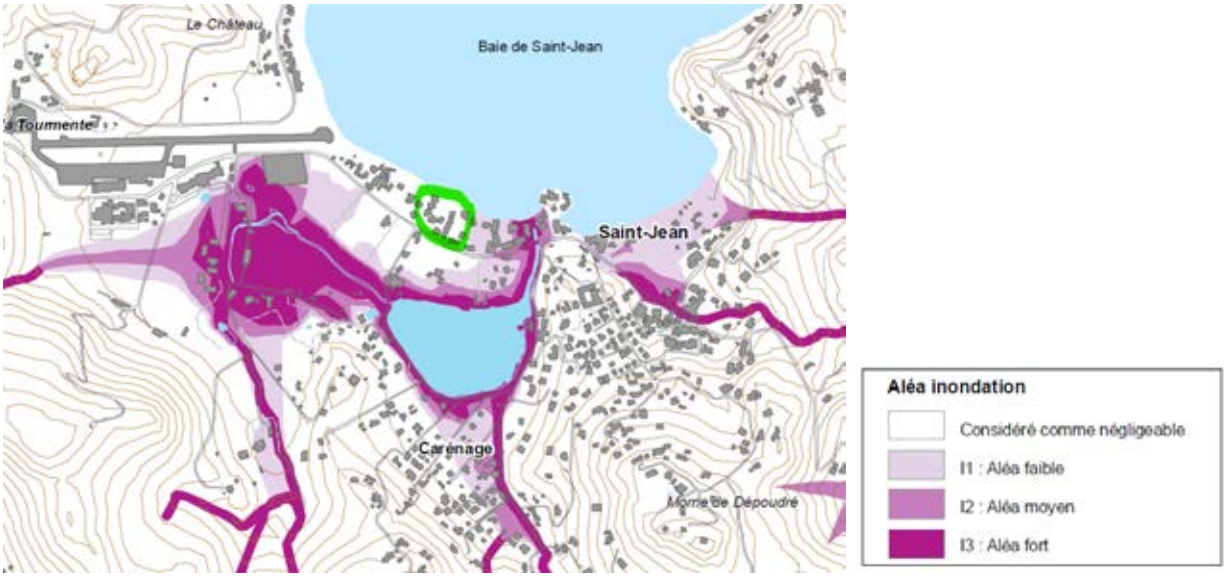


Figure 2.6. *Carte de Saint-Barthélemy montrant les* ***risques d'inondation*** *en cas de catastrophe naturelle.*

Il convient de relever que les parcelles d'assiettes des constructions projetées sont situées en zone d'aléa « considéré comme négligeable ».



`

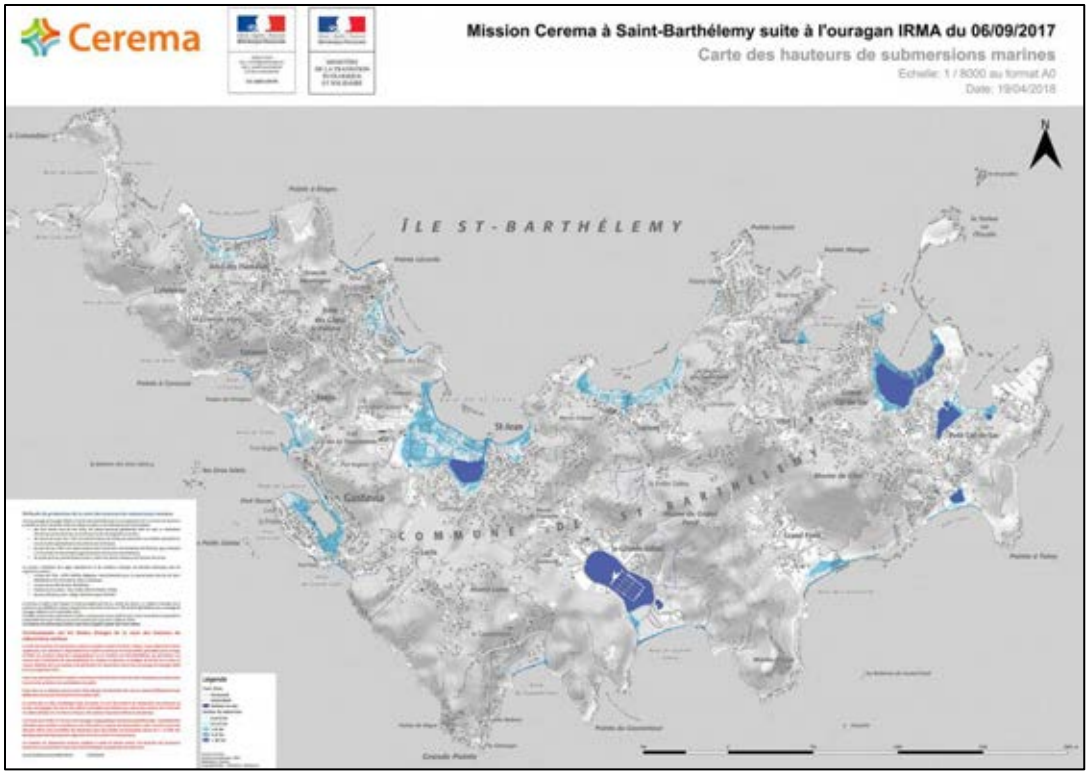


Figure 2.7. *Cartographie des **submersions marines** signalées par le CEREMA lors de sa mission d'expertise post-Irma à Saint-Barthélemy*

(source: www.CEREMA.fr)

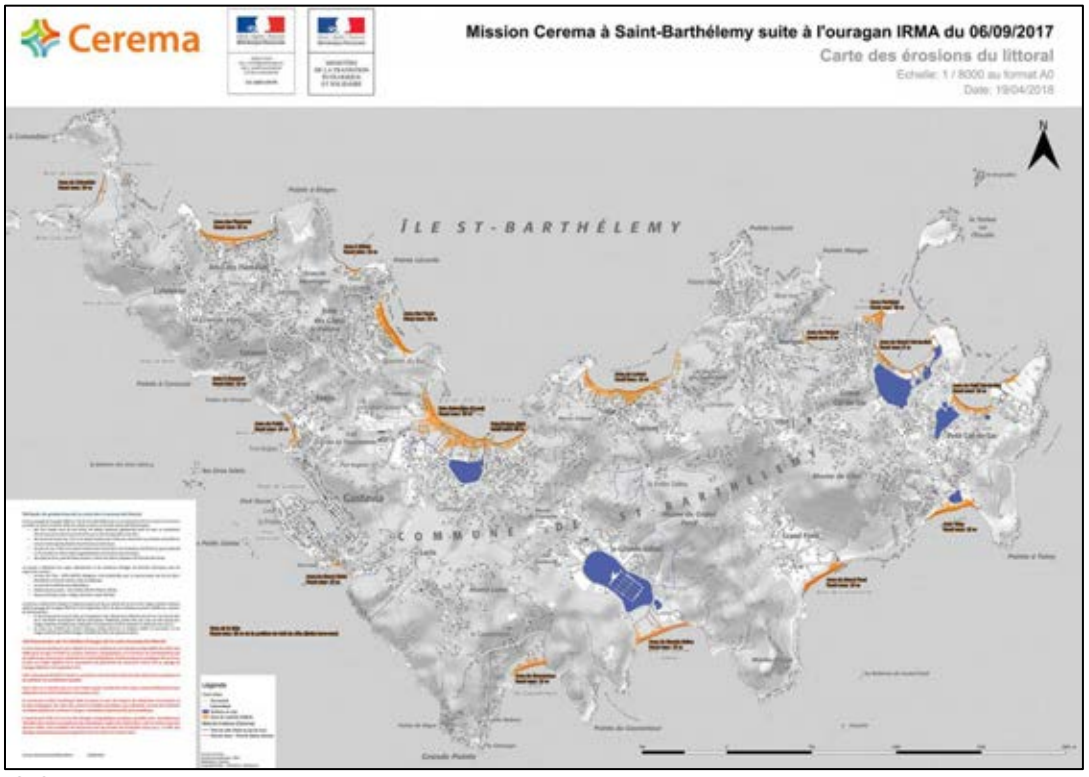


Figure 2.8. *Cartographie des érosions côtières signalées à Saint-Barthélemy après le passage de l'ouragan Irma. (source: www.CEREMA.fr)*

`

2E-1 Risques liés aux ouragans

La situation du site à l'égard des ouragans a été décrit au Chapitre 1B-1. Le présent chapitre se concentre sur les mesures prises par le Projet pour faire face au risque d'ouragans.
Les mesures relatives au risque d'inondation et d'affouillement du terrain d'assiette sont spécifiquement traitées au Chapitre 2E-3. Celles relatives au risque d'inondation du sous-sol font l'objet du Chapitre 2E-4.
La prise en compte du risque lié aux ouragans repose sur des mesures constructives et des modalités d'exploitation.

Mesures constructives

La structure des constructions a été conçue et calculée selon les Eurocodes et les annexes nationales françaises. Elle tient compte des contraintes du site et notamment la sismicité et les efforts du vent.

La structure de l'ensemble du projet est constituée de poteaux, voiles, poutres et dalles en béton armé. Les toitures, les terrasses extérieures et les pergolas sont constitués d'une structure en bois. Le contreventement vertical de l'ensemble de la structure (infrastructure et superstructure) est assuré par un système de voiles principaux dans les deux directions, les cages d'escaliers et d'ascenseurs, ainsi que par les voiles enterrées périphériques.

Les portiques constitués par l'ensemble des poutres et des poteaux peuvent être considérés comme des éléments secondaires (au sens des règles EC8), sauf les éléments participant au transfert des efforts sismiques.

Le contreventement horizontal est assuré par les plancher en béton armé qui travaillent comme des diaphragmes horizontaux Les décaissés dans les dalles constituent des points singuliers pour le transfert des efforts de diaphragme. Ils comportent donc des poutres de redressement lorsque la variation de niveau est significative.

L'attestation du contrôleur technique de l'article L. 125-1 du code de la construction et de l'habitation sur la prise en compte des règles paracycloniques est jointe à la demande du permis de construire modificatif en application de l'article R. 431-16 du code de l'urbanisme.

Dispositions d'exploitation

L'hôtel Emeraude sera fermé pendant la saison des ouragans chaque année, soit entre la fin du mois d'août et la fin du mois d'octobre (de la même façon que l'hôtel Le Barthélemy).

Un Manuel cyclonique est élaboré et diffusé auprès des équipes de l'ensemble hospitalier, sur le modèle de celui existant pour l'hôtel Le Barthélemy. Il comporte l'ensemble des procédures à suivre et des précautions à prendre en cas d'alerte cyclonique diffusée par les services météorologique (de type : vigilance cyclonique ; Pré-Alerte ; Alerte cyclonique ; Levée d'alerte), ainsi qu'un plan d'action générale par service.

2E-2 Risques liés aux tsunamis

La situation du site à l'égard des tsunamis a été décrite au Chapitre 1B-2. Le présent chapitre se concentre sur les mesures prises par le Projet pour faire face au risque de tsunamis.

`

Les mesures relatives au risque d'inondation et d'affouillement du terrain d'assiette sont spécifiquement traitées au Chapitre 2E-3. Celles relatives au risque d'inondation du sous-sol font l'objet du Chapitre 2E-4.

Un événement de type tsunami dans la baie de Saint-Jean mettrait en danger la clientèle et les employés de l'Emeraude Plage, comme ceux des autres hôtels et villas voisins, ainsi que les personnes se trouvant sur la plage.

Un tsunami d'origine volcanique (source la plus probable) frappant la baie Saint-Jean laisse suffisamment de temps pour permettre une évacuation complète de l'ensemble hôtelier, y compris son sous-sol (accessible au personnel uniquement). Dans le cas d'un tsunami d'origine tectonique (beaucoup plus rare), le délai d'alerte est de 30 à 60 minutes, ce qui permet également une évacuation complète.

Les mesures adoptées pour faire face au risque d'inondation sont décrites au Chapitre 2E-3, et celles spécifiques au sol-sol au Chapitre 2E-4.

Les installations souterraines, comme les parkings en sous-sol, ou tout autre espace occupé, représentent un risque particulier.

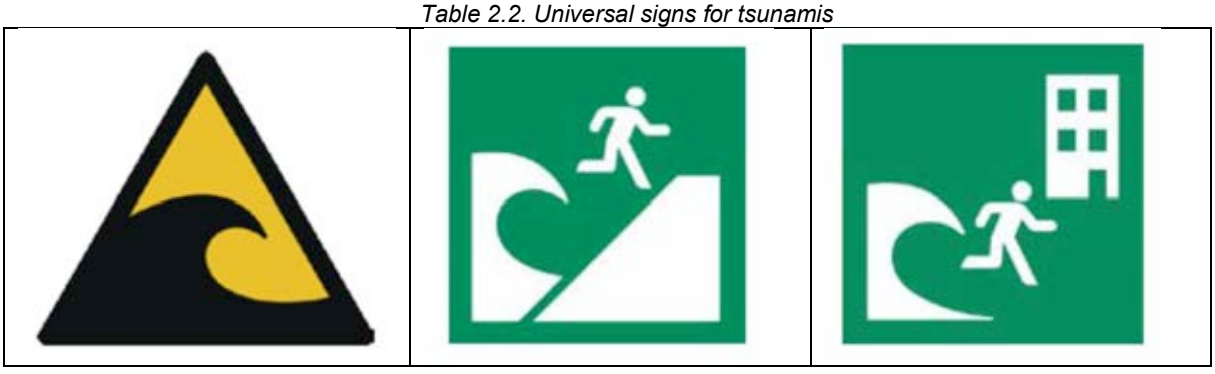
Mesures d'exploitation spécifiques

Pour atténuer les risques de tsunami, l'Emeraude Plage installera des avertissements et établira un plan d'évacuation. Les clients et le personnel seront formés à reconnaître les signes avant-coureurs d'un tsunami, tels que le recul de l'océan, et recevront l'instruction de se rendre rapidement dans un endroit plus élevé. Des panneaux d'orientation et des fiches d'information peuvent être placés dans les chambres d'hôtel (figure 2.23, tableau 2.2) et une formation annuelle à la réponse aux catastrophes peut être dispensée au personnel de l'hôtel. Ces mesures s'inscrivent dans le cadre du plan de prévention à l'échelle de l'île.

Les tsunamis affectant l'ensemble de l'île, les mesures de préparation prises par les hôtels et propriétés de la baie de Saint-Jean sont élaborées dans le cadre des plans élaborés par la puissance publique.

En effet, au niveau national, le gouvernement est responsable de la gestion des risques liés aux catastrophes naturelles. Une évaluation du risque de tsunami a été réalisée pour Saint-Barthélemy en 2016. Des informations supplémentaires sur les services et les programmes d'alerte aux tsunamis dans les Caraïbes et les zones adjacentes sont fournies dans le Programme d'alerte aux tsunamis dans les Caraïbes (Caribbean Tsunami Warning Program - CTWP).

Table 2.2. Universal signs for tsunamis



`

Area susceptible to tsunamis	High ground shelter site: the sign is placed at a designated location as high ground that serves as a tsunami shelter	Shelter site in a building: the sign is placed at the entrance of a large building designated as a tsunami shelter area

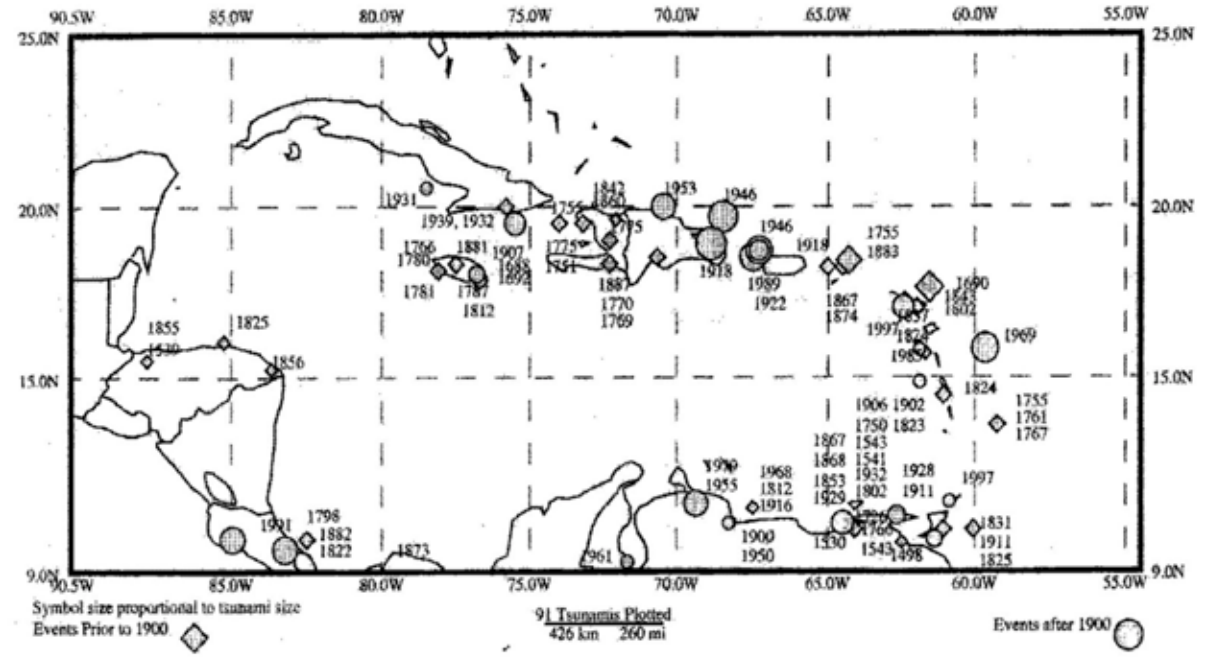


Figure 2.9. Location of 91 possible tsunamis in the Caribbean between 1482 and 2000 (Source: Lander et al 2002)

La préfecture est en charge d'émettre les alertes tsunamis. A cet effet, le centre de réception de l'alerte (Météo France) reçoit un appel du centre d'alerte au tsunami d'Hawaï (centre d'alerte pour les Caraïbes). Dès réception et transmission au centre de gestion de l'alerte, l'ensemble des acteurs (Collectivité, services de l'État…) activent les procédures d'alerte et d'information du public.

La Collectivité organise régulièrement des exercices d'alerte et d'évacuation tsunami.

Une cartographie a été réalisée afin d'identifier le zones à risque et les zones refuge sur l'ensemble du territoire.

`

Plan d'évacuation du quartier Saint-Jean en cas de tsunami

Consignes d'évacuation pour l'hôtel Emeraude Plage

L'hôtel Émeraude Plage mettra en place un plan et des instructions d'évacuation conformément au "Guide des tsunamis pour les hôtels" élaboré par la Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO (annexe 10). Ce guide décrit les étapes nécessaires à l'élaboration d'un plan complet, telles que l'évaluation préliminaire de l'état de préparation à l'aide d'une liste de contrôle, la reconnaissance des signes d'alerte, le choix d'une stratégie d'évacuation, la prise en compte de l'hôtel en tant que zone d'évacuation et les procédures opérationnelles standard en cas de tsunami.

Ce guide est divisé en cinq sections. La première section décrit brièvement les tsunamis et explique l'importance de la gestion de ce risque dans l'industrie hôtelière. La deuxième section décrit le risque de tsunami dans l'Atlantique Nord-Est et la mer Méditerranée (qui s'appliquent tous aux Caraïbes) et les mesures qui ont été prises pour réduire l'impact de ce risque. La troisième section explique comment accroître l'efficacité des précautions et décrit trois situations différentes qui influencent les stratégies d'évacuation. La quatrième section explique les conditions préalables à la création de l'hôtel en tant que zone d'évacuation. Enfin, la dernière section explique les procédures standard de planification et d'évacuation qui peuvent servir de procédures opérationnelles pour l'hôtel en cas de tsunami. Il est prévu que l'hôtel Emeraude Plage élabore son plan d'évacuation dans le cadre d'une approche participative (avec le personnel et la direction de l'hôtel), afin que chacun s'approprie le plan.

`

2E-3 Risques d'inondation et d'affouillement liés aux ondes de tempête des ouragans et à l'élévation du niveau de la mer

1. Evaluation du risque au niveau du site

En 2020, EGIS a réalisé une modélisation hydrodynamique (modèle SBEACH) pour évaluer les risques liés aux ondes de tempête et à l'inondation sur le projet (tel qu'alors autorisé) afin d'évaluer la sensibilité du site à l'inondation et à l'affouillement et d'évaluer les méthodes possibles de protection en tenant compte de la nécessité de limiter la perte de sable (EGIS, 2020). Le bien bénéficie d'une certaine protection grâce au système de récifs de la baie de Saint-Jean (mais cette protection est réduite par la perte du récif vivant et de la fonction récifale), mais il reste vulnérable aux ondes de tempête. L'élévation du niveau de la mer risque d'exposer davantage le terrain et ses infrastructures.

La modélisation hydrodynamique détaillée ci-dessous (point 3.) montre que l'on peut s'attendre à une onde de tempête maximale de 2,9 m pour une tempête d'occurrence centennale (période de retour de 100 ans). Les modèles prévoient un affouillement de la plage. Bien que projet initial prévoyaient une construction plus proche du rivage que le projet modifié, l'étude d'EGIS (2020) concluait qu'il était peu probable que l'affouillement prévu soit suffisant pour déstabiliser les fondations des bâtiments.

2. Situation du projet

Le projet initial comportait deux zones fortement exposées à l'action des vagues et au risque d'érosion (zones A et 7 de la figure 2.13), tandis que le reste du projet en front de mer était considéré comme faiblement exposé, à une distance de 30 m de la mer.

Le projet modifié a pris pour parti de reculer les constructions par rapport au rivage. Dans les plans actuels, le restaurant est en retrait de 20 m et les villas de la première rangée sont à 27-29 m de la mer. De plus, une zone supplémentaire d'arbres et de végétation de plage agira comme une barrière naturelle contre la mer (Figure 2.14).

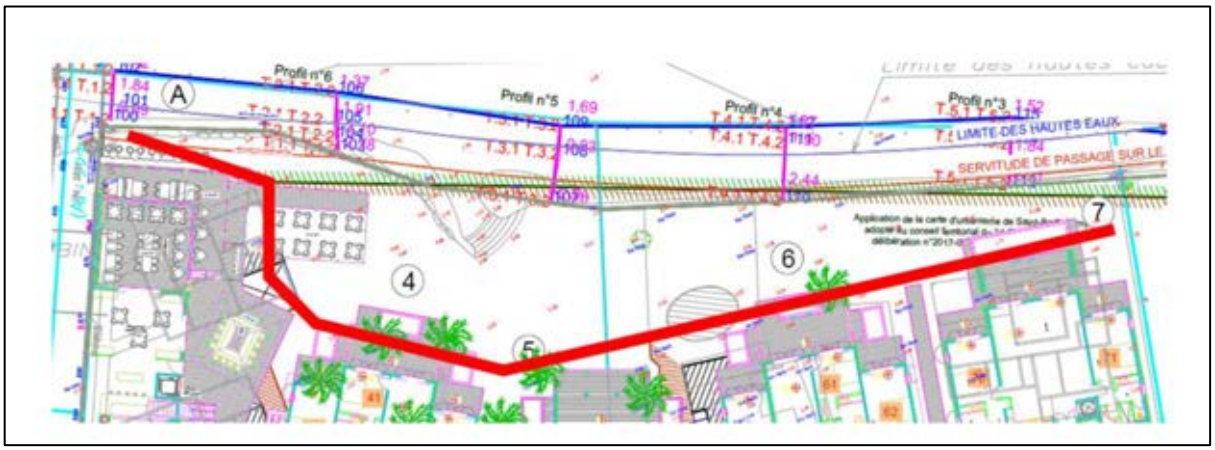


Figure 2.10. Findings from EGIS study of the original design that identified two zones at high risk for erosion and from wave action (Zones A and 7), and the location of protective measures to be implemented (Source: EGIS, 2020)

`

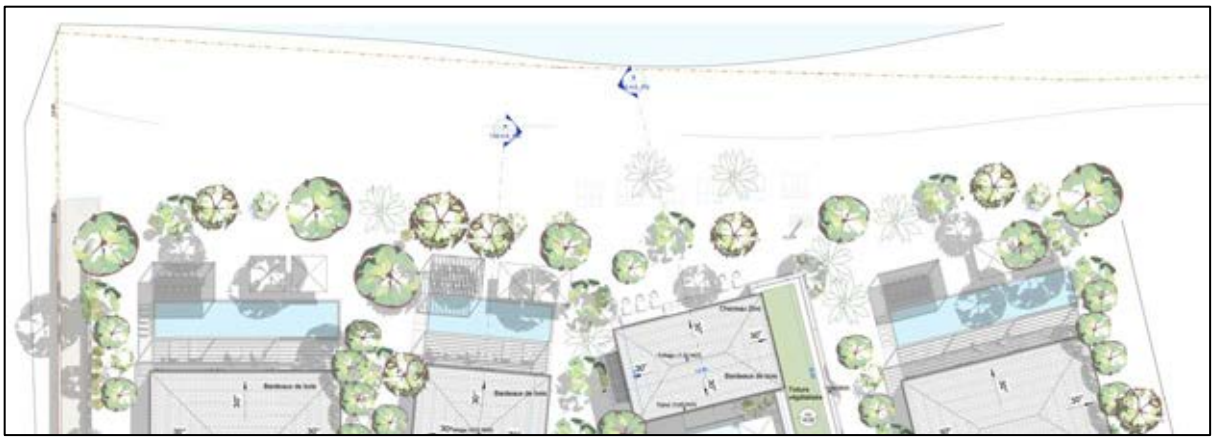


Figure 2.11. In the current plans, buildings are set back from the beach with a planned natural barrier of trees and vegetation and other protective measures proposed.

En cas de nécessité, les ingénieurs ont suggéré qu'un tapis anti-affouillement pourrait encore être implanté au ras des façades des bâtiments le plus proches de la plage, à 50 cm sous le niveau du terrain existant, pour éviter la perte de sable due au phénomène de réflexion. Cela étant, l'efficacité de ce type de mesures de protection, prévues pour lutter contre l'érosion côtière dues aux forces hydrodynamiques, n'est pas certaine en cas de submersion ou franchissements dus à un ouragan affectant l'ensemble de la plage.

Le transformateur électrique et le groupe électrogène sont positionnés au-delà de la cote de submersion marine de 3,3NGG. Le transformateur public du quartier sera également mis en sécurité au-delà de cette cote.

La protection du sous-sol face au risque d'inondation est présentée au Chapitre 2E-4.

Dispositions d'exploitation

L'hôtel Emeraude sera fermé pendant la saison des ouragans chaque année, soit entre la fin du mois d'août et la fin du mois d'octobre (de la même façon que l'hôtel Le Barthélemy).

Un Manuel cyclonique est élaboré et diffusé auprès des équipes de l'ensemble hospitalier, sur le modèle de celui existant pour l'hôtel Le Barthélemy. Il comporte l'ensemble des procédures à suivre et des précautions à prendre en cas d'alerte cyclonique diffusée par les services météorologique (de type : vigilance cyclonique ; Pré-Alerte ; Alerte cyclonique ; Levée d'alerte), ainsi qu'un plan d'action générale par service.

3. Modèlisation hydrodynamique

Paramètres et données du modèle

En 2020, EGIS a réalisé des scénarios hydrodynamiques pour la baie de Saint-Jean afin d'évaluer les risques pour le site au vu du projet initial. Les modèles scientifiques et techniques sont toujours valables et sont rapportés ici, appliquées au projet modifié.

Les résultats d'EGIS ont identifié deux zones de forte exposition, les plus proches de l'eau, et des zones de faible exposition avec une plus grande marge de recul (30 m). Le projet modifié n'est

`

plus impacté par les zones de forte exposition car tous les bâtiments ont maintenant une marge de recul qui les situe dans la zone de faible exposition d'origine (20-29 m).

Deux scénarios hydrodynamiques ont été simulés pour le profil topo-bathymétrique modélisé (Figure 2.15). Le premier cas représente la houle maximale d'une tempête centennale, avec une prime météorologique de période de retour <20 ans (Figure 2.18a). Ces conditions sont plus intenses que celles observées lors de l'ouragan Irma. Le second modèle représente la houle maximale observée lors de l'ouragan Irma (à partir des valeurs BDD de l'IOWAGA), avec une estimation météorologique d'une période de retour de 100 ans (Figure 2.18b). Ce deuxième scénario est considéré comme relativement réaliste compte tenu de la trajectoire de l'ouragan Irma, avec une période de retour inférieure à 100 ans. Les facteurs suivants sont pris en compte

- un niveau de marée astronomique moyen constant (0,26 m NGG) ;
- une prime météo cyclonique (période de retour 100 ans ou < 20 ans), en adéquation avec la houle maximale de l'événement ;
- une élévation saisonnière du niveau de l'eau (+0,09 m) ;
- un effet de site potentiel (+0,5 m) ;
- une élévation générale du niveau moyen de 0,25 m selon les recommandations de l'ONERC dans le cadre de la prise en compte du changement climatique.

De plus, la propagation de la houle est considérée comme perpendiculaire au trait de côte.

Dans les deux scénarios, la houle s'est propagée perpendiculairement à la plage. Le niveau maximum atteint par les vagues dans tous les cas est de 2,9 m avec une période de retour de 15 secondes. Les résultats des deux scénarios sont similaires. Les caractéristiques des vagues simulées, y compris la hauteur (Hs) et la période (Tp) des vagues, ainsi que le niveau de la marée (Nw) utilisé pour chaque cas au pied de la pente sont définis dans le tableau 2.1.

Table 2.3. The wave characteristics and water level used to model each case of hydrodynamic conditions.

Case (ID)	Hs (m)	Tp (s)	Nw (m NGG)	Depth (m)
1	1.65	15	2.90	2.00
2	1.36	15	2.70	1.80
3	0.41	15	1.40	0.50

Modélisation des changements morphologiques devant l'hôtel

Un profil transversal de la plage de la section 5 (Figure 2.13) a été construit en utilisant les données bathymétriques du fond marin et les données topographiques du futur hôtel. L'étude EGIS a révélé que, dans les conditions dominantes, sans houle ou courant anormal, le niveau de la mer atteint un maximum de +0,55 m NGG[9] (MSL) (niveau PHMA). Le haut de la plage au bord de la parcelle se situe entre +1,4 et +1,6 m NGG (MSL), et ne sera pas atteint par l'eau ou inondé dans des conditions normales. (Figure 2.15). Les données topographiques montrant le profil et la pente de la plage utilisées pour l'analyse ci-dessus sont fournies dans la Figure 2.16.

[9] Le système de référence retenu pour évaluer les surcotes est le Nivellement Général de la Guadeloupe (NGG). C'est le système de référence utilisé sur les cartes IGN et par les géomètres de Guadeloupe. Le 0 NGG correspond sensiblement au niveau moyen de la mer, et donc à la ligne de rivage.

`

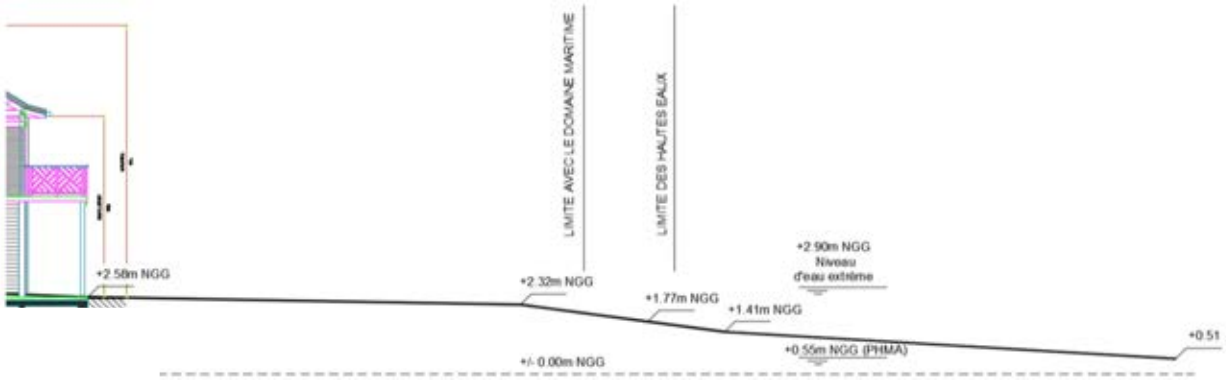


Figure 2.12. Transverse beach profile of section 5 showing the maximum sea level under normal conditions (+0.55 m NGG), the top of the beach (+1.77 m NGG) and the upper limit of the beach zone (+2.32 m NGG).

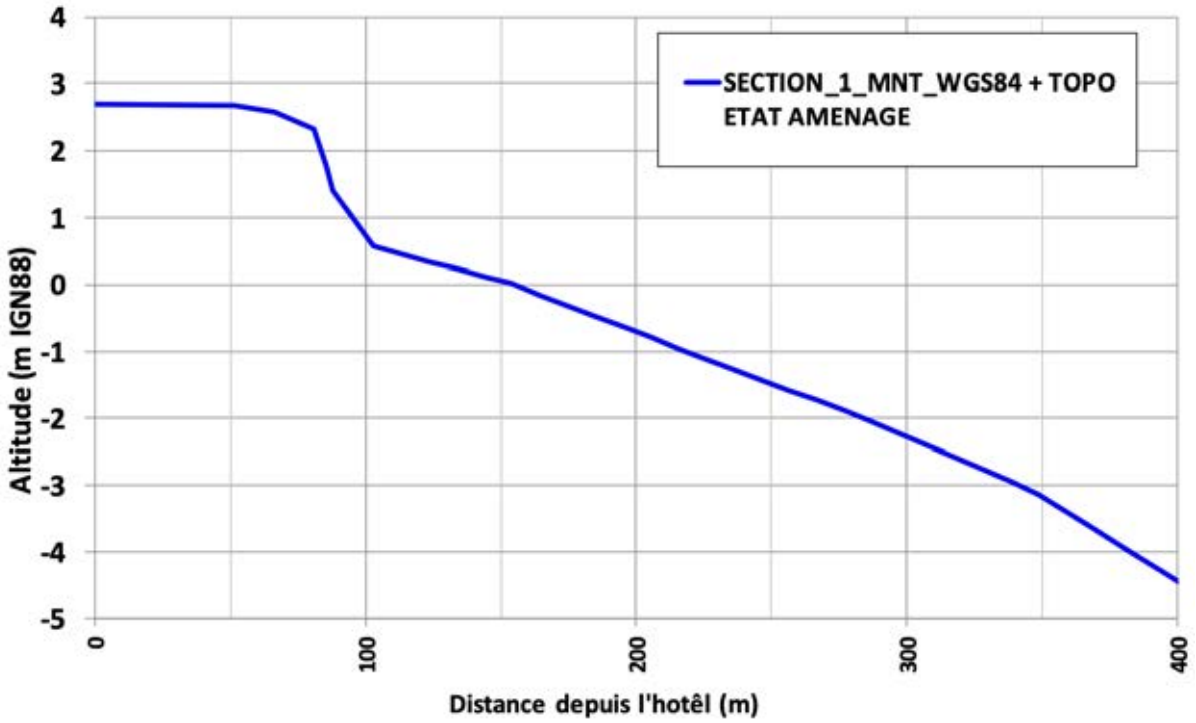
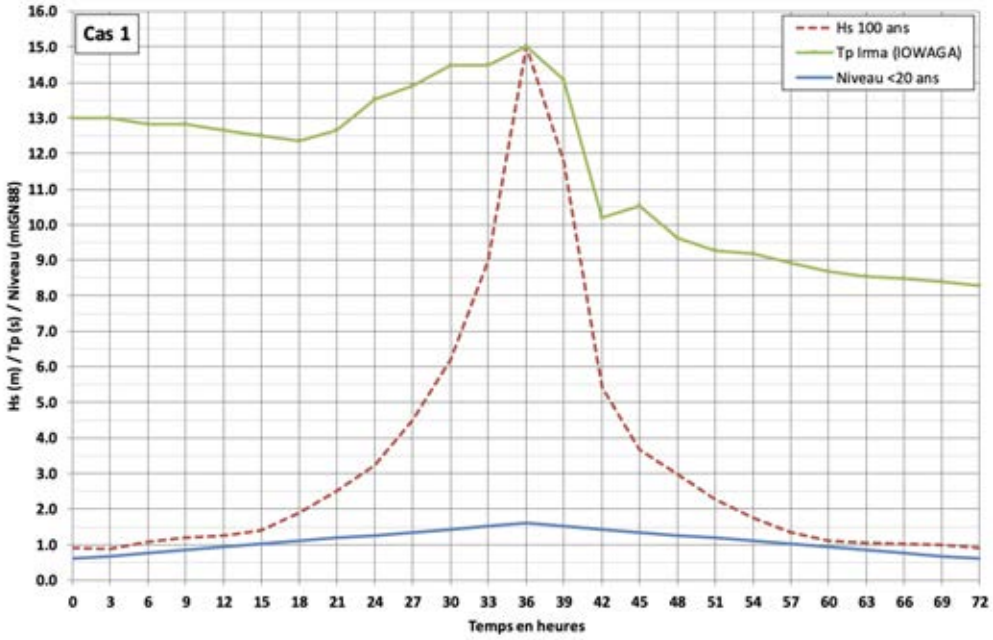


Figure 2.13. Slope of the topography along the hotel zone and beach profile showing change in altitude (m).

Des simulations supplémentaires ont été réalisées pour évaluer l'effet d'un deuxième ouragan violent dans le cas où un premier ouragan aurait entraîné un abaissement du profil de la plage (Figure 2.18, Figure 2.19).

Ces modèles ont montré qu'après un ouragan, il y avait un léger risque d'affouillement. Pour le projet initial, ce risque était exacerbé par la réflexion de la houle sur les structures verticales. Les deuxièmes simulations ont montré des résultats similaires, où tous les profils sont davantage exposés au risque d'affouillement, encore une fois, dans les zones particulières où la houle se réfléchit sur les structures verticales. Cependant, le projet modifié de l'hôtel Emeraude Plage ne présentant plus de structures verticales (murs) sur la plage, ce risque est désormais évité.

(a)



(b)

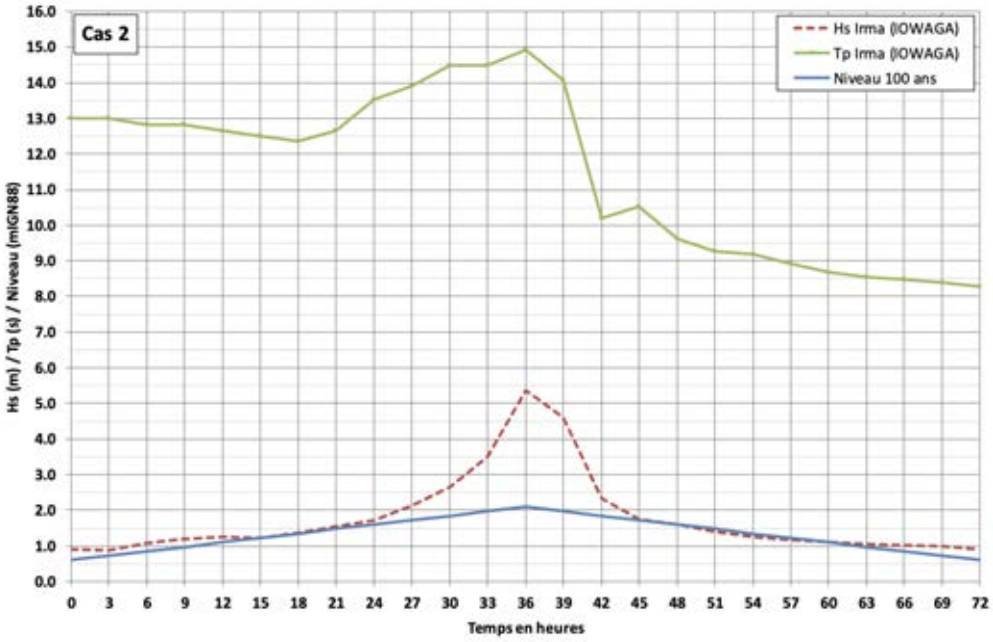
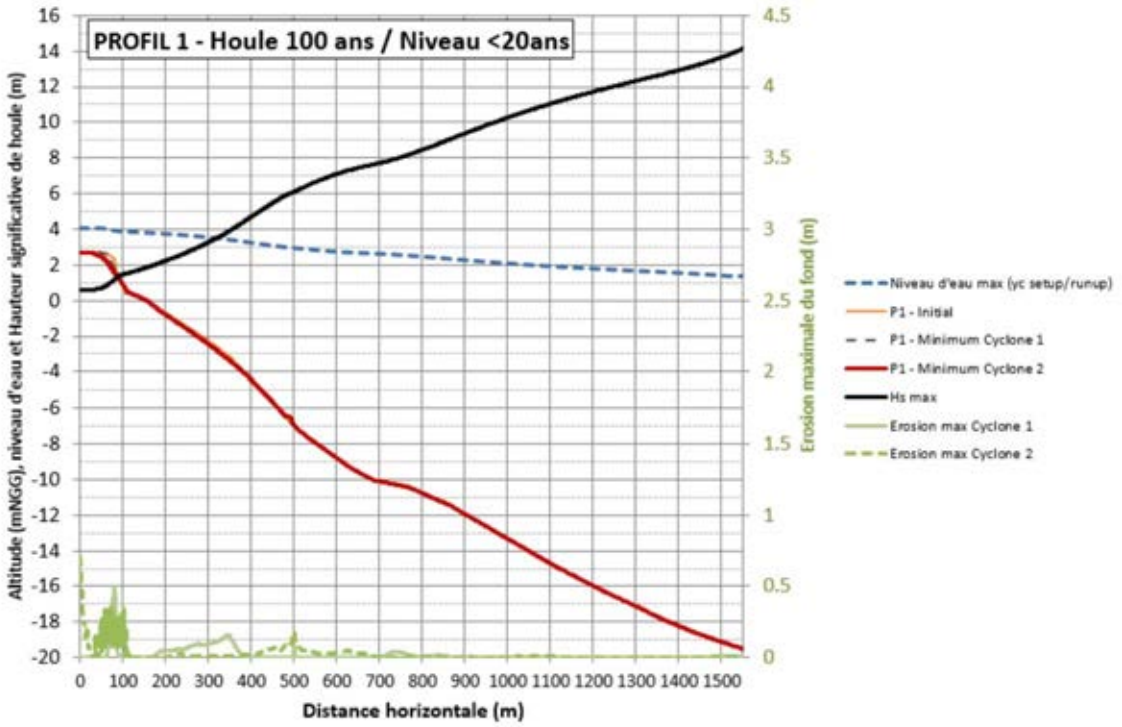


Figure 2.14. Temporal evolution of the extreme offshore hydrodynamic conditions defined at the input of each topobathymetric simulation, (a) Case 1, and (b) Case 2.

(a)



(b)

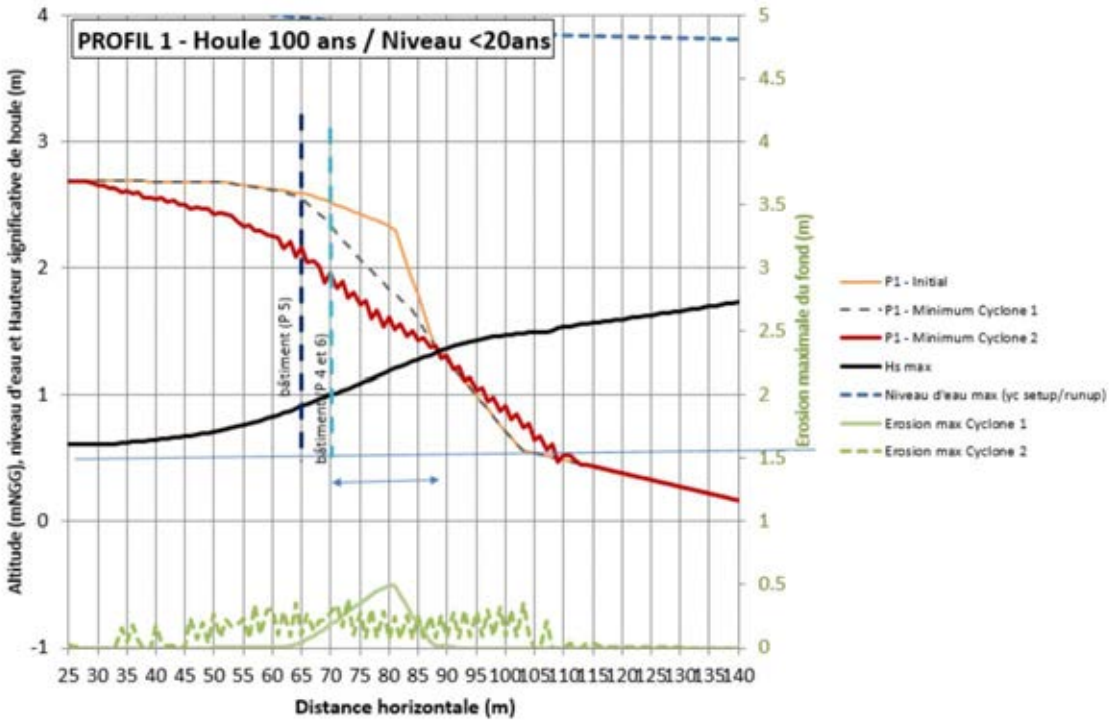
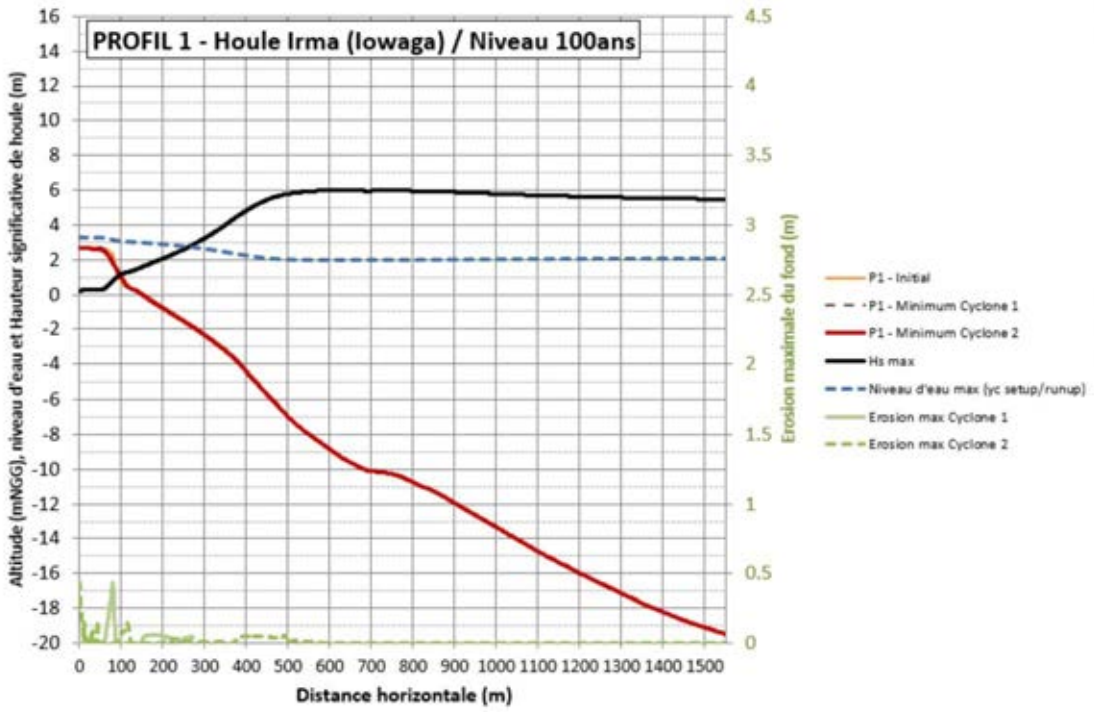


Figure 2.15. Simulated outcomes of a 100-year hurricane followed by a second storm

`

(a)



(b)

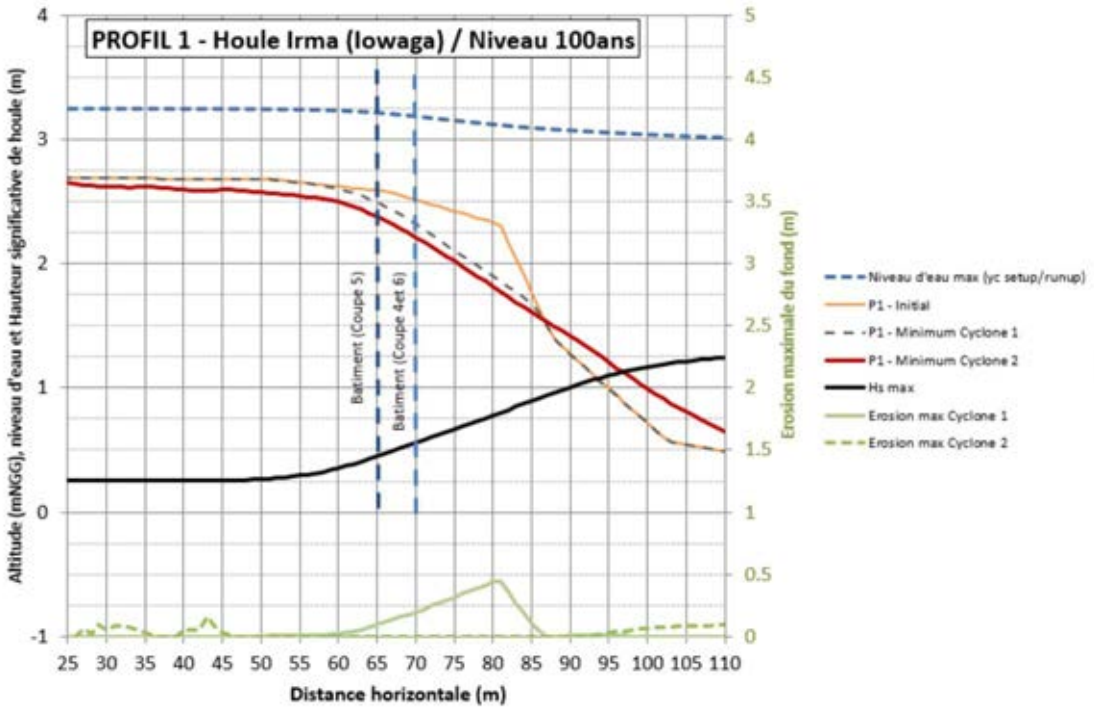


Figure 2.16. Simulated outcomes of Hurricane Irma followed by a second storm.

2E-4 Risques d'inondation du sous-sol

Le sous-sol du projet modifié est considérablement réduit par rapport au projet initial (superficie ramenée à 2800 m²). Il ne sera utilisé que pour le stationnement des voitures uniquement par

`

voiturier (sans accès des clients), ainsi que pour abriter les systèmes de dessalement et de traitement des eaux usées.

L'accès aux places de stationnement situées en sous-sol est réservé aux voituriers de l'hôtel. Le sous-sol n'est pas accessible aux clients.

Il peut être estimé qu'il ne s'y trouvera, en règle générale, pas plus de 1 à 2 voituriers en même temps, ainsi que, le cas échéant, le personnel de maintenance (soit deux personnes au maximum pendant une à deux heures par semaine), sauf situations particulières telles par exemple, des interventions sur les pompes, les filtres et les petits équipements.

Comme dit ci-dessus, des procédures d'alerte et d'évacuation du sous-sol sont prévues en cas de tempête, ouragan ou tsunami.

Le sous-sol est par ailleurs conçu pour faire face à la montée des eaux sur le site.

Comme indiqué ci-dessus (Chapitre 2E-4), l'onde de tempête modélisée pour une tempête de retour de 100 ans (ouragan de catégorie 5) est d'une hauteur maximum de 2,9 m au droit du site. Il est important de noter que le niveau du sol à l'entrée de la rampe est à 2.8 m au-dessus du niveau de l'eau (2.8 NGG).
L'onde d'une telle tempête aura pour effet de submerger le site de même que l'ensemble des propriétés situées en bord de mer. Il n'est pas réaliste d'essayer de protéger l'ensemble du site de l'onde créé par une tempête d'une telle intensité. En revanche, le sous-sol peut être spécifiquement protégé d'un risque d'inondation. C'est l'approche qui a été retenue, dans le but de limiter les dégâts matériels sur le parking et les véhicules.

En cas de vagues de tempête ou d'alerte d'ouragan, la partie haute de la rampe d'accès au sous-sol sera équipée d'une barrière anti-inondation (batardeau) d'une hauteur de 60 cm (montant donc au niveau 3.4 NGG), correspondant à la hauteur de la digue en béton construite autour de la rampe. Cette protection permet de faire en sorte que les montées du niveau de l'eau inférieures à ce niveau ne puissent pas inonder le sous-sol. Une protection supplémentaire sera assurée en partie basse de la rampe par une seconde barrière anti-inondation, qui peut également être mise en œuvre à tout moment pour protéger le sous-sol de toute infiltration d'eau dans la rampe.

Une pompe à débit adapté située dans le sous-sol doit être installée à l'aide d'une conduite montante qui s'étend à 3 m au-dessus du niveau du sol extérieur, de sorte que le sous-sol puisse être pompé contre toute entrée d'eau pendant une forte onde de tempête (Figure 2.21). La barrière anti-inondation s'adaptant à la partie haute de la rampe permet de limiter l'eau de tempête pénétrant dans le sous-sol. Le dispositif a pour vocation de protéger les véhicules garés dans le sous-sol en cas de fortes tempêtes.

Le volume d'eau pénétrant la zone de la rampe sera pompé avant que la barrière anti-inondation située en bas de rampe soit ouverte. L'entrée des eaux dans le parking du sous-sol sera suivie par une caméra de surveillance associée à un logiciel de visualisation à distance. Une pompe à eau située au sous-sol sera actionnée lorsque le niveau d'eau du puisard sera dépassé, grâce à une alimentation électrique provenant d'une source d'énergie ininterrompue (UPS).

`

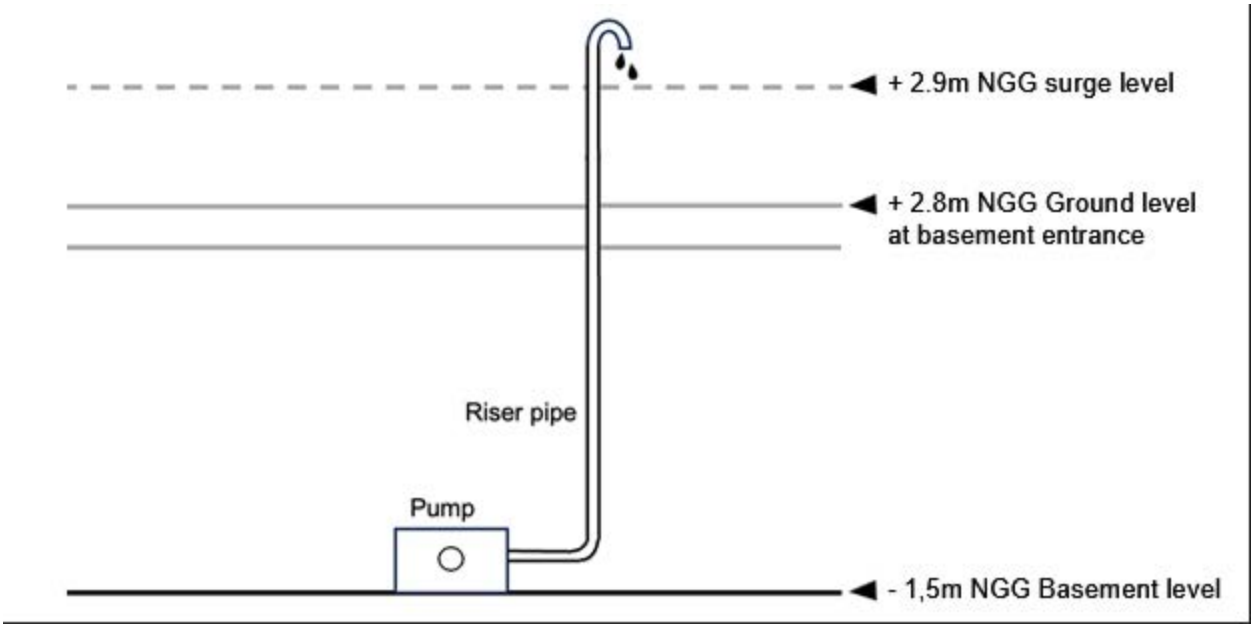


Figure 2.17. Illustration of pump to basement and riser pipe discharge above high sea surge level.

Une barrière anti-inondation similaire au modèle Nautilus 400 (floodstop-uk.co.uk) permet de satisfaire aux exigences de protection parking au niveau du bas de la rampe, qui peut se trouver sous 3 m d'eau. Ce type de barrière peut être installé en sept minutes par une personne formée à cet équipement. La barrière anti-inondation située en haut de la rampe étant plus basse, un modèle type Nautilus 200 peut être utilisé. Là encore, il s'agit d'un équipement qui s'installe très rapidement.

Figure 2.18. Nautilus 400 Flood Barrier
used on construction site for a car park basement
at Morrisons supermarket, UK.

`

Il ne peut être garanti que le sous-sol et en particulier le parking ne sera pas inondé en cas de forte submersion du site, mais le dispositif prévu permet de faire face efficacement à ce risque et, en tout état de cause, d'évacuer l'eau.

2E-5 Risque de tremblements de terre

L'analyse de la situation de l'île et du site à l'égard des tremblements de terre est décrite au Chapitre 1B-2.

Comme déjà indiqué, l'un des principaux risques, en particulier pour les sites de faible altitude proches de la nappe phréatique, comme Emeraude Plage, est la liquéfaction du sol. Il s'agit de la déstabilisation du sable ou du sol lorsque l'eau souterraine est chassée d'entre les grains par les secousses. Dans ce cas, la résistance du substrat est réduite et peut provoquer des glissements de terrain et l'effondrement des fondations des bâtiments.

Le Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRR) de la commune de Saint-Barthélemy a caractérisé le site d'Emeraude Plage comme suit (Figure 2.25) :

1. " Zone d'aléa moyen liquéfaction " (zone orange de l'aléa correspondant).
2. " Zone d'aléa sismique local fort " (zone orange foncé de l'aléa correspondant) ;
3. "Zone de faible risque d'inondation" (zone violette à violette foncée du risque correspondant).

Les architectes ont tenu compte des risques sismiques dans la conception de l'hôtel. INGEROP a fourni le rapport identifiant les risques sismiques et les codes de construction appropriés. Le rapport est fourni à l'annexe 11 (INGEROP, Notice Sismique PC, juillet 2023).

L'attestation du contrôleur technique de l'article L. 125-1 du code de la construction et de l'habitation sur la prise en compte des règles parasismiques est jointe à la demande du permis de construire modificatif en application de l'article R. 431-16 du code de l'urbanisme.

En particulier, la réalisation en sous-sol de fondations en forme de caisson permet d'obtenir une plus grande continuité de la construction pour mieux dissiper l'énergie sismique.

`

(a)

(b)

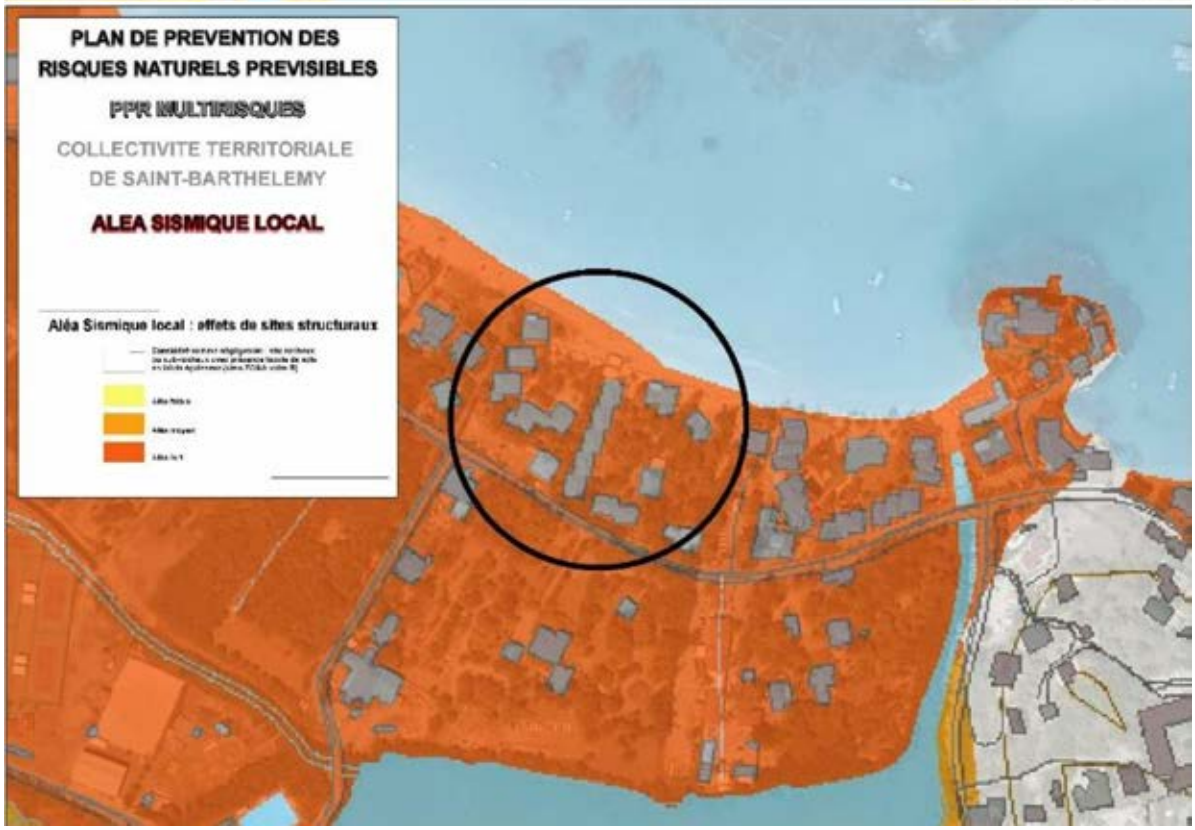


Figure 2.19. Le plan de prévention des catastrophes naturelles indique que le site d'Emeraude Plage (cercle noir) présente (a) un risque modéré de liquefaction et (b) un risque élevé d'activité sismique.

`

CHAPITRE 3.0 DESCRIPTION DES EFFETS SIGNIFICATIFS

Saint-Barthélemy est une petite île qui dispose de peu de ressources naturelles et où l'eau douce se fait rare. Néanmoins, l'île s'est suffisamment développée pour accueillir une population permanente de plus de 10 000 résidents et environ 200 000 touristes par an. La construction et le surdéveloppement sont des préoccupations de la population.

La baie de Saint-Jean, au cœur de l'industrie touristique de l'île, est déjà très développée. Il est inévitable que certaines ressources soient utilisées de manière constante pendant la construction et l'exploitation de l'hôtel, et que des déchets soient produits. La conception durable de l'hôtel met l'accent sur l'utilisation optimale des ressources et à l'élimination des déchets afin de minimiser les impacts négatifs sur l'environnement et la société.

En général, les incidences peuvent être physiques (sur les sols, les risques naturels et les eaux usées), biologiques (sur l'environnement naturel, le bruit et la lumière) ou sociales (trafic, création d'emplois). Le Projet permet d'éviter ou d'atténuer autant que possible les impacts du Projet sur l'environnement, notamment via le procédé de dessalement de l'eau (production d'eau douce), le traitement des déchets sur le site, la conception du parking situé en sous-sol avec service de voiturier sur place, la production et l'utilisation d'électricité solaire, l'aménagement paysager avec des plantes indigènes, la réutilisation des eaux grises.

Les impacts notables sont décrits ci-dessous.

3A Incidence du Projet résultant de la construction et l'existence du projet, y compris, le cas échéant, les travaux de démolition, le volume et les caractéristiques des remblais et déblais générés par le projet et la méthode de leur élimination.

Caractéristiques des déblais générés par les travaux déjà réalisés

Les déblais (*spoils*) de sable et ciment mélangés utilisés pour combler le fossé en exécution du permis d'aménager du 6 juillet 2022 ont fait l'objet d'analyses afin de s'assurer qu'ils ne sont pas de nature à créer un risque de pollution.

Une première analyse a été effectuée à l'initiative du maître d'ouvrage, en juin 2022.

Son objet était de permettre à la Collectivité et au maître d'ouvrage de s'assurer que le mélange de sable et de sédiments pouvait être utilisé pour combler le fossé.

Des échantillons ont été prélevés sur la plage de Saint-Jean et sur les déblais (mélange sable/ciment) stockés sur le site. Les échantillons ont été envoyés au laboratoire d'études côtières de la Florida Atlantic University pour y être analysés. Les échantillons ont été traités et analysés conformément au protocole du FDEP (Florida Department of Environmental Protection). Les résultats sont fournis pour le tamis humide en plus des numéros de tamis standard : ¾", 5/8", 3,5, 4, 5, 7, 10, 14, 18, 25, 35, 45, 60, 80, 120, 170 et 230. Les feuilles de gradation, les courbes et les résultats des tests pour les échantillons fournis sont précisés ci-dessous. Les analyses de couleur Munsell et les analyses granulométriques (statistiques de la méthode du moment) sont

`

incluses. Les pourcentages de gravier, de sable et de fines sont déterminés sur la base de >#4, entre #4 et #230, <#230, respectivement.

Quatre échantillons ont été prélevés :

- Échantillon 1 : Sable/sédiment de plage prélevé sur le site de construction.
- Échantillon 2 : Échantillon de sable/sédiment prélevé sur le tas de déblais sable/ciment stockés sur site (de l'autre côté de la route principale en face d'Emeraude Plage).
- Echantillon 3 : Sable/sédiment dont la composition contient des galets de ciment visibles et qui a été prélevé sur le tas de déblais sable/sédiment du site de stockage (de l'autre côté de la route principale en face d'Emeraude Plage).
- Échantillon 4 : Sable/sédiment de plage prélevé directement sur la plage de St Jean (sable de plage).

Les résultats et la confirmation du laboratoire sont fournis dans en annexe 12. Il en résulte que l'utilisation des déblais pour le comblement du fossé est une option sûre.

Une seconde étude a été réalisée à l'initiative de la Collectivité, et a donné lieu à une analyse par le laboratoire Labco Antilles d'échantillons de remblais prélevés sur le site. Les résultats (annexés au permis d'aménager du 6 juillet 2022) sont fournis en annexe 13. La collectivité en a déduit que l'utilisation des déblais stockés sur le site comme remblais pouvait être regardée comme ne posant pas de problèmes, ni sur le plan géotechnique, ni sur le plan du risque de pollution, ni sur le plan réglementaire dans un contexte de chantier.

Déblais générés par la reprise des travaux

Comme indiqué au Chapitre 2C-4, la reprise des travaux générera des déblais dont le volume est évalué à 15 000 m3 (cf. note Ingérop du 13 juillet 2023). Il s'agit des mêmes matériaux que ceux visés par le permis d'aménager du 6 juillet 2022.

Une partie des déblais sera utilisée pour l'achèvement des travaux (remblayage des espaces excavés). L'ensemble des déblais sortant du chantier seront dirigés, sous le contrôle du centre de gestion des déchets de Saint-Barthélemy, en assurant leur traçabilité, vers des centres de traitement autorisés en dehors de l'île de Saint-Barthélemy, sans réemploi sur l'île.

Les déchets issus du démantèlement de certains murs de pieux sécants existants seront recyclés : le béton cassé est utilisé comme matériau de remplissage et l'armature en acier plié est recyclée pour être réutilisée en tant qu'armature nouvellement fabriquée pour la construction.

Charte de chantier

Une attention particulière sera portée à la réalisation des travaux et leur incidence potentielle sur l'environnement. Une Charte de chantier précisera la responsabilité des divers acteurs de chantier et les rôles qu'ils ont dans le contrôle et le respect de l'environnement. Les acteurs auront notamment à :

- Vérifier la conformité de l'intervention des entreprises avec les exigences de la Charte ;
- Informer les utilisateurs du site ;
- S'assurer du respect de la présente charte à tous les stades de l'avancement du chantier ;
- Effectuer dans le cadre de la réunion de chantier, le point sur la Qualité Environnementale ;

`

- S'occuper de la gestion des déchets : tri, stockage et suivi de la valorisation et des quantités.

Des dispositions sont prises pour prévenir les atteintes à l'environnement. Notamment :

- Concernant les déchets du personnel, un système de tri sélectif sera mis à disposition des ouvriers afin d'éviter la dissémination des ordures (sac plastique, cannettes, emballage divers, bouteilles…) sur le chantier, puis leur rejet dans le milieu. Des cendriers de poche seront distribués à l'ensemble des ouvriers.
- Concernant les eaux de lavage, des bacs de rétention et de décantation seront mis en place pour le nettoyage des outils et bennes ;
- Les fluides divers nécessaires à la marche des engins et outils sont collectés et retraités (carburant, huile, graisse...).

La Charte de chantier précisera l'ensemble des moyens de surveillance prévus en cas d'accident en phase chantier. Concernant spécifiquement les hydrocarbures, huiles, fluides hydrauliques des engins, le site sera équipé de kits absorbants pour les hydrocarbures et pour les huiles qui pourront être mis rapidement en œuvre en cas de déversement accidentel.

3B Incidences sur les ressources naturelles

3B-1 Incidences sur les sols

Les caractéristiques générales du Projet sont décrites au Chapitre 2C-2, qui présente notamment les constructions projetées.

Les caractéristiques des fondations et structures en sous-sol du projet ont été présentées au Chapitre 2C-3. Il convient de rappeler que les fondations sont conçues pour permettre aux constructions de résister aux risques naturels prévisibles, cycloniques, tsunami et sismiques. Elles consistent en la réalisation d'une paroi périphérique en pieux sécants ancrée dans le substratum étanche assortie d'un caisson intérieur en *jet grouting*.

Incidence sur les écoulements des eaux souterraines

La réalisation du caisonnage en sous-sols conduit à s'interroger sur l'incidence du projet sur les écoulements des eaux souterraines, en particulier depuis l'étang jusqu'à la mer.

Cette question a fait l'objet d'une synthèse dans le rapport établi par Phil Heaton (On the cause or causes of erosion to the beach frontage at Hotel Etoile, St-Jean Bay, St Barthélemy, West Indies, Phil Heaton Associates Limited, Consulting Civil & Structural Engineers, Sept. 2023, en annexe 14), à son point 5.

Il en résulte que la réalisation des fondations du Projet le long de la plage a eu un effet négligeable sur le mouvement des eaux souterraines, pour trois raisons essentielles :

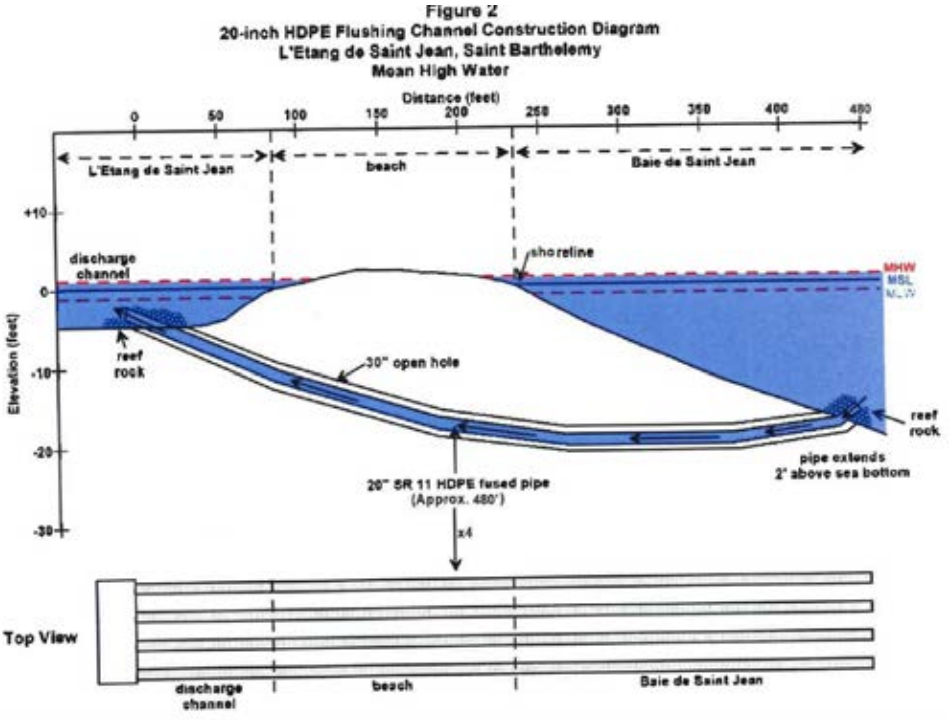
1/ Une modélisation de l'impact de l'hôtel de l'Etoile sur les écoulements souterrains a été réalisée par le BRGM (cf. Modélisation de l'impact de l'hôtel de l'Etoile sur les écoulements souterrains, BRGM, Rapport du 17 janvier 2022, en annexe 9). Le rapport conclut que les fondations en pieux sécants n'ont pas d'impact sur le niveau piézométrique et sur l'écoulement souterrain des eaux du site.

`

Plus précisément, il est relevé que l' « on ne note pas de changements de piézométrie, mis à part une remontée d'un centimètre sur la partie Est du bâti, cette faible modification est probablement due à la faible pluviométrie de la zone ainsi qu'à une bonne capacité de drainage du sol qui minimise la retenue que peuvent générer les fondations de l'hôtel. Les fondations du bâti sont simulées en faisant passer la perméabilité des mailles de la zone incluse dans les fondations à zéro, les rendant complètement étanches. » (p. 20)

En conclusion de cette étude, le BRGM ne préconise pas de contre-indications à la réalisation des fondations de l'hôtel en l'état actuel des choses et des informations transmises par le client sur les spécificités techniques des ouvrages, celles-ci étant décrites à la partie 3.5.1 (p. 16) et conformes aux travaux réalisés (décrits au Chapitre 2C-3).

2/ Il doit être tenu compte de la connexion établie entre l'étang à la mer par le système de canalisation décidé en 2016 et réalisé en 2019 (cf. Chapitre 1A – Description de l'environnement). Le canal d'écoulement ainsi ouvert a pour vocation de transporter l'excès d'eau de la lagune vers la plage, pour empêcher l'érosion due au ruissellement des eaux de surface passant sur les terres entre la lagune et la mer.



Caractéristiques du système de canalisations reliant l'étang à la baie de Saint-Jean
tel que défini par la société Ocean Earth Technologies
dans le document annexé à la convention signée par la Collectivité et la Société Eden Rock.

3/ Il est relevé que la différence d'altitude entre le niveau du lagon et le niveau de la plage est nulle (Référence : Rapport « Restructuraion de l'Emeraude à Saint Jean », Antilles Geotechnique No. 1811-039.IGE1 du 02/01/19, profil topographique p. 8).

Il résulte de ces éléments que la réalisation des fondations du Projet a eu un effet négligeable sur les écoulements d'eau souterraine. Elle n'est, par suite, pas susceptible de conduire à une

augmentation des risques d'inondations au sud du site, dans la plaine de Saint Jean, en cas de fortes précipitations.

Incidences sur le phénomène d'érosion de la plage

Le phénomène d'érosion au niveau de la baie de Saint-Jean a été décrit au Chapitre 1E-2.
Il en résulte que l'érosion de la plage est une préoccupation constante et importante, en particulier depuis le début des années 2000, dont les causes spécifiques sont bien connues.

La réalisation du caisonnage en sous-sols conduit à s'interroger sur l'impact du projet sur le phénomène existant d'érosion, et en particulier à rechercher s'il serait susceptible de l'aggraver, d'une façon ou d'une autre.

Cette question a fait l'objet d'une étude dans le rapport établi par Phil Heaton (On the cause or causes of erosion to the beach frontage at Hotel Etoile, St-Jean Bay, St Barthélemy, West Indies, Phil Heaton Associates Limited, Consulting Civil & Structural Engineers, Setpt. 2023, en annexe 14), à son point 7.

Il en résulte que le projet, et en particulier ses fondations et son sous-sol, ne sont pas susceptibles de contribuer au phénomène d'érosion, faute de pouvoir identifier un mécanisme qui contribuerait à ce phénomène en raison des techniques de construction employées précédemment pour le Projet et devant encore l'être à la reprise du chantier, ou de l'existence des structures et fondations dans le sous-sol eu égard à ses caractéristiques particulières.

Il est tout d'abord rappelé, à partir d'une étude des références scientifiques, les causes possibles de l'érosion, outre l'effet naturel de la marée et du vent. En l'espèce, eu égard aux caractéristiques du site, les facteurs identifiés sont l'influence des fondations sur les mouvements d'eau souterraine et les obstacles aux transferts sédimenteux au niveau du sol de la plage.

Comme indiqué ci-dessus, les fondations du Projet ont un effet négligeable sur les écoulements d'eau souterraine, de telle façon que ce facteur ne peut conduire à une aggravation du phénomène d'érosion. Par ailleurs, eu égard à sa localisation et ses caractéristiques, il ne fait pas obstacle aux transfert sédimenteux à la surface de la plage.

Le phénomène d'érosion est par ailleurs dû aux vagues, notamment en cas de tempête. En l'espèce, le recul des constructions par rapport au rivage permet d'éviter le risque d'affouillement dû à la réflexion des vagues sur les parois verticales.

Le rapport Rey et autres cité au Chapitre 1E-2 (EchoGéo 2020) relève que, sur les côtes peu artificialisées et possédant une zone tampon suffisamment large, « la forme d'ablation la plus commune reste la falaise d'érosion à l'interface plage/dune. Elle dessine une ligne plus ou moins continue en fonction des obstacles rencontrés par les vagues (végétations, propriétés, route…). Là où la zone tampon était supérieure à 20 m, nous avons pu observer une limite avec d'un côté, l'érosion côtière, et de l'autre des accumulations sédimentaires. Cette limite traduit d'une part le déplacement de la zone de swash vers le haut de plage, et d'autre part, un seuil énergétique située autour de 20 m à partir du rivage soit à environ à 1m NGF.

La carte d'urbanisme prévoit une zone Deck inconstructible qui vient s'ajouter à la zone N en bord de littoral. Dans le respect de ces dispositions, le Projet modifié est intégralement implanté à plus de 20 m du rivage, les villas de la première rangée étant à 27-29 m de la mer. De plus, une zone

`

supplémentaire d'arbres et de végétation de plage agira comme une barrière naturelle contre la mer.

Il en résulte que le risque d'affouillement, principalement présent dans les zones fortement exposées en raison de la réflexion des vagues sur les parois verticales, est faible. Il est de plus prévu l'installation de tapis anti-affouillement à 50 cm sous le niveau du terrain destinés à éviter la perte de sable (cf. Chapitre 2E-3).

L'ensemble de ces considérations conduisent à considérer que le Projet n'est pas susceptible d'aggraver par lui-même le phénomène d'érosion.

Cela étant, comme les autres acteurs du secteur touristique, le maitre d'ouvrage est particulièrement sensible et préoccupé par le phénomène d'érosion de la plage de Saint-Jean, et de façon générale de l'érosion côtière à Saint-Barthélemy. C'est la raison pour laquelle il entend participer aux études et actions menées par la Collectivité et les autres acteurs de l'île pour lutter contre le phénomène d'érosion de la plage de Saint-Jean avec l'objectif de traiter les sources mêmes du phénomène, et notamment la détérioration du récif coralien.

Déblais et remblais

Les caractéristiques des déblais et remblais sont traités au Chapitre 3A.

3B-2 L'eau

Eaux de mer

Il est prévu un suivi mensuel de la qualité de l'eau de mer au droit du site pendant la phase des travaux. Une analyse des eaux de la baie est déjà commandée par le maitre d'ouvrage depuis 2020 (cf. annexe 15).

Eaux souterraines

• Le fonctionnement de l'unité de dessalement mise en place pour assurer les besoins en eau douce de l'établissement hospitalier a une incidence sur les eaux souterraines du fait, d'une part, du prélèvement de l'eau de mer dans le puits de forage et de l'envoi des eaux de saumure dans le puits de rejet.

Comme indiqué au Chapitre 2D-2, l'unité de dessalement a une capacité de production de 80 m3/jour. Elle est largement dimensionnée par rapport au besoin de dessalement estimé, selon des hypothèses fortement conservatrices, à 70m3/jour.

L'étude du BRGM déjà citée (Modélisation de l'impact de l'hôtel de l'Etoile sur les écoulements souterrains, BRGM, Rapport du 17 janvier 2022, en annexe 9) a procédé à une modélisation à partir d'hypothèses conservatrices de fonctionnement de l'unité de dessalement, en adoptant un volume de pompage de 10m3/h (soit le double du pompage nécessaire pour assurer la production continue de 70m3/j), et en tenant compte de l'effet des fondations du projet sur les écoulements d'eau souterraine.

Un risque d'impact du milieu marin par cette installation est qualifié de peu probable, eu égard aux quantités de saumure rejetées et aux caractéristiques des sols.

`

Il est conclu (p. 27) que « Concernant l'installation de désalinisation, les simulations indiquent que les influences du pompage et du rejet sont limitées avec une côte supérieure du niveau piézométrique à +0,63m pour la zone de rejet et une côte inférieure du niveau piézométrique à -0,75m. Ces variations ne semblent pas problématiques avec une stabilité testée sur 10 ans, le réservoir marin constituant la principale source, un appauvrissement de la nappe des terres émergées est très improbable. Concernant les risques d'inondation, l'élévation du dôme lié au rejet de saumure dans le sous-sol additionné au niveau piézométrique actuel ne dépasse pas la côte topographique actuelle. »

Enfin, il est conclu que « la modélisation de la salinité pour les rejets de saumure a montré que le puits de pompage créé une voie préférentielle d'écoulement depuis le point de rejet (proximité trop importante des forages ou débit de production trop élevé) qui conduiront à terme à une élévation de la salinité de l'eau pompée, l'eau rejetée étant préférentiellement pompée ». Ce risque est identifié au bout d'un pompage de 10 ans à plein régime (cf. p. 25/26). Il est précisé que « ce phénomène peut être évité soit en adaptant les débits de production soit en remontant la profondeur de pompage pour faire en sorte que le rejet de saumure se trouve à un niveau inférieur. »

Eu égard aux conditions réelles d'exploitation, qui devraient se situer sensiblement au-dessous des hypothèses retenues pour la modélisation, les effets de l'unité de dessalement sur le sol et la pérennité de son fonctionnement de l'unité apparaissent assurée à moyen terme.

Cela étant, les mesures suivantes sont prévues :

- Mettre en œuvre de façon continue une démarche de sensibilisation des clients et du personnel à la nécessité de limiter la consommation de l'eau douce, et développer la démarche de limitation des besoins en désalinisation de l'eau de mer ;
- Mettre en œuvre un suivi dans le temps des volumes d'eau de saumure dirigées vers le puits de rejet et une mesure annuelle de la salinité des sols au niveau des puits ;
- Etudier et réaliser un second point de rejet pour l'unité de désalinisation ;
- Effectuer un suivi des technologies opérationnelles disponibles, afin d'adapter le dispositif de dessalement si elles sont de nature à améliorer significativement la qualité environnementale de l'établissement hôtelier, en lien avec la Collectivité et l'ATE.
- Contribuer à la réalisation d'une étude courantologique de la baie de Saint-Jean afin d'évaluer les temps de renouvellement des eaux de la baie.

• Le fonctionnement de la station d'épuration est également susceptible d'avoir une incidence sur les sols, du fait du rejet des eaux clarifiés issues du traitement.

Cette incidence peut être regardée comme faible.

Comme indiqué au Chapitre 2D-2, le traitement membranaire retenu assure une qualité de rejet des effluents sensiblement inférieure aux seuils fixés par la Collectivité. Les eaux clarifiées issues du traitement sont destinées à l'arrosage des importants espaces végétalisés prévus par le Projet modifié, avec un effet naturel de captation des nitrates et phosphates. Un suivi périodique du taux de charge des eaux souterraines en nitrates et phosphates sera mis en œuvre, afin de s'assurer de l'absence de risque de diffusions au milieu marin.

Cela étant, un suivi périodique du taux de charge des eaux souterraines en nitrates et phosphates sera mis en œuvre, afin de s'assurer de l'absence de diffusion, en particulier au milieu marin.

`

3B-3 Déchets solides

Les emballages en papier, en carton et en plastique seront séparés et passeront dans un compacteur situé au sous-sol pour former des balles qui pourront être transportées hors du site pour être recyclées ou éliminées. Des emballages seront nécessaires pour protéger les matériaux et les produits finis fabriqués hors du site et ils constitueront le minimum requis pour garantir une protection adéquate.

3B-4 Impact sur l'environnement naturel et les espèces

Le site d'Emeraude Plage est actuellement nu de végétation, sauf du côté nord de la parcelle, du fait des travaux de démolition de l'ancien hôtel Emeraude et des travaux de fondation du futur ensemble hôtelier. Une partie de cette végétation pourrait être supprimée à l'occasion des opérations de construction, mais le Projet prévoit un vaste programme de revégétalisation du site avec de la flore indigène.

Il convient de relever de nouveau que le maître d'ouvrage souhaite travailler en étroite collaboration avec l'Agence territoriale de l'environnement et les pépinières locales pour la mise en œuvre de l'important programme de végétalisation prévu sur me site par le Projet modifié.

Les populations de faune terrestre présentes seront gênées lors de la réalisation de construction. Les animaux en mouvement, tels que les oiseaux, les lézards, etc. vont probablement se délocaliser et pourront recoloniser la zone une fois les travaux terminés. Compte tenu de la dégradation de l'environnement sur le site déjà urbanisé, la modification de la zone d'étude par le projet ne révèle pas la destruction d'un habitat d'oiseaux ou de la faune, et ne devrait pas mettre en danger ces espèces ni d'autres espèces d'oiseaux très rares.

Les tortues marines nichent parfois dans la baie de Saint-Jean. La présence d'un hôtel peut avoir un impact négatif sur cette activité de nidification, si la construction se fait en bordure de plage ou si des lumières sont diffusées sur la plage et la mer. Dans ce cas, des mesures de prévention sont intégrées dans la conception de l'hôtel : une flore indigène formera une limite entre la plage et les bâtiments, et un éclairage adapté aux tortues sera installé près de la plage.

Sargassum

L'invasion régulière d'algues sargasses sur la plage de Saint-Jean représente un risque pour la santé humaine, le tourisme et la faune. Une fois sur la plage, les sargasses se décomposent, en donnant souvent à la mer une couleur brune et en produisant du sulfure d'hydrogène, qui dégage l'odeur d'un œuf périmé. Ces deux résultats ne sont pas souhaitables pour les hôtels. Actuellement, la seule solution pour enlever les sargasses est d'utiliser des méthodes manuelles, ce qui entraîne également l'enlèvement du sable, contribuant ainsi à la perte globale de la plage.

3B-5 Matériaux et produits importés

Lorsque des produits et des matériaux locaux peuvent être utilisés dans la construction, ils seront recherchés et garantis pour la construction à un stade précoce. Cependant, la taille et l'emplacement de l'île nécessitent l'importation d'une grande quantité de produits de construction depuis l'étranger.

`

Dans un souci de durabilité, les produits provenant de la région la plus proche de l'île seront considérés en priorité afin d'éviter d'augmenter l'empreinte carbone du projet. Par ailleurs, les produits issus d'un processus de valorisation des déchets, tel le recycle, seront favorisés.

Ainsi :

- Les pieux des fondations sont constitués de béton et d'armature en acier, ce dernier fabriqué à partir d'un mélange de minerai de fer et d'acier recyclé, de façon à diminuer la demande en ressources naturelles.

- Les fondations des bâtiments et les piscines sont en béton armé. Le béton sera coulé sur l'île et l'armature en acier sera importée d'une source durable qui réutilise l'acier recyclé ainsi que le minerai de fer dans le processus de fabrication.

- Les bois de différentes variétés peuvent désormais provenir de forêts durables et cette accréditation à l'achat sera nécessaire pour justifier les sélections effectuées.

- La roche corallienne locale sera utilisée pour la construction des murs inférieurs avec des façades en bois et des bardeaux de bois sur le toit. Le bois provient d'une exploitation forestière durable, ce qui sera vérifié avant l'achat. Ces matériaux naturels nécessitent peu de transformations et donc une consommation d'énergie limitée pour la production du produit fini.

- Les aménagements et le mobilier sur mesure sont tous fabriqués hors site. Les fournisseurs devront utiliser des sources durables pour les matières premières. L'ensemble de la chaîne d'approvisionnement sera géré en mettant l'accent sur la durabilité des matières premières naturelles utilisées et sur l'empreinte carbone créée, en privilégiant les fournisseurs et les ressources locaux.

- Les arbres et arbustes, les fleurs et la végétation indigènes seront achetés et conservés dans des bacs et des pépinières, prêts à être livrés au moment opportun. Comme déjà indiqué, le maître d'ouvrage souhaite travailler en étroite collaboration avec l'Agence territoriale de l'environnement et les pépinières locales pour la mise en œuvre de l'important programme de végétalisation prévu sur me site par le Projet modifié.

- Les produits achetés à l'étranger seront emballés dans des conteneurs d'expédition afin d'éviter les transits inutiles vers l'île comprenant des conteneurs partiellement remplis, cette approche se justifie également d'un point de vue commercial.

3C Incidences du mode et des conditions d'approvisionnement en eau et du rejet et traitement des eaux de pompage

Comme indiqué au Chapitre 2D-2, l'eau potable nécessaire aux travaux sera acheminée sur le site par camion-citerne. Une fois les travaux de sous-sol effectivement achevés, l'usine de dessalement assurera les besoins en eau douce du chantier.

Le pompage des eaux souterraines pendant les travaux d'excavation et d'aménagement des sous-sols passera par un réservoir de filtration et de sédimentation afin d'éliminer les particules en suspension dans l'eau, de sorte que l'eau puisse être réutilisée ou rejetée en toute sécurité par surpompage en vue de recharger les nappes phréatiques à une certaine distance du lieu de pompage, à l'intérieur des limites du site.

`

Le dépoussiérage sera effectué à l'aide d'eau salée provenant de l'écoulement du réservoir de sédimentation afin d'éviter de solliciter l'approvisionnement en eau potable.

3D Incidences de l'émission de polluant, du bruit, de la vibration, de la lumière, la chaleur et la radiation, de la création de nuisance et de la valorisation des déchets, durant les phases de construction et de fonctionnement

Incidences du bruit, de la vibration et de la lumière

Lors de la réalisation de la construction, la plage sera impactée par des nuisances sonores et visuelles. Ces impacts seront néanmoins temporaires et n'affecteront les zones proches qu'en journée.

L'utilisation d'outils de percussion anti-vibration sera favorisée, notamment pour le démantèlement des murs de pieux sécants.

Pendant la phase d'exploitation, la pollution lumineuse nocturne provenant de l'hôtel et du restaurant pourrait avoir des effets néfastes sur la nidification et la survie des tortues marines. La nidification a lieu principalement la nuit, lorsque la femelle monte sur la plage et trouve un endroit approprié dans le sable pour former son nid. Après l'incubation, les jeunes tortues sortent du nid et se dirigent immédiatement vers l'horizon le plus lumineux, qui, dans des conditions naturelles nocturnes (et donc non éclairées), est l'horizon de la mer. La présence de lumière artificielle sur les plages, ainsi que la lueur des sources indirectes provenant des établissements et des infrastructures urbaines le long de la côte, désorientent les tortues qui se dirigent vers ces nouvelles sources lumineuses plus intenses. Les tortues risquent de se perdre ou de mourir de déshydratation. Cependant, il est à noter que ce risque est associé à toutes les activités commerciales sur les plages et pas seulement à l'hôtel Emeraude Plage.

3E Incidences des risques pour la santé humaine, pour le patrimoine culturel ou pour l'environnement

3E-1 Impact général

L'hôtel aura un impact positif sur l'économie de l'île en augmentant les revenus du tourisme et en créant des emplois à court terme (pendant la construction) et à long terme (pendant l'exploitation). Son objectif, à ce titre, est de remplacer l'ancien hôtel Emeraude, bien connu des habitants de Saint-Barthélemy et des visiteurs, par un nouvel hôtel de capacité comparable et aux caractéristiques environnementales améliorées.

D'un point de vue purement esthétique, la construction de l'hôtel sur un site actuellement défriché et entouré d'une grande clôture aura un impact positif.

3E-2 Impact sur le logement

Le Projet va bénéficier des logements d'ores et déjà construits par le maître d'ouvrage pour ses activités hôtelières sur l'île, destinés à accueillir le personnel de l'hôtel Le Barthélemy déjà en activité et de l'Emeraude Plage. Les logements sont situés sur les sites « Oasis » (120 lits répartis entre 30 bungalows) et « Seahorse » (50 lits).

`

Le nombre de lits est suffisant pour l'ensemble du personnel des deux hôtels. De plus, les équipes de direction des deux hôtels seront mutualisées, de sorte que la gestion commune des hôtels évite de créer des besoins supplémentaires de logement pour ces équipes.

Le site Oasis a été récemment construit par des artisans locaux. Le site a été réalisé conformément à l'architecture historique de Saint-Barthélemy avec des "cases créoles" colorées, représentant une faible densité au sol. Chaque pièce de ces cases bénéficie de la lumière naturelle. Les murs intérieurs sont situés à 2/3 de la hauteur des plafonds afin de permettre la mutualisation d'une climatisation centrale et réduire la consommation d'énergie. La cuisine et les espaces de vie sont situés à l'extérieur afin de réduire la consommation d'énergie. Le maître d'ouvrage prévoit également l'installation de panneaux solaires à très court terme.
Le site propose au personnel des deux hôtels des chambres individuelles confortables ainsi qu'un vaste jardin.

Photos du site Oasis :

`

3E-3 Impact sur les services publics de de gestion de l'eau et de distribution d'électricité

Comme indiqué aux Chapitres 2D-1 et 2D-2, le Projet modifié est conçu pour minimiser les besoins en énergie électrique et en eau potable, dans une approche de développement durable respectueuse de l'environnement naturel de la baie de Saint-Jean et l'environnement humain de l'île.

Electricité

En phase de travaux, l'alimentation en énergie proviendra exclusivement d'un groupe électrogène installé sur le site, sans sollicitation du réseau public de distribution d'électricité, comme cela est indiqué au Chapitre 2D-1.

En phase d'exploitation, le Projet modifié est conçu pour minimiser la sollicitation du réseau public de distribution d'électricité. Du fait des économies réalisées par rapport au projet initial et de la mise en place d'une capacité de production ENR de type photovoltaïque, la sollicitation du réseau électrique public est ramenée à 192.352 kWh/an, soit une diminution de près de 47% par rapport au projet initial. Le Projet modifié est équipé de générateurs de secours et d'appoint qui peuvent être mobilisé pour limiter la demande globale sur le réseau électrique, en cas d'incident ou de surcharge.

Eau

Comme le Projet initial, le Projet modifié est conçu pour être autonome en eau potable, du fait de l'unité de dessalement prévue. Son dimensionnement a été évalué de façon prudente et conservatrice, afin de ne pas prendre le risque de devoir solliciter le réseau public de distribution d'eau potable.
Cela étant, le Projet modifié met en œuvre des dispositifs de réduction de la consommation d'eau et de réutilisation des eaux de pluie et des eaux clarifiées, de façon à solliciter le moins possible l'unité de dessalement.

3E-4 Impact sur la circulation routière

Le Projet est conçu pour limiter au maximum son impact sur la circulation routière, étant précisé que l'exploitation hôtelière de l'hôtel projeté prendra la suite de celle de l'ancien hôtel Emeraude. Cf. Etude trafic ci-dessus (cf. Chapitre 3F ci-dessous).

3E-5 Prise en compte des risques naturels

Les risques naturels continueront d'avoir un impact sur Saint-Barthélemy. Le changement climatique, notamment, exacerbe les risques et les vulnérabilités. L'élévation du niveau de la mer crée des risques plus élevés d'inondations et de tempêtes pour toutes les propriétés situées en bord de mer à Saint-Barthélemy. Les risques liés au changement climatique et aux aléas naturels ont été identifiés aux chapitres 1B (ouragan, tsunami) et 1C (tremblement de terre).

Le projet a été conçu pour faire face à ces risques naturels. Les mesures prises sont exposées au Chapitre 2E.

`

Ces mesures ont pour vocation de protéger au mieux les personnes, tant au sein de l'hôtel (clients et personnels) que dans son voisinage, et les biens (les constructions projetées mais également celles situées aux alentours), de telle façon à ce que le Projet ne présente pas de risque notable pour la sécurité publique. En particulier, le sous-sol de l'hôtel a été modifié pour répondre aux enjeux de sécurité publique (cf. Chapitre 2E-4).

3E-6 Santé humaine

Une fois réalisé, le projet ne devrait pas créer de risques supplémentaires significatifs pour la santé humaine. L'hôtel devrait prendre les précautions recommandées pour réduire la densité des moustique, vecteurs de maladies, et suivre les recommandations de l'ARS concernant l'élimination des eaux stagnantes, etc.

Pendant la phase de construction, des normes de santé et de sécurité devront être appliquées pour assurer la sécurité des équipes et du personnel de construction. En outre, la construction entraînera des poussières et des bruits. Les réglementations relatives à la pollution par le bruit et les poussières (qui peuvent avoir un impact sur la santé humaine) doivent être respectées afin de minimiser l'impact sur les travailleurs et la communauté. Des actions spécifiques sont recommandées dans la section sur les mesures d'atténuation.

Pendant les opérations de construction, il y aura des émissions provenant de la circulation sur la route adjacente. En effet, aujourd'hui, et surtout pendant la haute saison, il y a fréquemment de gros embouteillages le long de la route allant de l'aéroport à Eden Rock et au rond-point de St Jean. Si le tourisme augmente ou se poursuit au rythme actuel, les risques de sécurité liés à la circulation et aux émissions continueront à poser des difficultés à Saint-Barthélemy. Les mesures d'atténuation visant à minimiser les émissions dues au trafic sont examinées dans la section consacrée aux mesures d'atténuation.

L'"invasion" de sargasses, en particulier lorsque de gros monticules de sargasses s'accumulent sur la plage et commencent à pourrir, représente un risque important pour la santé humaine. Le dégagement de gaz nocifs provenant des algues en décomposition a provoqué des nausées et des visites aux urgences sur plusieurs îles. Il s'agit actuellement d'un risque inévitable qui est géré par l'enlèvement des sargasses des plages, mais qui reste une menace permanente.

3E-7 Patrimoine culturel et environnemental

La plage de St Jean est la principale plage touristique de St Jean. L'aménagement intensif de la plage au fil des ans et les changements dans l'environnement marin ont réduit ou éliminé une grande partie des activités traditionnelles qui étaient autrefois associées à la plage (voir Figure 3.1). Par exemple, les membres de la communauté locale indiquent que dans les années 1960 et 1970 (et probablement avant), ces derniers avaient l'habitude de ramasser des conques et des homards dans les eaux littorales de la baie de Saint-Jean pour le dîner (Aubin, J pers comm). La zone était un point de débarquement pour plusieurs bateaux de pêche. Cependant, la vie marine n'est plus abondante et ces activités traditionnelles n'ont plus lieu, à l'exception de quelques pêcheurs qui ramènent leurs prises à terre près de l'entrée de l'étang salé d'Eden Rock. L'aménagement intensif a également éliminé de vastes zones de dunes naturelles et de végétation indigène.

`

Il n'est pas possible de recréer le paysage culturel qui existait autrefois à Saint-Barthélemy. Cependant, Emeraude Plage intègre plusieurs éléments culturels traditionnels dans sa son design (voir chapitre 2). Par exemple, les bâtiments s'inspirent de la conception traditionnelle des "cases" et utiliseront, dans la mesure du possible, des pierres locales. La case traditionnelle, endémique à Saint-Barthélemy, a été conçue pour résister aux conditions météorologiques extrêmes. Elle favorise la circulation de l'air et amène de l'air à l'intérieur des bâtiments. Emeraude Plage intègre cette conception pour réduire la dépendance à l'égard de la climatisation et envisage d'offrir aux clients une concession pour l'utilisation de la circulation naturelle de l'air au lieu de la climatisation. L'aménagement paysager intègre également la végétation indigène qui était traditionnellement plus abondante le long de la plage, avant le développement (Figure 3.1). Les impacts environnementaux, notamment sur la biodiversité et l'écologie, sont examinés au chapitre 1 et dans d'autres sections.

Figure 3.1 Baie de St Jean c1970 (à gauche), aujourd'hui (à droite)

Les incidences sur l'environnement sont détaillées dans plusieurs sections du présent document, notamment aux chapitres 2 et 3H ainsi que les sections traitant des incidences potentielles de la construction et de l'infrastructure.

Le site a été défriché dans le cadre du premier permis de construire et il n'y a pas d'assemblages de plantes indigènes ou d'espèces menacées sur la zone défrichée. Il est possible de contribuer à la réhabilitation de l'environnement marin, notamment des récifs coralliens et des herbiers marins. La nidification des tortues de mer n'est pas courante (voir la section sur la biodiversité). Ce qui n'est pas surprenant compte tenu de l'ampleur des constructions et des lumières vives sur la plage la nuit, ainsi que de la perte de végétation qui favorise la nidification des tortues de mer. Emeraude Plage a l'opportunité de surveiller les tortues de mer pendant la saison de nidification, de créer des assemblages de végétation favorables aux tortues de mer et de s'assurer que des lumières favorables aux tortues de mer soient utilisées pendant la saison de nidification et d'éclosion dans l'hypothèse où des tortues de mer seraient présentes. Les protocoles de surveillance des tortues de mer et de protection des nids ont été fournis à Emeraude Plage et ont également été décrits dans l'étude précédente.

3F Étude de circulation

Réalisé par Chris Oram EngTech MIHE RegTTME (IHE) et supervisé par Phil Heaton MBA MSc(Eng) C Eng MICE

`

3F-1 Informations sur l'emplacement

Le Projet sera situé à environ 700 mètres à l'est de l'aéroport Gustaf III, relié par la route D209 qui traverse la plage de la baie de Saint-Jean.

L'hôtel, qui comportera 38 chambres, générera des flux similaires, voire inférieurs, à ceux de l'ancien hôtel Emeraude Plage, situé à proximité de la plage de Nao. En effet, il comportera un personnel moins nombreux du fait des mutualisations avec l'hôtel Le Saint-Barthélemy, situé à quelques kilomètres de là. Le transport des clients vers et depuis l'aéroport sera principalement assuré par le service de taxis de l'île.

Les pics d'affluence se situent généralement entre 9h00 et 11h00, et entre 16h30 et 18h00 chaque jour. La route elle-même est relativement étroite dans la zone dans cette du Projet (environ 5,1 m de large). Le tracé de la route présente un virage large entre l'aéroport et l'hôtel, avec de nombreuses façades, des routes secondaires et des entreprises disséminées le long de la route. Les flux de circulation sont constitués de voitures et de motos, et 2,76 % de poids lourds.

3F-2 Champ d'application du rapport

Les données sur le trafic sont limitées. Il n'existe que des informations sur les flux de trafic autour de l'aéroport, à environ 500 mètres à l'ouest de l'hôtel. Aucune enquête ou étude de terrain n'a été menée à proximité de l'hôtel, ni sur les routes secondaires de la zone. Une hypothèse sur ces dernières ainsi que sur l'augmentation prévue due à l'hôtel a été appliquée à ce rapport.

Les données existantes se concentrent sur le trafic en direction de l'est et de l'ouest, y compris les flux provenant d'un échangeur à l'est de l'aéroport. L'évaluation de ces flux permet d'obtenir un décompte global pour l'itinéraire principal de la D209 passant devant l'accès du Projet.

La capacité (mesure de l'utilisation maximale de la route qui n'affecte pas la qualité du flux de trafic ou du niveau de service pour les utilisateurs) et le service (qualité de la circulation telle qu'elle est perçue par les usagers de la route) ont été formulés pour ce rapport afin de comprendre les relations entre ces flux et les flux existants. Comme les informations obtenues ne sont pas tout à fait précises ou à jour pour le site, ces calculs servent de guide et de base pour évaluer l'impact global du Projet.

Données disponibles

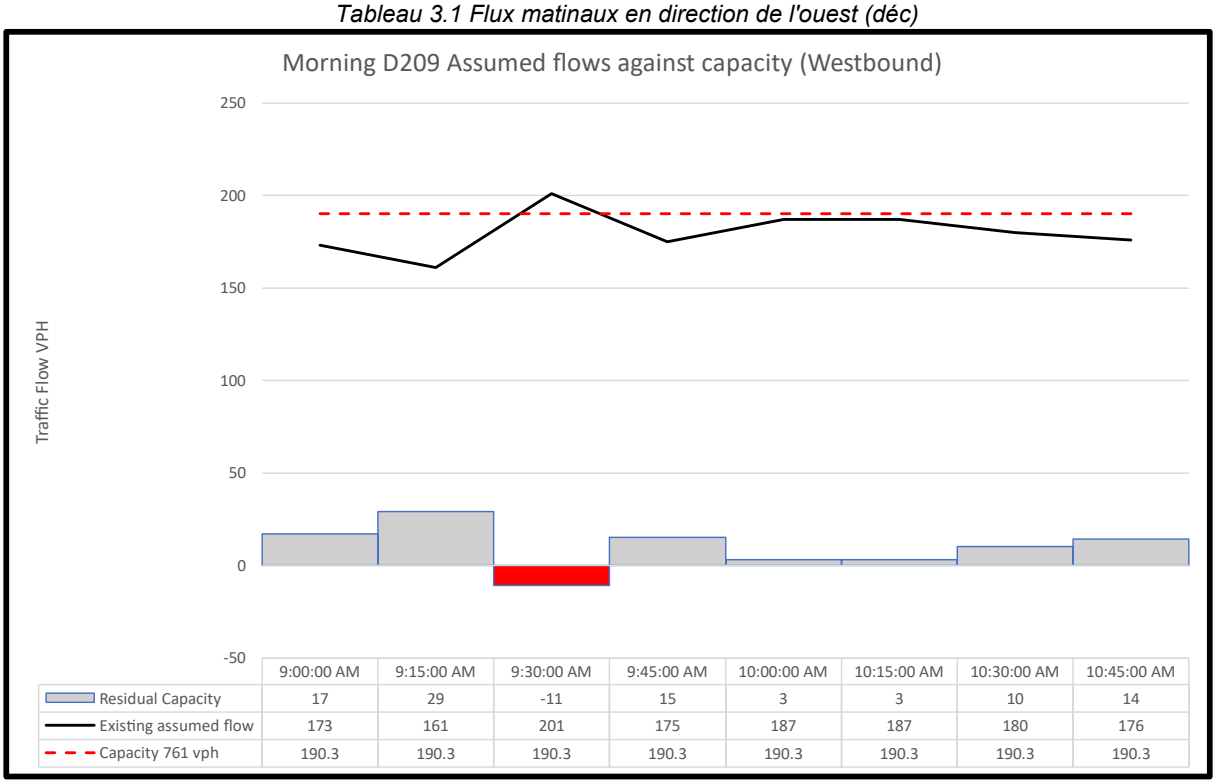
L'évaluation suivante a été effectuée sur la base des données fournies par la Collectivité (31 décembre 2020 / 8 janvier 2021). Même s'il ne s'agit pas des années les plus récentes, ces dates sont postérieures aux restrictions de trafic dues au COVID, avec un retour complet à la mobilité sociale.

3F-3 Flux pour le trafic en direction de l'ouest

Ci-dessous, le graphique du Tableau 3.1montre les flux de sortie des données de décembre 2020 obtenues par rapport à la capacité de la route pour le trafic en direction de l'ouest. La capacité de cette route a été calculée par rapport à la capacité idéale d'une route à chaussée unique, avec les facteurs de correction habituels pour ce type de zone. Ces facteurs comprennent la largeur, la charge en véhicules lourds et le type de route, parmi d'autres facteurs.

`

Tableau 3.1 Flux matinaux en direction de l'ouest (déc)



	9:00:00 AM	9:15:00 AM	9:30:00 AM	9:45:00 AM	10:00:00 AM	10:15:00 AM	10:30:00 AM	10:45:00 AM
Residual Capacity	17	29	-11	15	3	3	10	14
Existing assumed flow	173	161	201	175	187	187	180	176
Capacity 761 vph	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3

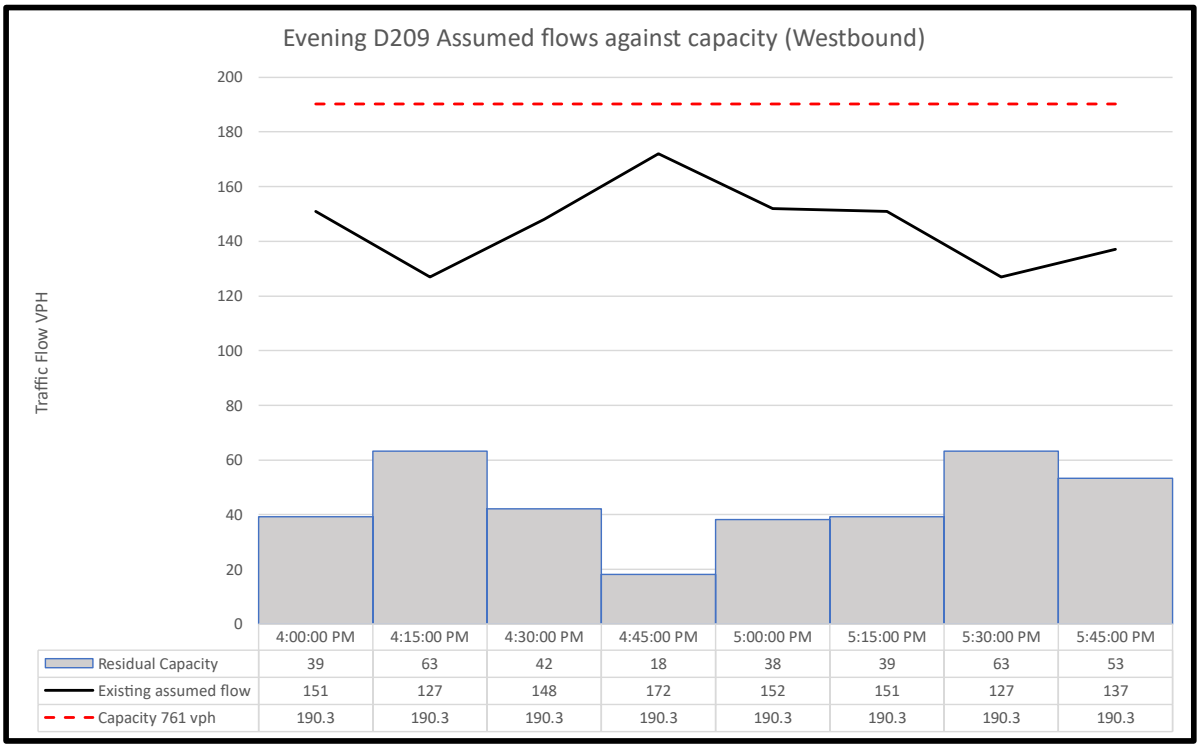
La ligne noire représente les données collectées montrant les flux existants. La ligne rouge en pointillés indique la capacité de la route. La capacité de 761 véhicules par heure / par voie est représentée par intervalles de 15 minutes. Les barres remplies représentent la capacité résiduelle. Lorsque les flux existants dépassent la capacité, la barre rouge est affichée.

Dans le Tableau 3.1 le flux de pointe de 201 véhicules à 9 h 30 dépasse de 6 % la capacité de la route. À cette période de l'année, on s'attend à ce que le nombre de visiteurs soit élevé, en raison des vacances de Noël qui créent un point chaud touristique et de l'augmentation de l'utilisation de l'aéroport qui en découle.

Le soir, les valeurs des flux ont tendance à diminuer et la capacité résiduelle est donc maintenue à un niveau acceptable (cf. Tableau 3.2ci-dessous).

`

Tableau 3.2 Flux du soir en direction de l'ouest (déc)

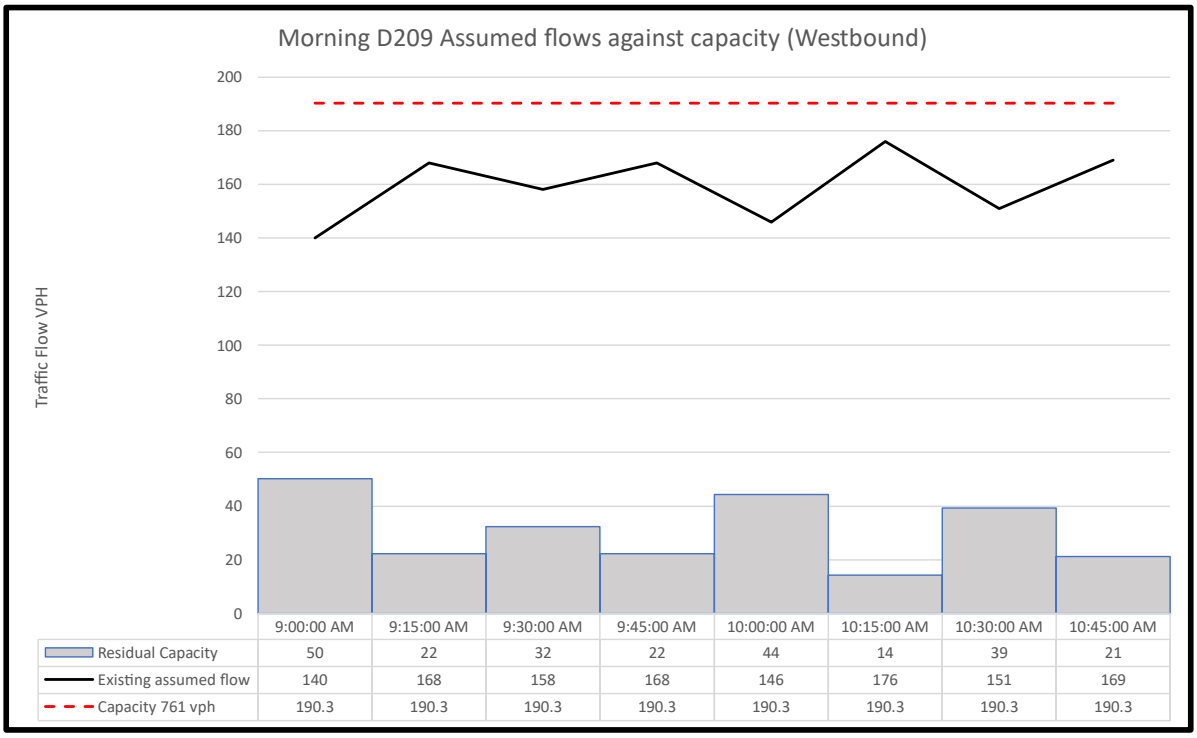


	4:00:00 PM	4:15:00 PM	4:30:00 PM	4:45:00 PM	5:00:00 PM	5:15:00 PM	5:30:00 PM	5:45:00 PM
Residual Capacity	39	63	42	18	38	39	63	53
Existing assumed flow	151	127	148	172	152	151	127	137
Capacity 761 vph	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3

Les données de janvier illustrent une différence pour le trafic en direction de l'ouest, la soirée étant plus chargée que la matinée. Toutefois, la capacité n'a pas été atteinte. Tableau 3.3 et Tableau 3.4 montrent les flux du matin et du soir, respectivement.

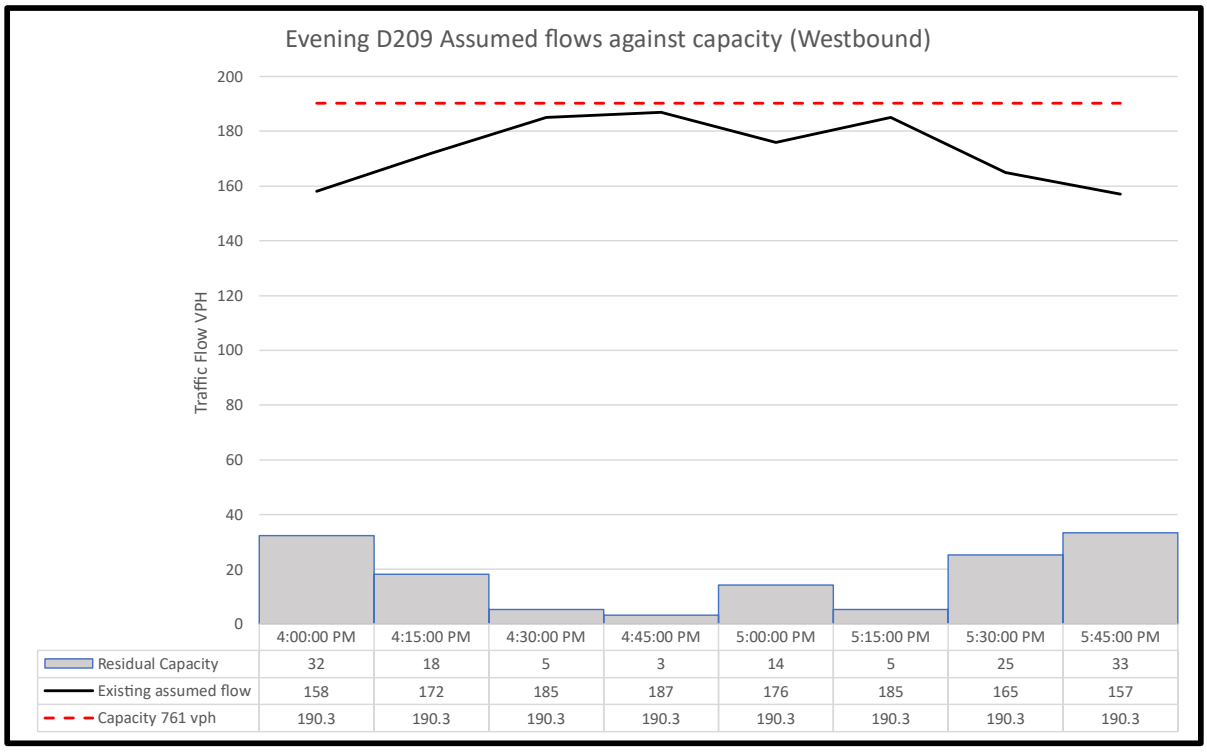
`

Tableau 3.3 Flux matinaux en direction de l'ouest (Jan)



	9:00:00 AM	9:15:00 AM	9:30:00 AM	9:45:00 AM	10:00:00 AM	10:15:00 AM	10:30:00 AM	10:45:00 AM
Residual Capacity	50	22	32	22	44	14	39	21
Existing assumed flow	140	168	158	168	146	176	151	169
Capacity 761 vph	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3

Tableau 3.4 Flux du soir en direction de l'ouest (Jan)



	4:00:00 PM	4:15:00 PM	4:30:00 PM	4:45:00 PM	5:00:00 PM	5:15:00 PM	5:30:00 PM	5:45:00 PM
Residual Capacity	32	18	5	3	14	5	25	33
Existing assumed flow	158	172	185	187	176	185	165	157
Capacity 761 vph	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3

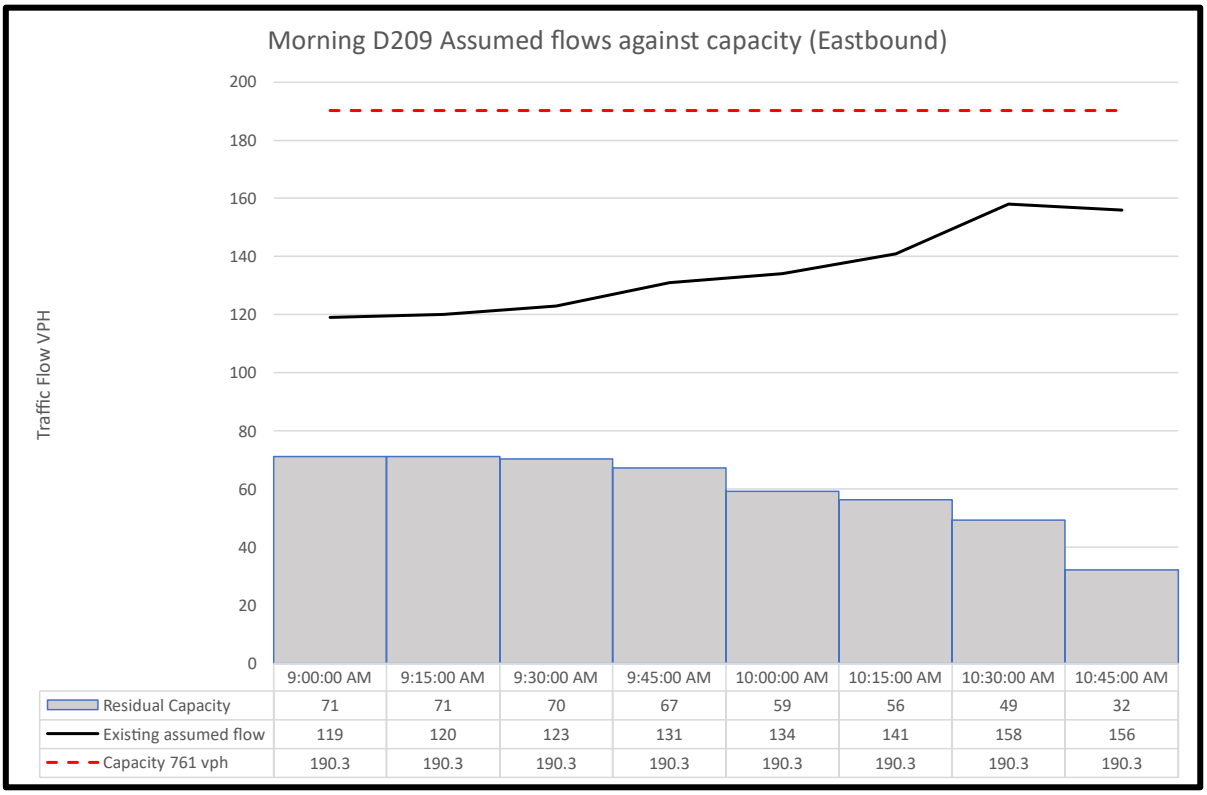
Comme le montre le graphique, le flux de pointe de 187 atteint 98 % de saturation à 9 h 45. C'est à ce moment-là que les files d'attente pourraient avoir un impact sur la zone en créant des embouteillages et en augmentant les émissions.

`

3F-4 Flux pour le trafic en direction de l'est

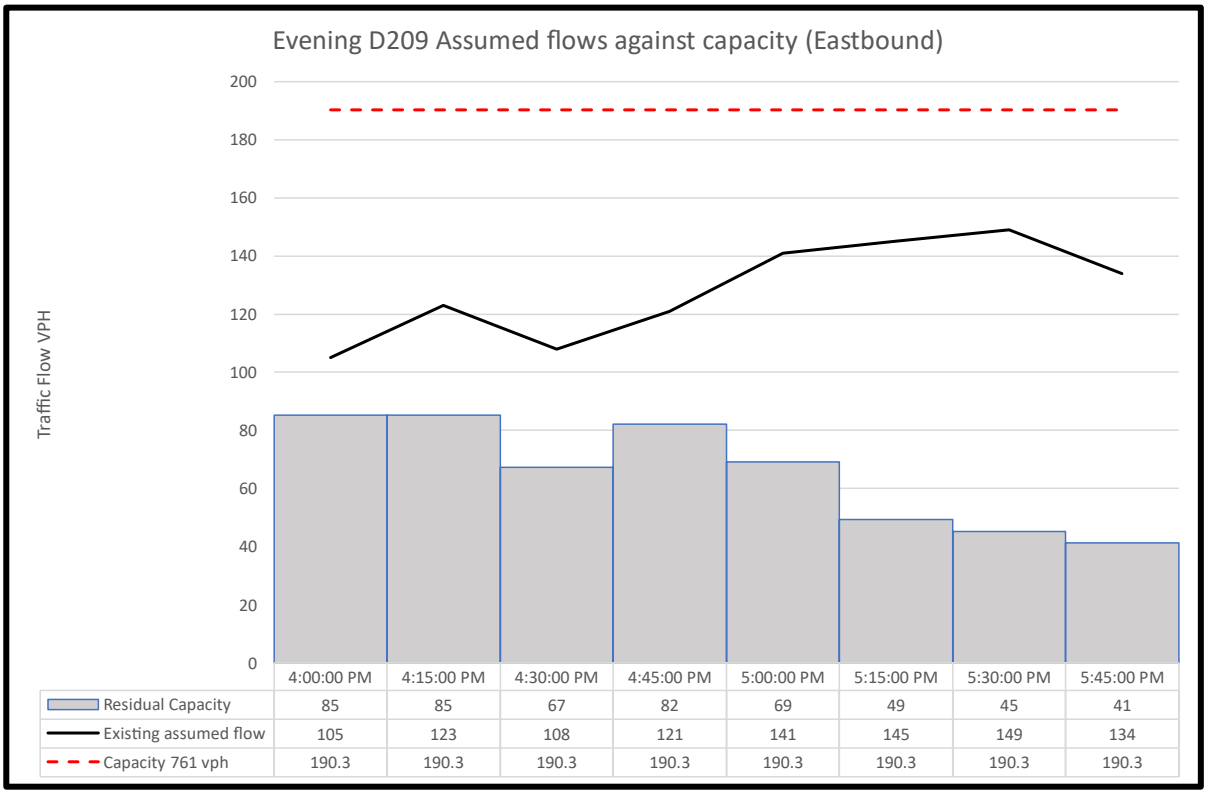
Les flux en direction de l'est sont assez similaires ; cependant, le flux de pointe atteint 87 % de saturation avec 175 véhicule, à comparer au 6 % de saturation du débit en direction de l'ouest (avec 201véhicules). Là encore, chaque tableau représente, lorsque cela est spécifié, les données de janvier et de décembre obtenues en 2021 et 2020 respectivement (tableau 3.5).Tableau 3.5-Tableau 3.8).

Tableau 3.5 Flux matinaux en direction de l'est (déc)



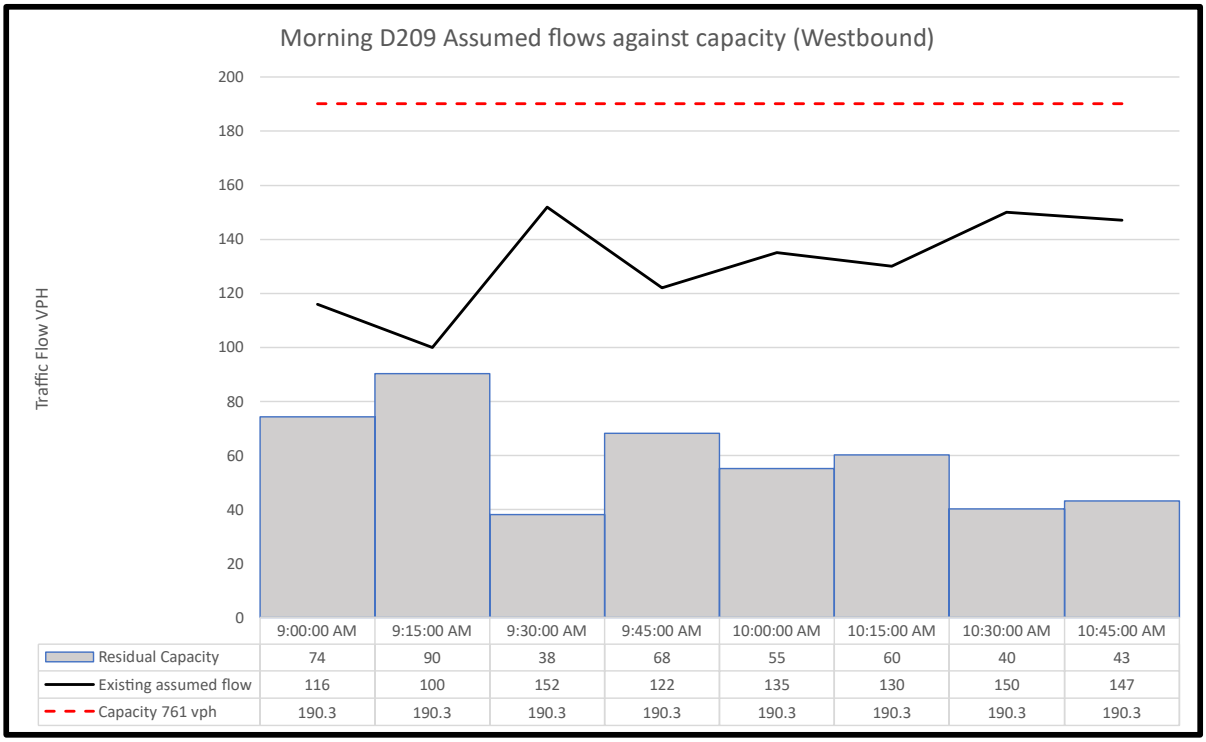
	9:00:00 AM	9:15:00 AM	9:30:00 AM	9:45:00 AM	10:00:00 AM	10:15:00 AM	10:30:00 AM	10:45:00 AM
Residual Capacity	71	71	70	67	59	56	49	32
Existing assumed flow	119	120	123	131	134	141	158	156
Capacity 761 vph	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3

Tableau 3.6 Flux du soir en direction de l'est (déc)



	4:00:00 PM	4:15:00 PM	4:30:00 PM	4:45:00 PM	5:00:00 PM	5:15:00 PM	5:30:00 PM	5:45:00 PM
Residual Capacity	85	85	67	82	69	49	45	41
Existing assumed flow	105	123	108	121	141	145	149	134
Capacity 761 vph	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3

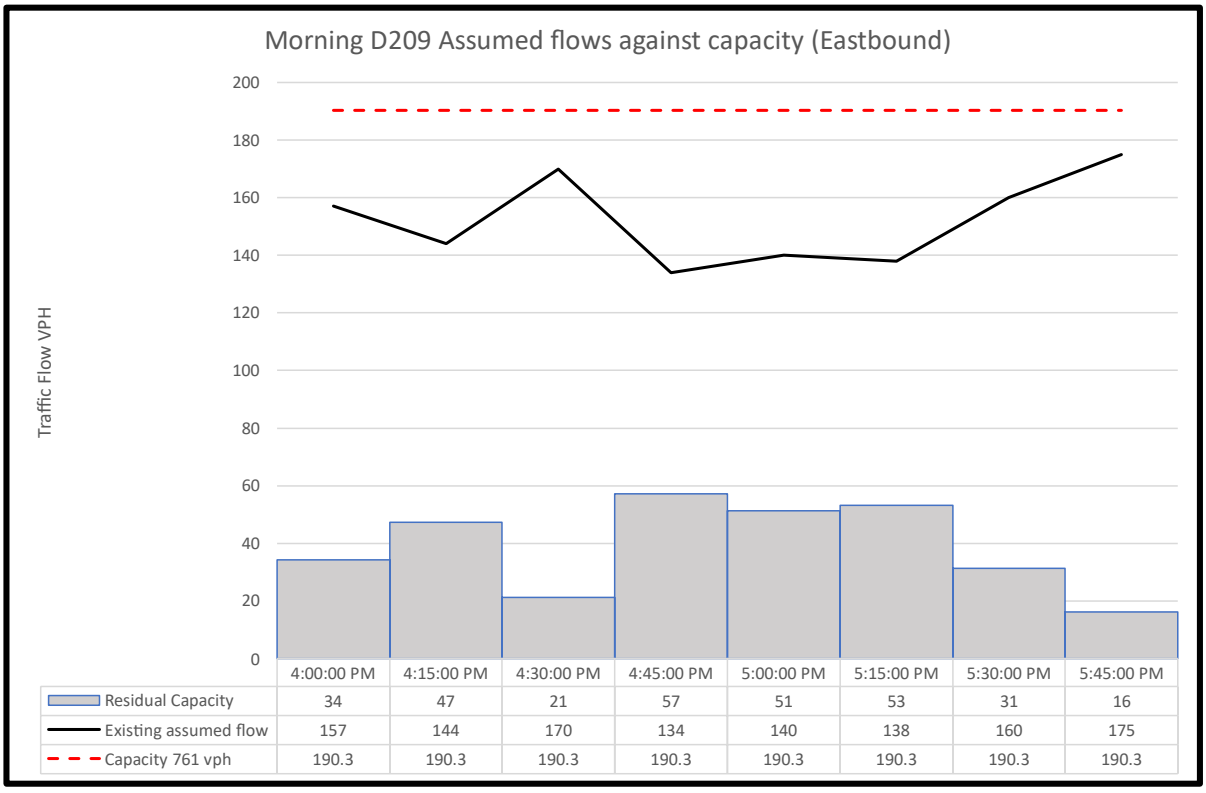
Tableau 3.7 Flux matinaux en direction de l'est (Jan)



	9:00:00 AM	9:15:00 AM	9:30:00 AM	9:45:00 AM	10:00:00 AM	10:15:00 AM	10:30:00 AM	10:45:00 AM
Residual Capacity	74	90	38	68	55	60	40	43
Existing assumed flow	116	100	152	122	135	130	150	147
Capacity 761 vph	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3

`

Tableau 3.8 Flux du soir en direction de l'est (Jan)



	4:00:00 PM	4:15:00 PM	4:30:00 PM	4:45:00 PM	5:00:00 PM	5:15:00 PM	5:30:00 PM	5:45:00 PM
Residual Capacity	34	47	21	57	51	53	31	16
Existing assumed flow	157	144	170	134	140	138	160	175
Capacity 761 vph	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3	190.3

Les flux en direction de l'est et de l'ouest fonctionnent à une fréquence similaire, de sorte que l'on peut supposer que l'utilisation des voies est répartie à 50/50.

Il convient de noter que les données ci-dessus ont été obtenues pour la zone de l'aéroport, et que leur précision est altérée par l'absence de données sur les routes secondaires autour de l'hôtel évalué. En outre, le flux de trafic généré par l'hôtel lui-même ne peut être qu'une estimation. La section suivante montre les résultats de ces hypothèses.

Flux estimés

On peut supposer que les flux générés par le Projet ne modifieront pas significativement les données existantes, car les touristes utiliseront les taxis déjà en service dans la région pour se rendre dans d'autres hôtels. Bien qu'il soit difficile d'évaluer les effets des données manquantes, le tableau suivant illustre la situation du trafic telle qu'évaluée au vu des données existantes, avec une augmentation de 5%.

Tableau 3.9 ci-dessous illustre donc les données existantes pour décembre 2020, où les flux ont dépassé la capacité. En appliquant à ces données une augmentation de 5 %, ces flux sont sursaturés pendant une période plus longue.

Les flux résiduels affichent désormais 21 véhicules de plus que la capacité. Il en est de même pour la pointe de décembre pour le trafic en direction de l'est, ci-dessous dans le Tableau 3.10.

Tableau 3.9 Flux du matin en direction de l'ouest avec une augmentation de 5 % du trafic (déc)

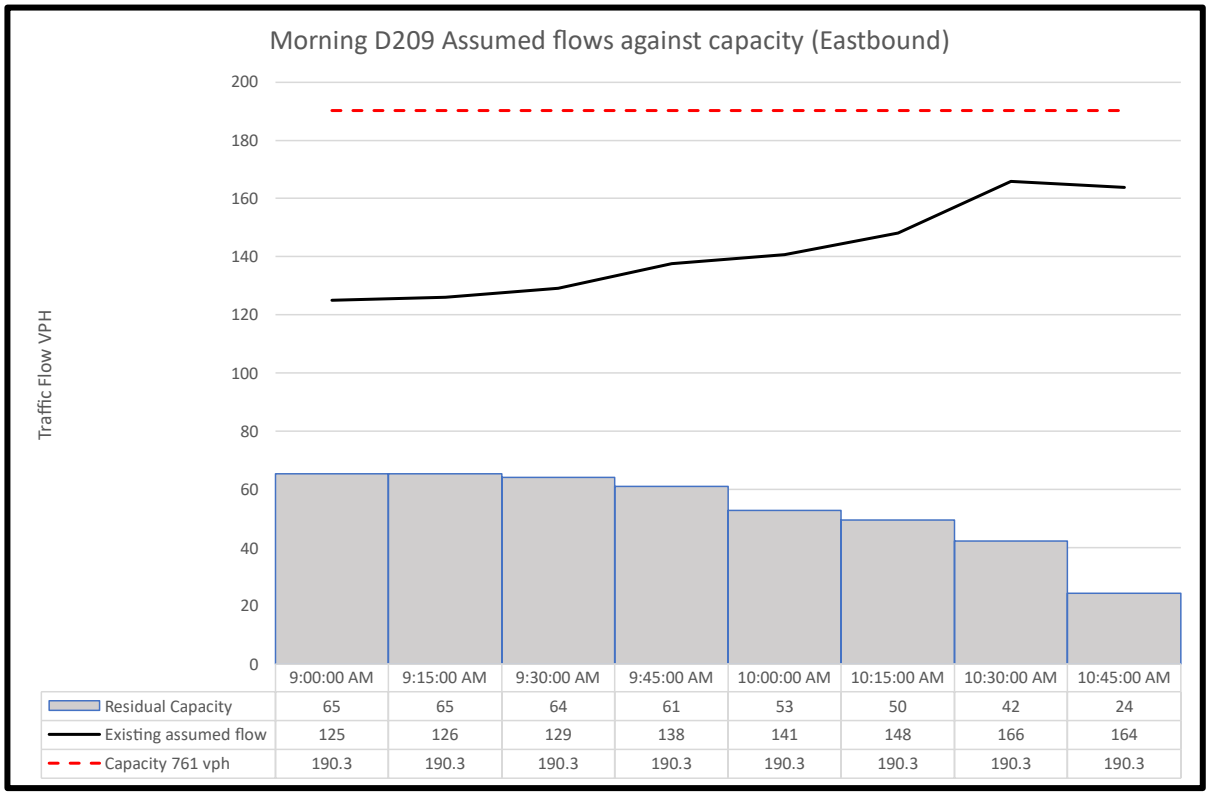
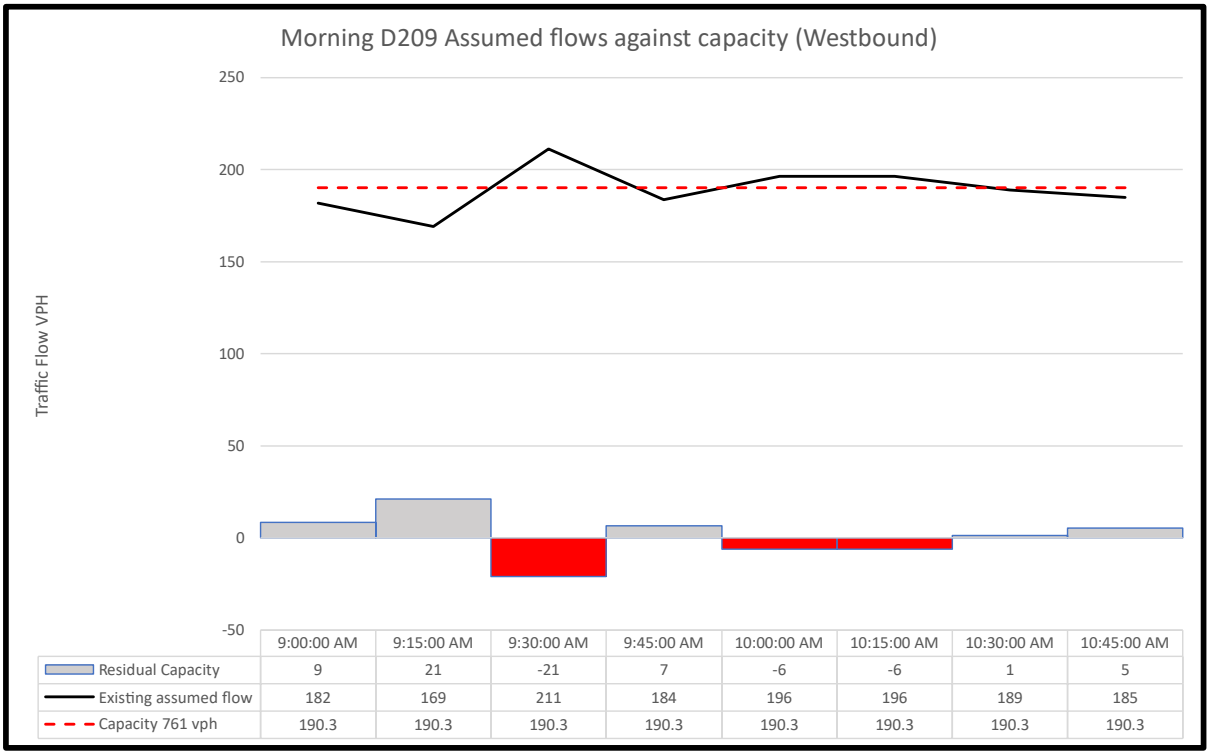


Tableau 3.10 Flux du matin en direction de l'est avec une augmentation de 5 % du trafic (déc)

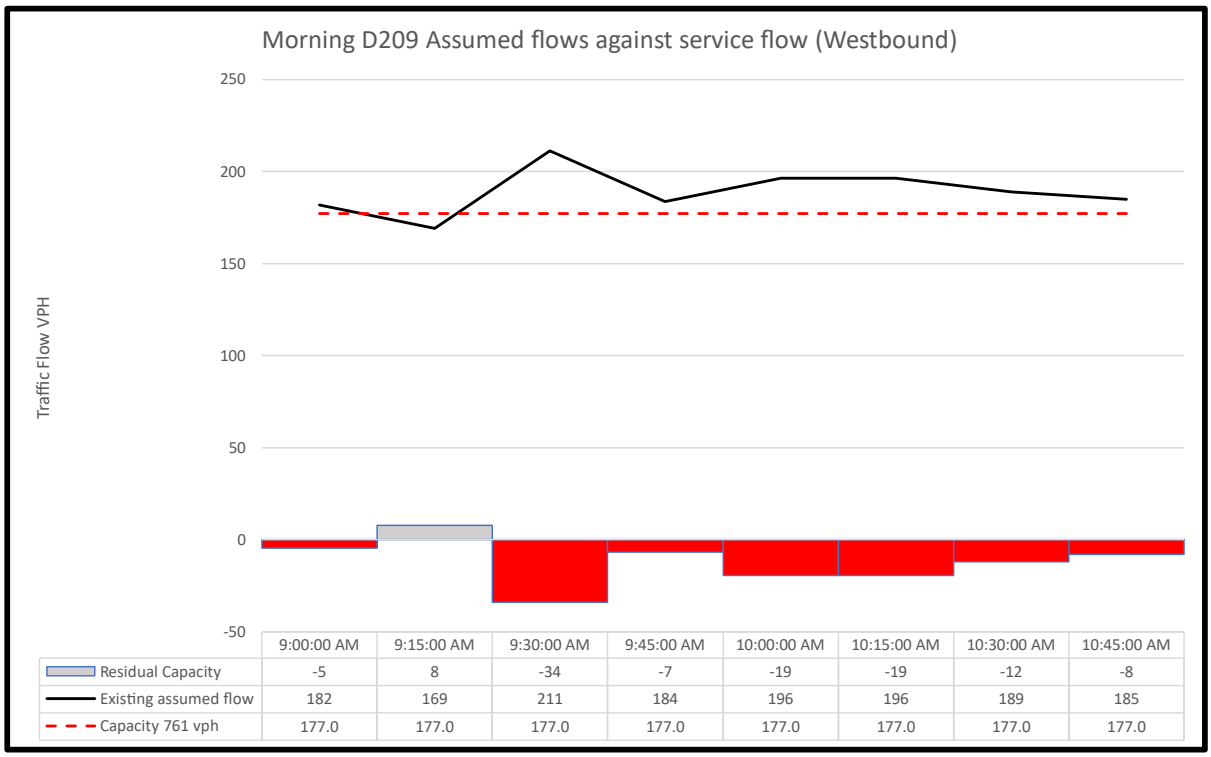


`

La capacité estimée est fixée à 761 véhicules par heure au regard de la largeur de la chaussée, du pourcentage de poids lourds, etc. Le flux de service est évalué au regard de la qualité du trafic sur la base de mesures de performance telles que la vitesse des véhicules, la densité, la congestion, etc. Ces flux auront une valeur inférieure à celle de la capacité car les facteurs sont plus complexes. Pour cette évaluation, le flux de service est calculé sur la base d'une estimation de 708 véhicules par heure.

En appliquant cette méthode aux données ci-dessus, on obtient les résultats suivants dans les Tableau 3.11 et Tableau 3.12 ci-dessous.

Tableau 3.11 Flux matinaux en direction de l'ouest (déc)



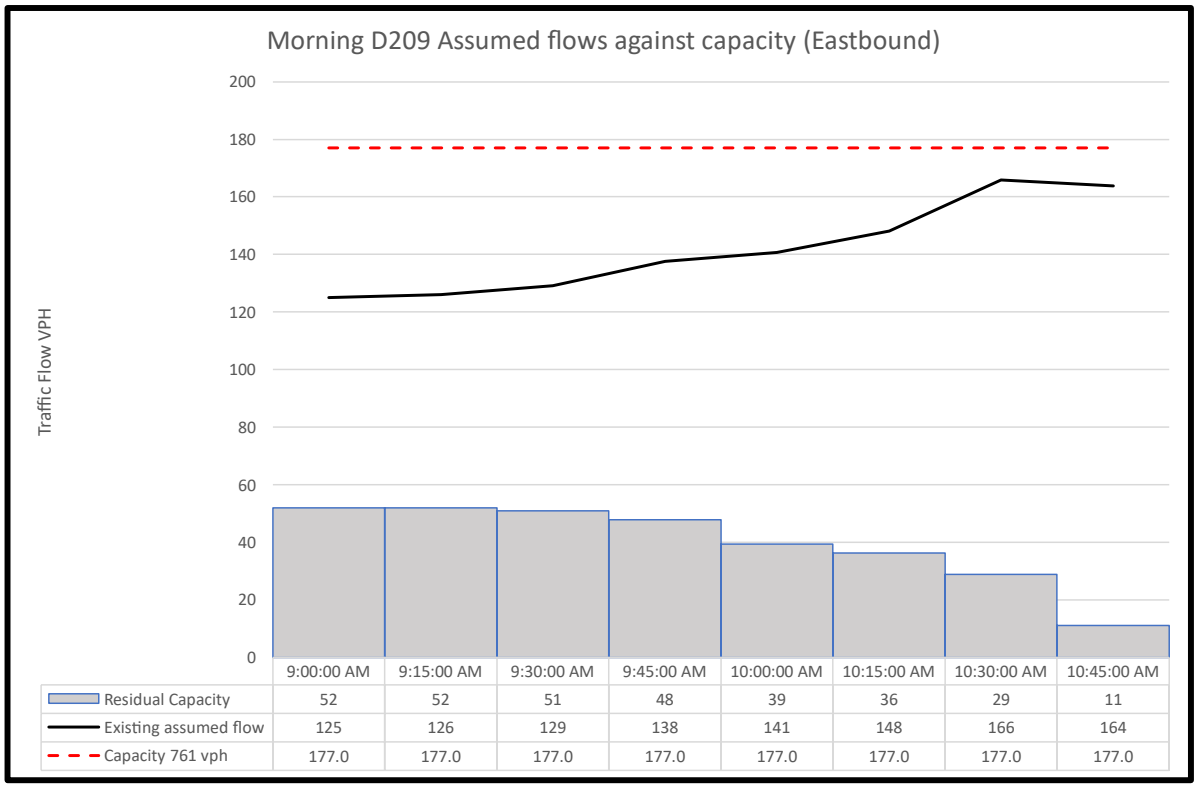
	9:00:00 AM	9:15:00 AM	9:30:00 AM	9:45:00 AM	10:00:00 AM	10:15:00 AM	10:30:00 AM	10:45:00 AM
Residual Capacity	-5	8	-34	-7	-19	-19	-12	-8
Existing assumed flow	182	169	211	184	196	196	189	185
Capacity 761 vph	177.0	177.0	177.0	177.0	177.0	177.0	177.0	177.0

Comme on peut le voir, le flux de service a plus d'impact sur la capacité résiduelle pour les flux de pointe, avec près de 20 % de saturation à 9 h 30. La seule période n'atteignant pas la limite du flux apparaît 15 minutes plus tôt.

En revanche, le trafic en direction de l'est n'atteint la valeur limite du flux de service et maintient donc des flux de trafic plus réguliers.

`

Tableau 3.12 Flux matinaux en direction de l'ouest (déc)



	9:00:00 AM	9:15:00 AM	9:30:00 AM	9:45:00 AM	10:00:00 AM	10:15:00 AM	10:30:00 AM	10:45:00 AM
Residual Capacity	52	52	51	48	39	36	29	11
Existing assumed flow	125	126	129	138	141	148	166	164
Capacity 761 vph	177.0	177.0	177.0	177.0	177.0	177.0	177.0	177.0

3F-5 Références

L'étude a été réalisée en fonction des données fournies et des principes généraux et conseils de conception figurant dans la documentation suivante :

1. Données de l'étude de trafic de Collectivite à proximité de l'aéroport près de l'Etoile (traduit)
2. TA 79 99 - Capacité de trafic des routes urbaines, Vol 5, Section 1, Partie 3
3. DMRB Traffic Appraisal in Urban Areas Volume 12, Section 2.
4. The Highway Capacity Manual (Transport Research Board, 1994)
5. Ingénierie routière, troisième édition, 2016.

3F-6 Conclusions

Une augmentation de 5% des données reçues sur le trafic entraîne une surcapacité du trafic en direction de l'ouest le long de la route D209 aux heures de pointe de la matinée. La même pondération ne crée à aucun moment de surcapacité pour le trafic en direction de l'est.

Compte tenu du peu d'informations disponibles et de l'absence d'étude à l'emplacement exact du site, les données révèlent toujours qu'il y a de fortes probabilités que des files d'attente de véhicules à l'arrêt puissent se produire aux heures de pointe du matin, sans tenir compte des effets d'une croissance du trafic au-delà des données fournies, en ajoutant les flux de trafic vers et depuis l'hôtel Émeraude pendant la phase de construction et d'exploitation.

`

Les embouteillages entraînent une augmentation des émissions atmosphériques de substances nocives le long de la route.

3F-7 Mesures d'atténuation recommandées

Les flux de circulation actuels, principalement en direction de l'ouest, dans la matinée, peuvent être évités en mettant en œuvre un plan de gestion du trafic lors de la phase de construction. Ce plan déterminera le nombre et la fréquence des mouvements de véhicules pour les livraisons et les trajets de retour chaque jour, et pourra être mis en œuvre principalement pour éviter de nouveaux embouteillages aux heures de pointe et mieux prévoir les heures d'arrivée des livraisons.
Le personnel de construction sera déjà sur place à 8 heures chaque jour et ne contribuera pas au trafic de pointe.

Le personnel de l'hôtel sur place travaillera de jour comme de nuit, commençant et finissant en dehors des heures de pointe du trafic, et ne devrait pas contribuer aux pics de trafic.
Le personnel et la direction de l'hôtel qui se déplaceront entre les deux hôtels pourront circuler en dehors des heures de pointe et ne contribueront pas à l'augmentation du trafic.

Les accès à l'hôtel seront dimensionnés afin d'éviter de perturber la circulation sur la D209 (cf. sur ce point Chapitre 2C-2, point f : l'entrée et la sortie de l'établissement hôtelier bénéficieront d'une largeur importante, de l'ordre de 8 mètres sur la route, permettant ainsi de fluidifier les mouvements. Une signalétique adaptée sécurisera cet accès.

Les façades routières de l'hôtel doivent être agrémentées d'arbres et de végétation afin de créer un écran permettant de capter une partie des émissions nocives générées par le trafic permanent.

3G Effet significatif de l'utilisation des ressources naturelles

En ce qui concerne le site d'Emeraude Plage, la principale ressource naturelle est le sol lui-même. Le site a accueilli un hôtel pendant de nombreuses années, il n'y a donc pas de changement global de son utilisation. Le Projet est de plus globalement conçu pour être plus respectueux de l'environnement que les constructions antérieures.

Les récifs coralliens et les herbiers marins de la baie de Saint-Jean, situés à proximité, ont été affectés par des événements humains et naturels. Ils ne seront pas directement utilisés par l'hôtel, mais seront probablement visitées par les clients de l'hôtel dans le cadre des activités de plongée avec masque et tuba et d'autres sports nautiques. Il en résultera une augmentation du nombre de personnes pratiquant ces activités, mais sans aboutir à une augmentation significative. Il est au demeurant possible de faire participer les visiteurs à des activités environnementales positives et de les sensibiliser à la valeur et la conservation des ressources naturelles vitales de la baie.

La conception proposée pour l'hôtel Emeraude Plage permet de laisser la plage s'étendre naturellement à l'intérieur de la propriété, sans limite stricte entre le bâtiment et la plage.

Comme déjà indiqué (cf. Chapitre 3B-2 et 3E-3), le Projet est conçu pour minimiser son besoin en eau, qui est une ressource naturelle rare à Saint-Barthélemy, et également pour ne pas solliciter le service public de distribution en eau potable. Les incidences du Projet sur l'eau sont décrites au Chapitre 3B-2.

`

3H Impacts cumulés

La notion d'effets cumulés se réfère à la possibilité que les impacts occasionnés par le projet étudié s'ajoutent à ceux d'autres projets prévus dans le même secteur ou à proximité, et engendrent ainsi des effets de plus grande ampleur sur le milieu récepteur (cf. par analogie, l'article R. 122-5 du code de l'environnement.

Emeraude Plage occupera, sur la plage de Saint-Jean, l'emplacement de l'ancien hôtel qui a fonctionné à St Barthélémy pendant plusieurs décennies avant d'être endommagé par l'ouragan Irma. St Jean est l'une des plages les plus développées des îles et, rien que l'année dernière, de nouveaux clubs de plage y ont été ouverts. Cela étant, l'impact cumulatif du projet est limité par le fait qu'il s'agit de remplacer l'ancien hôtel Emeraude. Les propriétaires ont adopté, à travers le Projet modifié, d'adopter un gabarit proche de l'ancien hôtel Emeraude (cf. Chapitre 2C-1).

Par suite, le Projet modifié n'entraînera pas une augmentation significative du nombre de visiteurs de la plage par rapport à sa fréquentation actuelle, qui est importante compte tenu du nombre de bars et d'hôtels sur la plage. Aucune donnée, notamment publique, n'est à notre connaissance disponible sur la fréquentation de la plage de Saint-Jean ou de Saint-Barthélemy.

Le projet modifié entraînera une augmentation du nombre de visiteurs et d'utilisateurs par rapport à l'état actuel résultant de la suspension de l'activité de l'ancien hôtel Emeraude en 2017. Toutefois, étant donné que la plage est une zone très fréquentée en raison des bars et hôtels qui s'y trouvent, que le site du projet était auparavant un hôtel et que la conception du Projet modifié n'augmente pas de manière significative la capacité hôtelière par rapport à la situation en 2017, aucun impact cumulatif majeur n'est prévu.

Nous n'avons pas été informés de permis de construire en cours pour des bars de plage ou des locaux commerciaux, ni d'agrandissements d'hôtels ou de restaurants adjacents qui augmenteraient encore la fréquentation, les niveaux de bruit, la densité de personnes sur la plage, ou d'autres éléments associés au développement du tourisme.

`

CHAPITRE 4.0 SOLUTIONS DE SUBSTITUTION RAISONNABLES

Eu égard au site et à son environnement, ainsi qu'à sa vocation, le maître d'ouvrage n'a pas envisagé de solutions alternatives à celles d'un établissement hôtelier haut de gamme composé, à l'image de l'ancien hôtel Emeraude, d'un ensemble de villas et de cottages.

Eu égard à la valeur du terrain, classé en partie en zone UV par la carte d'urbanisme, ce choix permet de répondre de façon optimale à l'ensemble des contraintes règlementaires, environnementales et sociales du site.

Le positionnement haut de gamme permet en effet, dans le respect des contraintes économiques qui s'appliquent au projet, de prévoir un nombre de chambres raisonnable, proche de celui de l'ancien hôtel Émeraude, et ainsi de minimiser les incidences du projet, en ce qui concerne son impact tant sur l'environnement naturel du site que sur les services publics de l'île (en particulier, distribution de l'électricité et de l'eau potable), les politiques publiques de la Collectivité (logement, circulation…) et le cadre de vie des Bartholéméens.

Les modifications apportées au projet initial par le cabinet d'architecture AW2 ont eu pour objet de porter à un degré élevé la prise en compte des principes de durabilité. Le Projet modifié tient ainsi compte de la nécessité de minimiser la consommation d'énergie électrique, eu égard à la nécessité d'équilibre du système électrique de Saint-Barthélemy. Il est également conçu pour être autonome en eau potable, tout en minimisant son besoin de production autonome en eau douce.

L'objectif a été d'élaborer un projet modifié emblématique par sa conception durable, sa faible empreinte carbone (en vue de la neutralité carbone) et la qualité de son intégration dans le site et le paysage.

`

CHAPITRE 5.0 LES MESURES ERC (EVITER, REDUIRE, COMPENSER)

Les mesures et caractéristiques du projet destinées à éviter les incidences négatives notables, réduire celles qui ne peuvent être évitées et compenser celles qui ne peuvent être évitées ni réduites sont précisées ci-dessous.

Table 5.1 Impacts environnementaux de la construction et de l'exploitation d'Émeraude Plage, mesures prises pour éviter, atténuer ou compenser l'impact, et méthodes appliquées

Effet	Action	Méthode
Effets sur la végétation indigène	Eviter Réduire	• Le site étant déjà défriché, aucune mesure d'évitement ou d'atténuation n'est possible.
	Compenser	• En revanche, le site sera largement revégétalisé, avec une utilisation de la flore indigène dans l'aménagement paysager, en particulier dans les zones de plage. • Collaboration avec l'Agence territoriale de l'environnement et les pépinières locales pour la mise en œuvre du programme de végétalisation.
Tortues marines	Eviter Réduire	• Pendant les phases de construction et d'exploitation, des éclairages respectueux des tortues marines seront utilisés, notamment des lumières rouges sur la plage et des lumières blanches dirigées à l'écart de la plage et de la mer. • Plantation d'une flore indigène pour former une limite entre la plage et les bâtiments.
Qualité de l'eau	Eviter	• Installation et utilisation des installations adéquates de rétention et de traitement des déchets sur le site afin d'éviter le ruissellement ou rejets nuisibles provenant du chantier de construction. • Suivi mensuel de la qualité de l'eau de mer au droit du site pendant la phase des travaux. • Recyclage de l'eau utilisée pour le dépoussiérage et d'autres activités de construction via un réservoir de filtration et de sédimentation afin d'éliminer les particules présentes dans l'eau. • Suivi dans le temps des volumes d'eau de saumure dirigées vers le puits de rejet et mesure annuelle de la salinité des sols au niveau des deux puits. • Etude et réalisation d'un second point de rejet pour l'unité de désalinisation ;

`

		• Contribuer à la réalisation d'une étude courantologique de la baie de Saint-Jean afin d'évaluer les temps de renouvellement des eaux de la baie. • Suivi périodique du taux de charge des eaux souterraines en nitrates et phosphates.
	Réduire	• Mise en œuvre de façon continue d'une démarche de sensibilisation des clients et du personnel à la nécessité de limiter la consommation de l'eau douce, et développer la démarche de limitation des besoins en désalinisation de l'eau de mer. • Suivi des technologies opérationnelles disponibles, afin d'adapter le dispositif de dessalement si elles sont de nature à améliorer significativement la qualité environnementale de l'établissement hôtelier, en lien avec la Collectivité et l'ATE.
Pollution sonore	Réduire	• Limitation des bruits élevés pendant la période de construction aux heures normales de travail après 10 heures du matin, lorsque le service de petit-déjeuner est terminé dans les établissements voisins, ou à toute autre période spécifique convenue pour tenir compte de la jouissance paisible des voisins. • Utilisation d'outils à faible percussion et de compresseurs traités acoustiquement afin de réduire le bruit, en particulier pour le démantèlement des pieux sécants.
Érosion des plages	Eviter	• Conception des fondations pour ne pas avoir d'effets sur le phénomène d'érosion de la plage de Saint-Jean. • Retrait des constructions par rapport à la plage, et méthode de de protection contre l'affouillement. • Plantation d'une végétation dunaire indigène pour stabiliser le sable. • Des méthodes peuvent également être installées sur le bord supérieur de la plage pendant les travaux.
	Accompagnement	• Participation et soutien aux études et actions menées par la Collectivité et les autres acteurs de l'île pour lutter contre le phénomène d'érosion de la plage de Saint-Jean avec l'objectif de traiter les sources mêmes du phénomène, et notamment la détérioration du récif coralien. • En particulier, installation de modules de restauration corallienne installés pour rétablir la biodiversité tout en compensant la dégradation cumulée du récif provenant de sources multiples dans la baie de Saint-Jean
Qualité de l'air	Réduire	• Pendant la phase de construction, mise en œuvre d'un d'arrosage, afin d'atténuer la source de

`

		production de poussière et d'empêcher les particules en suspension de quitter la zone immédiate du site.. • Végétation du projet (en particulier la présence d'arbres) afin d'améliorer la qualité de l'air sur le site et dans son environnement.
Consommation d'énergie	Eviter Réduire	• Pendant la construction, installation d'une centrale électrique sur site traitée acoustiquement, telle qu'un générateur de type Aggreko, pour faire face à la totalité du besoin. • En exploitation, conception bioclimatique de manière à ce que la lumière du jour, le chauffage et le refroidissement des bâtiments et la ventilation naturelle permettent une réduction de la consommation globale d'énergie. • Production ENR par panneaux photovoltaïques.
Utilisation d'eau douce	Réduire	• Limitation du volume total d'eau requis en phase de construction, par une recirculation des eaux grises en vue de leur réutilisation, avec système de filtration et réservoirs de sédimentation. • Pendant l'exploitation de l'hôtel, dispositifs de réduction de la consommation d'eau et de réutilisation des eaux de pluie et des eaux clarifiées, de telle façon de solliciter le moins possible l'unité de dessalement. • Installation d'une l'unité de dessalement dont le dimensionnement a été prévue pour ne pas solliciter le réseau public de distribution d'eau potable.
Déchets de construction	Réduire	• Réutilisation des déchets issus du démantèlement de certains murs de pieux sécants : le béton cassé est utilisé comme matériau de remplissage et l'armature en acier plié est recyclée pour être réutilisée en tant qu'armature nouvellement fabriquée pour la construction. • Déblais générés par la reprise des travaux en partie utilisés pour les remblais nécessaire au chantier. • Recyclage des emballages destinés à protéger les matériaux et les biens seront recyclés. • L'ensemble des déblais sortant du chantier seront dirigés, sous le contrôle du centre de gestion des déchets de Saint-Barthélemy, en assurant leur traçabilité, vers des centres de traitement autorisés en dehors de l'île de Saint-Barthélemy, sans réemploi sur l'île. • Recyclage ou élimination des emballages en papier, en carton et en plastique, qui seront séparés et passeront dans un compacteur situé au sous-sol pour former des balles qui pourront être transportées vers les installations de traitement des déchets.

`

Logement	Eviter Réduire	• Utilisation des logements d'ores et déjà construits destinés à accueillir le personnel de l'hôtel Le Barthélemy déjà en activité et de l'Emeraude Plage (sites « Oasis » 120 lits et site « Seahorse » 50 lits).
Trafic routier	Réduire	• Pendant la construction, livraison des matériaux sur le site étudiée et organisée afin d'être effectuée en dehors des heures de pointe identifiées dans l'étude de trafic. • Pendant la construction et l'exploitation, partage des ressources humaines avec l'hôtel jumeau, Le Barthélemy, afin d'éviter que les activités de l'hôtel conduisent à une augmentation des mouvements de véhicules par rapport à l'ancien hôtel Emeraude Plage. • Déplacements de personnes entre les deux hôtels par navette. • Accès à l'hôtel dimensionnés afin d'éviter de perturber la circulation sur la D209. • Végétalisation des façades côté route et plantations en bordure de route utiliseront des plantes, afin de réduire la remise en suspension des particules et absorber de manière significative les métaux lourds.

`

CHAPITRE 6.0 SUIVI DES MESURES

Emeraude Plage produira un rapport de durabilité ciblé et basé sur les mesures qui contrôlent les éléments clés de ses incidences sur l'environnement, tels que la qualité des eaux et du sol, l'utilisation de l'eau, la consommation d'électricité, la sollicitation des réseaux publics de distribution d'eau potable et d'électricité, les programmes de restauration des coraux de la baie Saint-Jean.

`

CHAPITRE 7.0 METHODES UTILISEES

La situation du site de l'hôtel Emeraude Plage a été évaluée à l'aide des méthodes suivantes.

L'analyse des publications existantes et des informations historiques sur Saint-Barthélemy et Saint-Jean a permis de situer le projet dans son contexte et d'obtenir des données pour des analyses spécifiques.

Des études de terrain ont été réalisées pour évaluer l'environnement marin de la baie de Saint-Jean en août 2023.

Une série d'études de modélisation hydrodynamique ont été menées, en particulier dans le cadre de l'étude d'impact initiale du projet. Par exemple, la modélisation des hauteurs maximales de vagues en cas de tempête et des hauteurs maximales de vagues susceptibles d'atteindre les structures a été réalisée par EGIS. Un modèle numérique de l'évolution possible du profil de la plage en cas de houle extrême a été réalisé à l'aide du logiciel SBEACH (Storm-induced BEAch Change), développé par l'USACE (US Army Corps of Engineers).

Des données et des dessins supplémentaires ont été fournis par les architectes AW2. Les architectes, les ingénieurs et d'autres intervenants ont fourni des détails sur les plans relatifs aux infrastructures, à l'énergie et à l'eau.

`

CHAPITRE 8.0 NAMES AND QUALIFICATIONS

Philip Heaton:- Biosketch

Dr. Holly Trew - Biosketch

Contribution écologique supplémentaire : Dr, Deborah Brosnan- biosketch

`

CHAPITRE 9.0 RÉSUMÉ NON TECHNIQUE

La SAS ST. Jean Beach Real Estate Invest (ci-après « **le maître d'ouvrage** ») est bénéficiaire d'un bail à construction pour le terrain constitué des parcelles cadastrées AI 21, 22 et 58, d'une surface totale de 12 254 m², situé le long de la route D209, sur la baie de Saint-Jean.

Ce terrain a accueilli les 15 bâtiments de l'ancien hôtel Emeraude Plage, pour un total de 35 chambres, ainsi qu'un bar et restaurant. Cet hôtel emblématique de Saint-Barthélemy a été exploité pendant plusieurs décennies avant d'être endommagé par l'ouragan Irma en 2017.

Un Permis de Construire (PC 971123 19 00052) a été délivré au maître d'ouvrage le 19 décembre 2019 par la Collectivité de Saint-Barthélemy, ainsi qu'un PC modificatif (PCM) le 3 juin 2021, pour un projet de réhabilitation du site. Le maître d'ouvrage a décidé de déposer un nouveau permis de construire modificatif, afin d'apporter au projet des modifications substantielles, sans toutefois en changer la nature d'établissement hôtelier haut de gamme composé d'un ensemble de villas et de cottages (ci-après « **le Projet modifié** »).

La présente étude d'impact actualisée, réalisée sur le fondement de l'article 13-1 du code de l'environnement de Saint-Barthélemy, constitue une pièce du dossier de demande de permis de construire modificatif déposé pour le Projet modifié. Conformément à l'article 13-17 du même code, l'étude d'impact sera mise à disposition sur le site internet de la collectivité afin de permettre l'information et la participation du public, et soumise pour avis au conseil économique, social, culturel et environnemental (CESCE).

Intentions du Projet modifié

Le Projet modifié a été sensiblement réduit par rapport au projet initial, afin d'adopter un gabarit très proche de l'ancien hôtel Emeraude. Il comprendra en effet 38 chambres, un restaurant de plage de 60 places, un espace fitness réservé aux clients de l'hôtel, une boutique et tous les locaux techniques, locaux du personnel et places de parking nécessaires au bon fonctionnement de l'établissement.

Il a été conçu pour se conformer à la nouvelle réglementation d'urbanisme en vigueur, c'est-à-dire à la carte d'urbanisme de Saint-Barthélemy dans sa rédaction résultant de la délibération du 9 décembre 2021, rendue exécutoire le 26 décembre 2021.

La modification du projet a également pour objet de porter à un degré encore plus élevé la prise en compte des principes de durabilité. Elle a ainsi compte de la nécessité de minimiser la consommation d'énergie électrique, eu égard aux contraintes que doit affronter le système électrique de Saint-Barthélemy. Il est également conçu pour être autonome en eau potable, tout en minimisant son besoin de production autonome en eau douce.

L'objectif a été d'élaborer un projet modifié reconnu pour sa conception durable, sa faible empreinte carbone (en vue de la neutralité carbone) et la qualité de son intégration dans le site et le paysage. Ces éléments sont décrits plus en détail ci-dessous.

Le projet bénéficie de la possibilité de mutualiser son exploitation avec celle de l'hôtel Le Barthélemy actuellement en activité à Grand Cul de Sac, également propriété de Champagne

`

Hospitality. Il est ainsi possible d'optimiser l'utilisation des ressources humaines et des espaces et de minimiser l'impact du Projet en termes de logements saisonniers et de mobilité.

Etat actuel de l'environnement

Le chapitre 1 de l'étude d'impact actualisée reprend la description de l'état actuel de l'environnement.

La baie de Saint-Jean est une zone largement urbanisée située au nord de Saint-Barthélemy. Elle abrite plusieurs hôtels, restaurants et boutiques. La plage de Saint-Jean est extrêmement populaire auprès des touristes et de la population locale.

La géologie de la région est caractérisée par un mélange de sédiments volcaniques et de couches calcaires. La végétation dunaire indigène est présente sur la plage adjacente au site, mais généralement réduite dans la région de Saint-Jean en raison de l'urbanisation. La baie de Saint-Jean est caractérisée par des herbiers marins peu profonds, des récifs isolés et un grand récif-barrière au centre de la baie. Ces environnements subissent tous des contraintes fortes. La baie sert également de site d'alimentation et, rarement, de site de nidification pour les tortues de mer.

La description du climat et de la géologie (Ch. 1B et 1C) met en évidence les risques naturels auxquels l'ile de Saint-Barthélemy et la baie de Saint-Jean sont soumis, en particulier liés aux ouragans, tsunami et tremblement de terre. Il est également relevé que Saint-Barthélemy est un territoire particulièrement exposé aux effets du changement climatique.

La description de la plage sablonneuse de Saint-Jean est détaillée au Ch. 1E-2. Les études récentes mobilisée pour l'étude d'impact mettent en évidence que la plage subit une érosion depuis au moins 15 ans, et que ce phénomène est destiné à se poursuivre en l'absence d'actions destinées à y remédier. Les récifs coralliens jouent un rôle important. Ils constituent la première ligne de défense contre les tempêtes et atténuent les effets de l'élévation du niveau de la mer. En outre, les récifs coralliens vivants sont eux une source importante de sable.

Les principaux enjeux du contexte socio-économique de l'île, auquel le maître d'ouvrage est particulièrement sensible dans l'élaboration de son projet, est décrit au Ch. 1F. Il importe de souligner que Saint-Barthélemy présente les caractéristiques d'une économie tertiaire fondée sur le tourisme résidentiel haut de gamme. L'essentiel de l'emploi est concentré dans le secteur tertiaire, dont une part importante concerne le secteur de l'hébergement et de la restauration, suivi par le secteur du BTP.

Le développement des activités touristiques et la forte croissance qui l'accompagne ont notamment pour effet d'accentuer l'une des difficultés majeures qui connaît l'île, à savoir la crise du logement. Ce développement a également pour effet d'accroître la demande en énergie, dans un cadre insulaire particulièrement contraint. La situation en matière de production d'énergie (essentiellement par la centrale thermique diesel d'EDF située sur la zone industrielle de Public), de production d'eau potable (essentiellement par dessalement) et de l'assainissement est également présentée, ainsi que les mesures prises par la Collectivité pour faire face aux tensions générées par une demande croissante dans ces trois domaines. Enfin, une étude de trafic a été effectuée à proximité du site du projet : elle est présentée au Ch. 3F.

L'étude de l'environnement permet de mettre en évidence le contexte spécial dans lequel le Projet s'inscrit. Le Projet modifié a été conçu à l'issue d'échanges et discussions avec de multiples

`

acteurs barthéloméens, parties-prenantes de la préservation et de l'équilibre de cet environnement, dans lequel le Projet modifié entend s'inscrire le mieux possible.

Description du projet

Elle figure aux ch. 2C-1 et 2C-2.

Comme indiqué, le Projet modifié adopte un gabarit proche de l'ancien hôtel Emeraude, avec 38 chambres.

Le choix du Projet modifié permet, au vu des enjeux environnementaux et sociaux exposés au chapitre 1, de répondre de manière optimale à l'ensemble des contraintes règlementaires, environnementales et sociales du site. En effet, un nombre minimal de chambres a été retenu eu égard aux réalités économiques qui s'appliquent au projet (en particulier le prix du foncier). Une telle solution ne peut être envisagée qu'avec un service et un aménagement haut de gamme. Ce parti s'avère le mieux à même de répondre aux contraintes environnementales du site, et aux préoccupations générales de la Collectivité et de ses habitants en matière de services publics (en particulier, distribution de l'électricité et de l'eau potable) et de politiques publiques (notamment, logement et circulation). Le choix de réaliser un établissement hôtelier 5 étoiles correspond, par ailleurs, aux activités qui sont développés par le maître d'ouvrage.

L'étude du contexte naturel a permis d'améliorer l'intégration du Projet modifié dans le site et son environnement immédiat, par la création d'un véritable "jardin en bord de mer". Grâce à la diminution significative de sa densité et de son emprise au sol, il limite l'imperméabilisation des sols et maximise les espaces paysagers.

Le front de mer est préservé par la réalisation de bâtiments en rez-de-chaussée donnant sur la plage (trois villas). Des jardins clos à l'arrière des villas créent des liaisons extérieures entre les chambres et participent ainsi à la densification des surfaces plantées et à l'insertion du projet dans son environnement. Un jardin central à la végétation luxuriante accueille les espaces partagés que sont la piscine principale, le restaurant (environ 60 couverts) et sa cuisine, ainsi que les cheminements piétons distribuant les différents bâtiments. Les cottages en R+1 sont disposés en deuxième ligne.

12 places de parking sont ainsi créées en surface, dont certaines sont équipées de bornes de recharge pour véhicules électriques. L'emprise du sous-sol a été réduite d'environ de moitié par rapport au projet initial. Il est désormais strictement limité à l'accueil d'une grande partie des locaux techniques nécessaires au fonctionnement de l'établissement ainsi qu'à un parking de 83 places, opéré par voituriers et donc inaccessible à la clientèle.

Le projet architectural des bâtiments s'inspire de l'architecture traditionnelle locale, avec des éléments architecturaux typiques tels que les débords de toiture, les façades en pierre locale, les façades en bardage bois, les volets à persiennes, les garde-corps ouvragés, les balcons et les loggias, et une inspiration générale par les anciennes « cases à vent ».

Cette approche permet de mettre en œuvre une architecture bioclimatique qui se concrétise par une grande efficacité énergétique (système de ventilation traversant et des ventilateurs, immersion dans la végétation pour protéger les bâtiments du rayonnement solaire…), par la production d'énergie (panneaux solaires…) et par une gestion économe de l'eau douce (réduction de la consommation, récupération des eaux de pluie, réutilisation des eaux clarifiées issues de la station d'épuration (STEP), usine de dessalement destinées à apporter à l'établissement hôtelier

`

l'ensemble de ses besoins en eau domestique (sans solliciter le réseau public de distribution d'eau potable).

L'entrée et la sortie de l'établissement hôtelier sur la route D209 bénéficieront d'une largeur importante, de l'ordre de 8 mètres sur la route, permettant ainsi de fluidifier les mouvements.

Description des travaux

Elle figure aux Ch. 2C-3 et 2C-4.

Eu égard aux caractéristiques du site, et à la nécessité de prendre en compte sa vulnérabilité aux risques naturels prévisibles relevés au Chapitre 1 (ouragans, tsunamis, tremblements de terre), la réalisation du projet repose sur la création d'une structure de fondation consistant en un massif cimenté prenant appui sur le substrat solide formé par les assises volcaniques.

Une première série de travaux de fondation a été effectuée sur le fondement du permis de construire du 19 décembre 2019, modifié le 3 juin 2021. Il s'agit, après démolition des constructions de l'ancien hôtel Emeraude, de la réalisation d'une paroi périphérique en pieux sécants ancrée dans le substratum étanche assortie d'un caisson intérieur réalisé selon le procédé du *jet grouting*.

Les travaux ont été arrêtés à la suite de l'annulation du permis de construire modifié par le jugement du tribunal administratif de Saint-Barthélemy du 23 décembre 2021. Afin de sécuriser le chantier, des travaux de comblement de la fouille (fossé) et du bassin d'eau ont été réalisés sur le fondement d'un permis d'aménager du 6 juillet 2022, en utilisant les déblais issus des travaux effectués (*spoils* concassés), constitués du mélange de sable déjà présent sur le site et de ciment Portland.

A la reprise des travaux, pour tenir compte des modifications du Projet, il est prévu la mise en place d'un matelas de répartition en tête du caisonnage existant. Le périmètre de pieux sécant sera adapté au Projet modifié (côté sud et côté nord). Afin d'assurer la stabilité du sol pendant les excavations pour le mur de pieux sécants modifié, une quantité limitée de *jet grouting* sera nécessaire. Il est enfin prévu de former des brèches à travers le mur de pieux sécants d'origine afin de permettre un drainage transversal du sol au nord du site, à titre de mesure de protection. Il s'agit en particulier de permettre que les systèmes racinaires des grands arbres ne risquent pas de souffrir de pourriture.

La reprise des travaux générera des déblais dont le volume est évalué à 15 000 m3. Une partie des déblais sera utilisé pour l'achèvement des travaux (remblayage des espaces excavés). L'ensemble des déblais sortant du chantier seront dirigés, sous le contrôle du centre de gestion des déchets de Saint-Barthélemy, en assurant leur traçabilité, vers des centres de traitement autorisés en dehors de l'île de Saint-Barthélemy, sans réemploi sur l'île.

Principales caractéristiques du Projet modifié en phase opérationnelle

Le Ch. 2D présente essentiellement la demande et l'utilisation d'électricité et la gestion et le besoin en eau, durant les phases de construction et de fonctionnement.

`

Electricité

En phase de travaux, l'alimentation en énergie proviendra exclusivement d'un groupe électrogène installé sur le site.

En phase d'exploitation, l'estimation de la consommation électrique totale du Projet modifié a été déterminée en retenant l'hypothèse prudente et conservatrice d'une réduction de 20% par rapport à la consommation du projet initial autorisé en 2019, compte-tenu de la diminution de la capacité d'accueil, des gains de performance des équipements et de la conception bio-climatique des constructions. Elle est évaluée à 242.352 kWh/an.

L'énergie nécessaire au Projet proviendra des panneaux solaires, de la production sur site assurée par des générateurs d'appoint et de secours et enfin du réseau électrique.

Eu égard en particulier à la capacité de production électrique des panneaux solaires, évaluée à 50.000 kWh/an, la sollicitation du réseau électrique public est ramenée à 192.352 kWh/an, soit une diminution de près de 47% par rapport au projet initial (sans tenir compte de l'impact du générateur de secours et d'appoint).

Eau

Le calcul prévisionnel de la consommation d'eau a été établie, de façon prudentielle, à 70 m3 /jour en période de pointe pour un taux d'occupation de 100 %. Ce chiffre a été retenu pour dimensionner la capacité de l'usine de dessalement, avec un coefficient de sécurité, cette dernière ayant vocation à faire en sorte que l'établissement hôtelier ne sollicite pas le réseau public.

Les sources d'eau pour faire face à ce besoin global sont au nombre de trois : la récupération d'eau de pluie ; la réutilisation des eaux clarifiées issues de la station d'épuration ; le dessalement de l'eau de mer ; l'éventuelle réutilisation des vidanges de piscine. Le raccordement au réseau concessionnaire d'eau sanitaire sera réalisé, mais la production par dessalement se substituera, dès son entrée en service en cours de travaux, à l'eau de ville issue du branchement.

L'établissement disposera d'un grand réservoir de stockage des eaux de pluie d'environ 240 m3, utilisées pour l'arrosage des jardins, certains usages domestiques (WC) et la citerne incendie. La réutilisation des eaux de la station d'épuration permettra également de produire en abondance l'arrosage des espaces végétalisés situés à au moins 50 m du rivage (soit 2 500 m2 environ sur les 6 771 m2 de surface végétalisée).

Comme déjà prévu par le permis de construire délivré par la Collectivité le 19 décembre 2019, l'établissement hôtelier sera équipé d'une unité de dessalement d'une capacité de production d'eau adoucie de 80m3 /jour. Le procédé de dessalement retenu repose sur la technologie de l'osmose inverse, qui est à ce jour le procédé le plus abouti, fiable et peu consommateur d'énergie électrique (par rapport au procédé de distillation). L'eau de mer est collectée dans le forage déjà réalisé sur le bord de mer. En aval du traitement, les eaux traitées sont dirigées dans une citerne tampon d'une capacité de 230 m3 (environ 3 jours de consommation en pointe). Les eaux de saumure sont dirigées vers un puits de rejet, à l'opposé du puits de captage, et à une distance supérieure à 35 m. La concentration en sel sera d'environ 50 g/l en rejet pour un débit de rejet estimé à 120m3/jour. Un second point de rejet sera étudié et réalisé pour venir en complément du puits de rejet initialement prévu.

`

Eaux usées

Une station d'épuration de type BioRéacteur à Membrane (BRM), d'une capacité de traitement de 200 Equivalents-Habitants (EH), recevra l'ensemble des eaux usées d'origine domestique de l'hôtel. Le procédé BRM est le procédé le plus performant à ce jour : il permet d'assurer une clarification extrême et fiable des effluents, quelle que soit leur qualité initiale.

Vulnérabilité du Projet modifié au changement climatique, notamment au risque de submersion marine et aux autres risques naturels prévisibles

Ce sujet majeur est examiné au Ch. 2E. Le risque d'inondation et d'affouillement du site et le risque d'inondation du sous-sol, communs à divers types d'événements, sont traités spécifiquement.

Ouragan

Les mesures constructives (en particulier, massif cimenté prenant appui sur le substrat solide formé par les assises volcaniques et structure des constructions) et d'exploitation (fermeture pendant la saison des ouragans, procédures particulières d'exploitation en cas d'alertes…) sont décrites au Ch. 2E-1. L'hôtel est conçu et exploité pour faire face à ce risque.

Tsunami

Il en est de même pour les tsunamis, comme cela est décrit au Ch. 2E-2, avec en particulier des mesures d'exploitation spécifiques à ce type de risques.

Inondation et d'affouillement du site

Il est traité de façon spécifique au Ch. 2E-3.

Une modélisation hydrodynamique montre que l'on peut s'attendre à une onde de tempête maximale de 2,9 m sur le site pour une tempête d'occurrence centennale (période de retour de 100 ans).

Le projet modifié prévoit une implantation des constructions du rivage plus éloignée du rivage que par rapport au projet initial. Le restaurant est en retrait de 20 m et les villas de la première rangée sont à 27-29 m de la mer. Il est de plus prévu de planter une zone supplémentaire d'arbres et de végétation de plage destinée à agir comme une barrière naturelle contre la mer. Des tapis anti-affouillement sont prévus au ras des façades des bâtiments le plus proches de la plage, à 50 cm sous le niveau du terrain existant, pour éviter la perte de sable due au phénomène de réflexion.

Inondation du sous-sol

L'emprise du sous-sol du Projet modifié est considérablement réduite par rapport au projet initial (superficie ramenée à 2800 m²). Le sous-sol ne sera utilisé que pour le stationnement des voitures uniquement par voiturier (sans accès des clients), ainsi que pour abriter les systèmes de dessalement et de traitement des eaux usées. Comme déjà dit, des procédures d'alerte et d'évacuation sont prévues en cas de tempête, ouragan ou tsunami.

`

Le sous-sol est par ailleurs conçu pour faire face à la montée des eaux sur le site. En cas de vagues de tempête ou d'alerte d'ouragan, la partie haute de la rampe d'accès au sous-sol sera équipée d'une barrière anti-inondation (batardeau) d'une hauteur de 60 cm (montant donc au niveau 3.4 NGG), correspondant à la hauteur de la digue en béton construite autour de la rampe. Une protection supplémentaire sera assurée en partie basse de la rampe par une seconde barrière anti-inondation. Une pompe à débit adapté installée dans le sous-sol permet d'évacuer les éventuelles entrées d'eau par une conduite montante qui s'étend à 3 m au-dessus du niveau du sol extérieur. Le dispositif a pour vocation de protéger les véhicules garés dans le sous-sol en cas de fortes tempêtes.

Tremblements de terre

Le site est particulièrement vulnérable au phénomène de liquéfaction du sol.

La réalisation des fondations en forme de caisson est destinée à faire face à ce risque. Elle permet d'obtenir une plus grande continuité de la construction pour mieux dissiper l'énergie sismique. Au surplus, les constructions adoptent les codes de construction appropriés.

Les architectes ont tenu compte des risques sismiques dans la conception de l'hôtel. INGEROP a fourni le rapport identifiant les risques sismiques et les codes de construction appropriés. Le rapport est fourni à l'annexe 11 (INGEROP, Notice Sismique PC, juillet 2023).

Description des effets significatifs

Elle fait l'objet du Ch. 3. Seule l'analyse de certains effets est reprise dans ce résumé non technique.

Caractéristiques des déblais / remblais

Les déblais (*spoils*) de sable et ciment mélangés utilisés pour combler le fossé en exécution du permis d'aménager du 6 juillet 2022 ont fait l'objet d'analyses afin de s'assurer qu'ils ne sont pas de nature à créer un risque de pollution. Une double analyse a été effectuée en juin et juillet 2022, par la Florida Atlantic University et le laboratoire Labco Antilles.

Incidence sur les sols

Elle est étudiée au Ch. 3B-1, sous l'angle de l'incidence du Projet modifié sur les écoulements des eaux souterraines et sur le phénomène d'érosion de la plage.

La question des écoulements a fait l'objet d'une synthèse dans le rapport établi par Phil Heaton (*On the cause or causes of erosion to the beach frontage at Hotel Etoile, St-Jean Bay, St Barthélemy, West Indies*, Phil Heaton Associates Limited, Consulting Civil & Structural Engineers, Sept. 2023), placée en annexe de l'étude d'impact. Il en résulte que la réalisation des fondations le long de la plage a eu un effet négligeable sur le mouvement des eaux souterraines. Une modélisation de l'impact du projet sur les écoulements souterrains a été réalisée par le BRGM, qui conclut que les fondations en pieux sécants n'ont pas d'impact sur le niveau piézométrique et sur l'écoulement souterrain des eaux du site. La connexion établie entre l'étang à la mer par le système de canalisation décidé en 2016 et réalisé en 2019 crée un canal d'écoulement de l'excès d'eau de la lagune vers la plage.

`

La réalisation du caisonnage en sous-sols conduit par ailleurs à s'interroger sur l'impact du projet sur le phénomène existant d'érosion, et en particulier à rechercher s'il serait susceptible de l'aggraver, d'une façon ou d'une autre.

Cette question a également fait l'objet d'une étude dans le rapport établi par Phil Heaton. Il en résulte que le projet, et en particulier ses fondations et son sous-sol, ne sont pas susceptibles de contribuer au phénomène d'érosion, faute de pouvoir identifier un mécanisme qui contribuerait à ce phénomène en raison des techniques de construction employées précédemment pour le Projet et devant encore l'être à la reprise du chantier, ou de l'existence des structures et fondations dans le sous-sol eu égard à ses caractéristiques particulières. Les fondations du Projet ont un effet négligeable sur les écoulements d'eau souterraine, de telle façon que ce facteur ne peut conduire à une aggravation du phénomène d'érosion. Par ailleurs, eu égard à sa localisation et ses caractéristiques, il ne fait pas obstacle aux transfert sédimenteux à la surface de la plage.

Cela étant, comme les autres acteurs du secteur touristique, le maître d'ouvrage est particulièrement sensible et préoccupé par le phénomène d'érosion de la plage de Saint-Jean, et de façon générale de l'érosion côtière à Saint-Barthélemy. C'est la raison pour laquelle il entend participer aux études et actions menées par la Collectivité et les autres acteurs de l'île pour lutter contre le phénomène d'érosion de la plage de Saint-Jean avec l'objectif de traiter les sources mêmes du phénomène, et notamment la détérioration du récif coralien.

Eau

Le fonctionnement de l'unité de dessalement mis en place pour assurer les besoins en eau douce de l'établissement hospitalier a une incidence sur les eaux souterraines du fait du prélèvement de l'eau de mer dans le puits de forage et de l'envoi des eaux de saumure dans le puits de rejet. L'étude du BRGM a procédé à une modélisation à partir d'hypothèses conservatrices de fonctionnement de l'unité de dessalement, en adoptant un volume de pompage de 10m3/h (soit le double du pompage nécessaire pour assurer la production continue de 70m3/j), et en tenant compte de l'effet des fondations du projet sur les écoulements d'eau souterraine. Un risque d'impact du milieu marin par cette installation est qualifié de peu probable, eu égard aux quantités de saumure rejetées et aux caractéristiques des sols. La modélisation de la salinité pour les rejets de saumure est susceptible de conduire à terme à une élévation de la salinité de l'eau pompée. Ce risque est identifié au bout d'un pompage de 10 ans à plein régime. Eu égard aux conditions réelles d'exploitation, qui devraient se situer sensiblement au-dessous des hypothèses retenues pour la modélisation, les effets de l'unité de dessalement sur le sol et la pérennité de son fonctionnement de l'unité apparaissent assurée à moyen terme. Des mesures de suivi sont prévues pour suivre ce facteur. En outre, un second point de rejet sera étudié et réalisé pour venir en complément du puits de rejet initialement prévu. Le maître d'ouvrage s'engage par ailleurs à effectuer un suivi des technologies opérationnelles disponibles, afin d'adapter le dispositif de dessalement si elles sont de nature à améliorer significativement la qualité environnementale de l'établissement hôtelier, en lien avec la Collectivité et l'ATE.

Logement

Le Projet va bénéficier des logements d'ores et déjà construits par le maître d'ouvrage pour ses activités hôtelières sur l'île, destinés à accueillir le personnel de l'hôtel Le Barthélemy déjà en activité et de l'Emeraude Plage. Les logements sont situés sur les sites « Oasis » (120 lits répartis entre 30 bungalows) et « Seahorse » (50 lits).

`

Services publics de de gestion de l'eau et de distribution d'électricité

Comme déjà indiqué, le Projet modifié est conçu pour minimiser la sollicitation du réseau public de distribution d'électricité. Elle est ramenée à 192.352 kWh/an, soit une diminution de près de 47% par rapport au projet initial. Les générateurs de secours et d'appoint du futur établissement peuvent être mobilisé pour limiter la demande globale sur le réseau électrique, en cas d'incident ou de surcharge.

Le Projet modifié est conçu pour être autonome en eau potable. Cela étant, il met en œuvre des dispositifs de réduction de la consommation d'eau et de réutilisation des eaux de pluie et des eaux clarifiées, de façon à solliciter le moins possible l'unité de dessalement.

Circulation routière

Une étude de circulation est présentée au Ch. 3F.

Il en résulte qu'une augmentation de 5% du trafic (hypothèse de travail) entraînerait une surcapacité du trafic uniquement en direction de l'ouest le long de la route D209 aux heures de pointe de la matinée. La même pondération ne créée à aucun moment de surcapacité pour le trafic en direction de l'est. Pour parer ce risque, un plan de gestion du trafic est prévu lors de la phase de construction. En phase d'exploitation, du fait de leurs horaires de travail, les déplacements du personnel de l'hôtel ne devraient pas contribuer aux pics de trafic. Le personnel et la direction de l'hôtel se déplaçant entre les deux hôtels (Le Barthélemy et Émeraude Plage) pourront circuler en dehors des heures de pointe et ne contribueront pas à l'augmentation du trafic.

Les façades routières de l'hôtel doivent être agrémentées d'arbres et de végétation afin de créer un écran permettant de capter une partie des émissions nocives générées par le trafic permanent.

Solution de substitution raisonnable

Eu égard au site et à son environnement, ainsi qu'à sa vocation, le maître d'ouvrage n'a pas envisagé de solutions alternatives à celles d'un établissement hôtelier haut de gamme composé, à l'image de l'ancien hôtel Emeraude, d'un ensemble de villas et de cottages

Le positionnement haut de gamme permet en effet, dans le respect des contraintes économiques qui s'appliquent au projet, de prévoir un nombre raisonnable de chambres, proche de celui de l'ancien hôtel Émeraude, et ainsi de minimiser les incidences du projet, en ce qui concerne son impact tant sur l'environnement naturel du site que sur les services publics de l'île (en particulier, distribution de l'électricité et de l'eau potable), les politiques publiques de la Collectivité (logement, circulation…) et le cadre de vie des Barthéloméens.

Mesures ERC et Suivi des mesures

Les mesures ERC sont énumérées au Ch. 5, et les mesures de suivi au Ch. 6.

Elles concrétisent la volonté du maître d'ouvrage d'apporter au projet les modifications permettant de porter le projet à un haut degré de prise en compte des principes de durabilité, et de concevoir ainsi un nouvel hôtel Émeraude Plage emblématique par sa conception durable, sa faible empreinte carbone (en vue de la neutralité carbone) et la qualité de son intégration dans le site et le paysage.

`

ANNEXES

Annexe 1 G2-AVP, Etude géotechnique, juillet 2023

Annexe 2 Laboratoire Sanilab, Qualité de l'eau baie de Saint-Jean, juillet 2023

Annexe 3 Observations of Beach Conditions at St. Jean Beach, St Barthelemy with Recommendations for Continued Beach Management, 2021

Annexe 4 Tony Rey et autres, Changements côtiers et inondations suite au passage d'un ouragan extrême (Irma, 2017) aux Petites Antilles », 2020

Annexe 5 EGIS, Note technique sur la gestion de l'énergie, juin 2020

Annexe 6 INGEROP, Note technique sur la gestion de l'eau, 2023

Annexe 7 INGEROP, Note de gestion des eaux pluviales, 2023

Annexe 8 LABCO Antilles, Analyse sol et Percolation

Annexe 9 BRGM, Modélisation de l'impact de l'hôtel de l'Etoile sur les écoulements souterrains, 2022

Annexe 10 Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO, Guide des tsunamis pour les hôtels, 2012

Annexe 11 INGEROP, Notice Sismique PC, 2023

Annexe 12 FAU Combined sand sediment analysis conducted in June 2022 Emeraude Plage, 2022

Annexe 13 Laboratoire Labco Antilles, analyse échantillons de remblais prélevés sur le site, 2022

Annexe 14 Phil Heaton Associates Limited, Consulting Civil & Structural Engineers, 2023

Annexe 15 EGIS, suivi mensuel de la qualité de l'eau de mer au droit du site pendant la phase des travaux.

Antilles **GEOTECHNIQUE**

SAS SJBREI

A l'attention de Monsieur Fabrice DELLA LIBERA
58, Faubourg Victor Hugo
97110 POINTE A PITRE

Hôtel ETOILE à Saint Jean

COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

ETUDE GEOTECHNIQUE
DE CONCEPTION

G2-AVP

Siège social, Bureaux et Laboratoire : Rue Gaston Dorocant -Pôle Village des Entreprises – Parc d'Activités de La Providence – Dothémare – 97139 LES ABYMES
Téléphone : 0590 907832 – Fax : 0590 903976 – Mail : ag@antilles-geotechnique.com - Site : www.antilles-geotechnique.com - Capital : 10 000€ - SIRET : 539 198 481 000 27 – NAF : 7112B

SOMMAIRE

INTRODUCTION 4

CONTENU DE LA MISSION - RECONNAISSANCES 5

OBJECTIFS DE LA MISSION 5

CONTEXTE REGLEMENTAIRE 5

RECONNAISSANCES EFFECTUEES 6

DOCUMENTS UTILISES 6

DESCRIPTION DU SITE 7

CONTEXTE GENERAL 7

CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE 9

CONTEXTE GEOLOGIQUE 10

RESULTATS DES RECONNAISSANCES 12

DESCRIPTION DES SOLS 12

HISTORIQUE DES REMANIEMENTS RECENTS DU SOUS-SOL DU SITE 13

ASPECT HYDROGEOLOGIQUE 14

NIVEAU DE L'EAU DANS LE SOL 14

PERMEABILITE DES SOLS EN PLACE 15

CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES 16

CARACTERISTIQUES GEOMECANIQUES 16

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES MATERIAUX 19

CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES DERIVEES 19

ANALYSE DU POTENTIEL DE LIQUEFACTION DES SOLS 21

MODELE GEOTECHNIQUE PROPOSE 21

ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE (ZIG) 23

PRINCIPES DE FONDATIONS 24

SOLUTION DE COMPLEMENT DU TRAITEMENT PAR CAISSONNAGE 28

PRINCIPE DE LA METHODE 28

OBJECTIF DE TRAITEMENT DE LA LIQUEFACTION 29

Caractéristique du confinement retenu 29

Justification de la maille élémentaire 30

PORTANCE DU SOL RENFORCE 32

TASSEMENTS SOUS LES FONDATIONS 33

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES 33

Traitement de sols 33

Fondations des bâtiments 34

SOLUTION DE FONDATIONS PROFONDES 34
METHODOLOGIE DE DIMENSIONNEMENT 34
Détermination des résistances caractéristiques 35
Justification des pieux aux ELS 36
Justification des pieux aux ELU 37
CARACTERISTIQUES DE DIMENSIONNEMENT 37
Terme de pointe 37
Terme de frottement latéral axial le long du fût 38
Frottement négatif le long du fût 39
Comportement transversal 40
PREDIMENSIONNEMENT PHASE AVANT-PROJET DES FONDATIONS PROFONDES 42
DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES 50
CHOIX DES TYPES DE PLANCHERS 51

TERRASSEMENTS 52

EXTRACTION 52

REEMPLOI 52

STABILITE DES PENTES DES TALUS 52

POMPAGE 53

GESTION DES EAUX 56

CONTEXTE SISMIQUE DU SITE 57

RISQUES NATURELS DEFINIS AU PPRN DE LA COMMUNE 59

CONCLUSIONS 61

ANNEXES 64

INTRODUCTION

A la demande et pour le compte de la SAS SJBREI, la société ANTILLES GEOTECHNIQUE a réalisé une étude géotechnique de conception des fondations relative au projet de construction de l'Hôtel ETOILE au lieu-dit « Saint Jean » sur le territoire de la collectivité de SAINT BARTHELEMY, sur l'île du même nom.

D'après les informations transmises, le projet prévoit la construction d'un ensemble d'une dizaine de bâtiments de type R+C au maximum et de plain-pied sans sous-sol ni niveau dénivelé calés vers la cote +2.5 NGG environ, c'est-à-dire plus ou moins vers le niveau du terrain naturel actuel. Cet ensemble sera accompagné d'une piscine enterrée et occupera la moitié Nord du site, côté mer. Sa moitié Sud sera quant à elle l'assiette d'un grand bâtiment occupant toute la largeur de la parcelle, de type R+1+C avec sous-sol enterré complet abritant parkings et locaux techniques, et calé vers la cote -1.5 NGG environ, soit 4 m environ sous le niveau du terrain naturel actuel :

La structure des différents bâtiments devrait être constituée d'un soubassement en béton armé avec superstructure traditionnelle dont les trames courantes devraient présenter des dimensions classiques variables, limitées dans les espaces de résidences à relativement grandes pour la zone enterrée de parkings et de parties techniques (citernes, désalinisation, etc…).

Un plan de localisation du site objet de la présente étude est fourni au paragraphe « DESCRIPTION DU SITE » du présent rapport.

CONTENU DE LA MISSION - RECONNAISSANCES

OBJECTIFS DE LA MISSION

L'étude menée par la société ANTILLES GEOTECHNIQUE a pour objectifs :

- L'analyse des risques géotechniques mentionnés dans le PPRN de la commune
- La reconnaissance du contexte géologique et géotechnique du site
- La définition des principes de fondations à adopter pour la construction
- La détermination des caractéristiques de dimensionnement des fondations selon l'EUROCODE 7 et ses normes d'application nationales (NF P94-261 et NF P94-262)
- La détermination des dispositions constructives à prendre en compte dans le cadre de la construction

CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Il s'agit d'une étude géotechnique de conception phase Avant-Projet de type **G2-AVP** telle que décrite par la norme NF P94-500 révisée le 30 Novembre 2013 définissant l'enchaînement des missions du géotechnicien et rappelée en Annexe 1.

Le cadre réglementaire qui lui est appliqué est celui des EUROCODES, et plus particulièrement :

- L'EUROCODE 0 : Base de calcul des structures (EN 1990)
- L'EUROCODE 1 : Actions sur les structures (EN 1991)
- L'EUROCODE 7 : Calculs géotechniques (EN 1997)
- L'EUROCODE 8 : Calcul des structures aux séismes (EN 1998)

Dans ce contexte, les ouvrages étudiés devraient a priori présenter les hypothèses suivantes[1] :

	Hypothèses générales
Type d'ouvrages	Bâtiments
Catégorie de durée d'utilisation	4
Durée d'utilisation	50 ans
Classe de conséquence	CC2
Catégorie géotechnique	3
Catégorie d'importance	II à III

[1] *La catégorie de durée d'utilisation, la durée d'utilisation et la catégorie d'importance vis-à-vis du séisme devront être définies par le Maître d'Ouvrage et ses conseils avant le début de la phase de conception.*

RECONNAISSANCES EFFECTUEES

Pour se faire, les investigations suivantes ont été menées :

- Une (1) visite de site avec relevés géotechniques et géologiques
- Une (1) étude bibliographique des documents d'archives disponibles pour cette zone, et en particulier les études géotechniques antérieures réalisées sur le site et référencées 1811-039.IGE1, 1911-001.IGE1, 1911-001.IGE2 et 2210-019.IGE1

Le plan d'implantation des reconnaissances implantées sur site au GPS (Projection UTM Nord fuseau 20, système géodésique WGS84) et positionnées sur le plan des résidences recalé est fourni en Annexe 2.

DOCUMENTS UTILISES

Les documents transmis utilisés dans la suite du présent dossier sont les suivants :

[1] 2023 06 30_EMERAUDE ST BARTH_PCM_PRE INSTRUCTION (partiel)

Nom	Modifié le	Type	Taille
134-3.1 - Notice présentant le projet architectural.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	167 Ko
134-4.1 - Situation du terrain.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	111 Ko
134-4.2_PG_PLAN DE L'ETAT INITIAL DU TERRAIN.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	4 810 Ko
134-4.3_PG_PLAN DE MASSE.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	7 291 Ko
134-4.3a_PG_PLAN DE MASSE - Volumétrie et Emprise.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	857 Ko
134-4.3b_PG_PLAN DE MASSE - Surfaces imperméabilisées.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	1 765 Ko
134-4.3c_PG_PLAN DE MASSE - Surface Végétalisée.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	2 314 Ko
134-4.3d_PG_PLAN DE MASSE - Surface de Plancher.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	1 677 Ko
134-4.4_PG_PLAN DES FACADES.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	1 849 Ko
134-4.5_PG_PLAN DES TOITURES.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	6 897 Ko
134-4.6_PG_PLAN EN COUPE.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	1 834 Ko
134-4.7a_PG_PLAN D'AMENAGEMENT R-1.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	670 Ko
134-4.7b_PG_PLAN D'AMENAGEMENT RDC.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	5 522 Ko
134-4.7c_PG_PLAN D'AMENAGEMENT R+1.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	5 421 Ko
134-4.8 - Photographies terrain.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	54 Ko
134-7.1 - Insertion du projet dans l'environnement.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	902 Ko
134-7.2 - Notice impact visuel du projet.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	7 256 Ko
formulaire_n_6_-demande_de_pc_ou_pa_modificatif_-pdf.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	3 301 Ko
Protocole Resiliation Amiable et Anticipe - MK 06-12-2022.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	470 Ko
St Jean Beach Estate_Liste des pièces PCM.pdf	30/06/2023 11:59	Kofax Power PDF ...	29 Ko

DESCRIPTION DU SITE

CONTEXTE GENERAL

Le terrain étudié est situé au lieu-dit « Saint Jean » sur le territoire de la collectivité de SAINT BARTHELEMY, sur l'île du même nom.

Il correspond aux parcelles cadastrées AI 21 et 58 présentant une surface totale cumulée d'environ 9 634 m².

Les coordonnées approximatives du centre du site étudié sont :

	UTM20 Nord WGS84	Longitude / Latitude
X	517 145 m	-62° 50' 17.3"
Y	1 979 445 m	17° 54' 10.3"

Le terrain est bordé au Nord par la mer, à l'Ouest par un chemin carrossable puis des parcelles construites, à l'Est par des parcelles construites, et au Sud par la route territoriale n°209.

Lors des différentes visites de terrain, les éléments suivants ont été mis en évidence :

- ✓ Terrain visiblement remanié en surface à la suite de travaux relativement récents
- ✓ Zone totalement clôturée
- ✓ Site à forte exposition marine

Le Plan de situation du site est joint au Document A présenté en page suivante.

Localisation du site d'étude

A

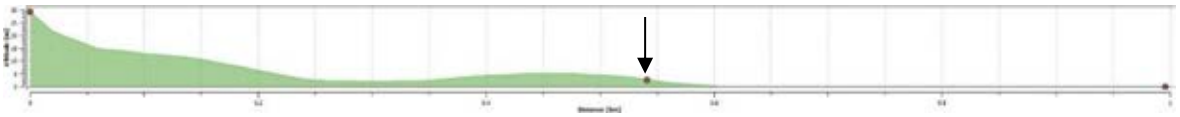
Antilles GEOTECHNIQUE	**SAS SJBREI**
	Hôtel ETOILE à Saint Jean
Dossier n°1911-001	COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE

Le site étudié est implanté sur le cordon littoral fermant la lagune de Saint Jean, en partie Nord de l'île de SAINT BARTHELEMY.

Il présente une morphologie de type « versant » de faible altimétrie à pentes très faibles dans la zone, et dont le sommet est localisé au niveau de la chaine de morne séparant la lagune de Saint Jean au Nord et le Bourg de Gustavia au Sud.

Le profil topographique caractéristique général de la zone dans le sens de la plus grande pente et passant par le site étudié est présenté à la figure suivante :

Position des profils	
Profil	

Plus localement, la zone d'étude présente une pente quasi nulle correspondant au cordon littoral fermant la lagune de Saint Jean. Sa morphologie actuelle est de toute évidence partiellement issue de remaniements anthropiques anciens et récents.

L'altimétrie du site lors de la visite de terrain était calée entre les cotes +1 NGG à +3 NGG environ d'après les données topographiques disponibles de l'IGN (SCAN25) pour cette zone.

CONTEXTE GEOLOGIQUE

Les terrains observables sont visiblement constitués de sables marins plus ou moins denses présents sur des épaisseurs importantes, à priori décamétriques. Les hyaloclastites (microconglomérats volcaniques) sont présent directement en deçà. Elles présentent généralement une frange fortement latérisée en tête sur des épaisseurs pluri métriques.

L'ensemble est recouvert d'une épaisseur métrique à pluri métrique de remblais indifférenciés comprenant notamment des formations sablonneuses ou de sables remaniés par les épisodes cycloniques passés, des remblais d'apports extérieurs, ainsi que des spoils mis en comblement de la zone Ouest excavée en 2021.

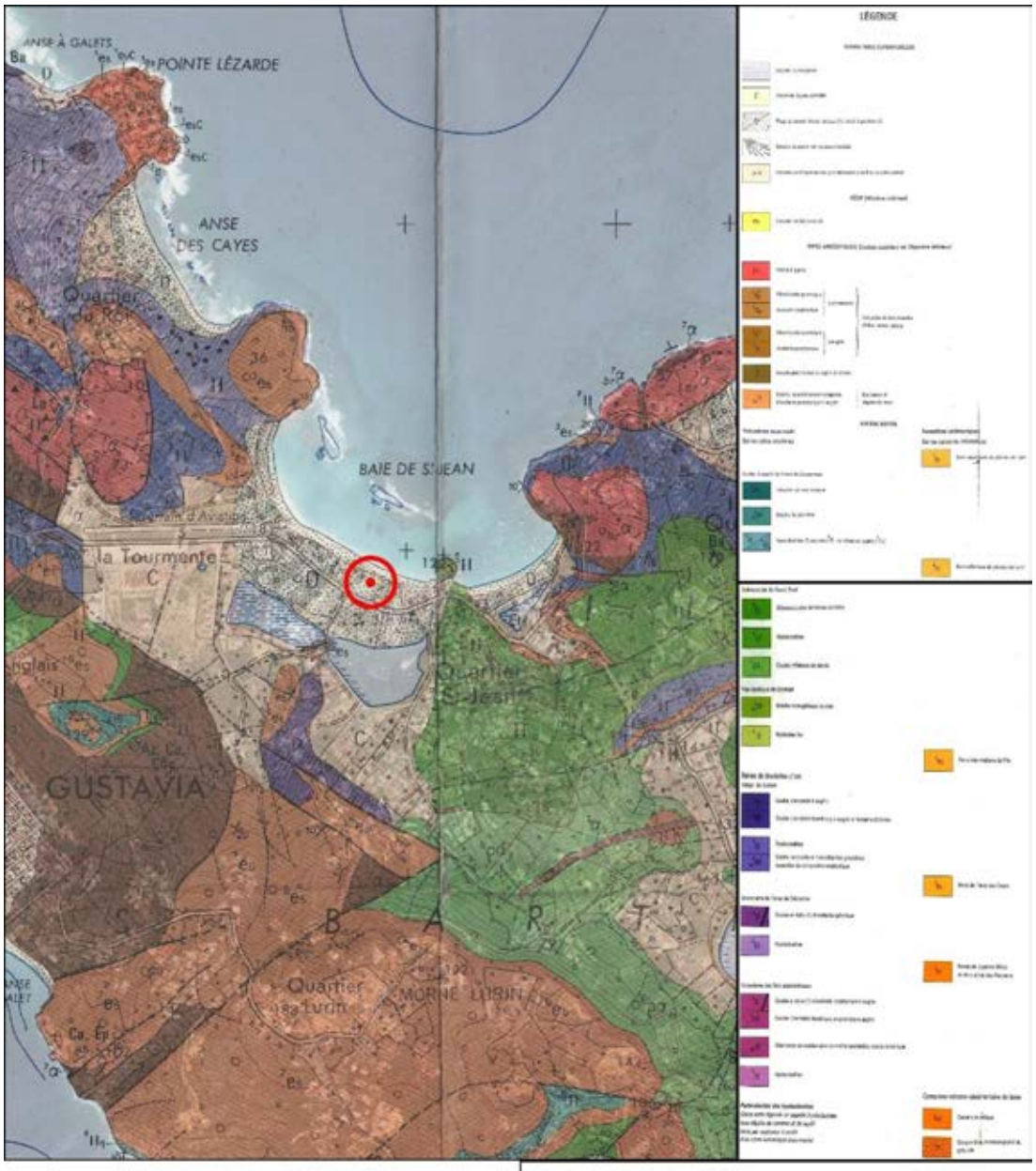
L'analyse de la carte géologique au 1/20000ème de Saint Barthélemy et ses îlets (1983) indique que le site s'inscrit dans le contexte général des formations de plage et cordon littoral sableux datant du Quaternaire.

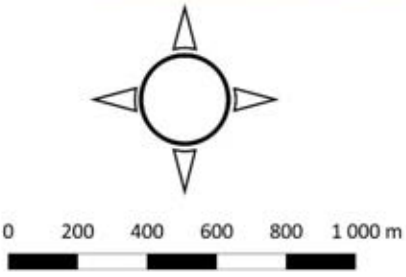
Ces formations sont représentées par un figuré jaune à points noirs noté D sur la carte présentée au Document B de la page suivante.

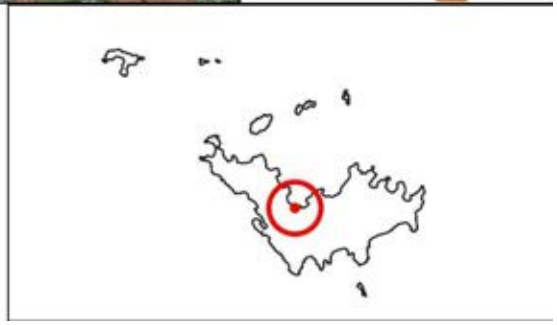
Par ailleurs, le climat de la zone est propice au développement d'une végétation appartenant aux séries xérophiles, littorales et anthropiques.

Extrait de la carte géologique au 1/20000ème de Saint Barthélemy et ses îlets (1983)

B







Antilles GEOTECHNIQUE	**SAS SJBREI**
	Hôtel ETOILE à Saint Jean
Dossier n°1911-001	COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

RESULTATS DES RECONNAISSANCES

DESCRIPTION DES SOLS

Le site est caractérisé par l'enchaînement lithologique suivant, du haut vers le bas, mis en évidence au droit des sondages d'archives avant réalisation des travaux récents :

- ✓ **Un recouvrement remblayé/remanié**, noté $Rb_{0/2}$, présent sur 1.0 m à 2.7 m d'épaisseur environ. Il est généralement constitué des sables autochtones mais pourra également présenter d'autres formes et être d'autres origines, en particulier des éléments de type grave et blocs polygéniques recoupés principalement dans la zone du front de mer (ancien aménagement pare-houle ou de protection contre l'érosion ?). Ces derniers ont nécessité la réalisation d'avant-trous pour l'exécution des essais de type CPTu.
- ✓ **Des dépôts marins sableux**, notés Fq_5, reconnus jusqu'à 7.4 m à 10.3 m de profondeur environ au droit des sondages. Il s'agira ici de sables marins grossiers coquillés blanchâtres à beige finement argileux et se présentant sous la forme d'un empilement de passées décimétriques fortement indurées entrecoupées de couches centimétriques à décimétriques plus lâches. Les essais CPTu ont permis d'identifier une couche très indurée de type *beachrock* plus puissante en partie haute et dont le toit a été recoupé entre 1.7 m et 3.2 m de profondeur environ et le mur entre 3.0 m et 5.3 m de profondeur environ.
- ✓ **Des sédiments de lagune sablonneux**, notés Fq_{4a}, reconnus jusqu'à 9.2 m à 13.8 m de profondeur environ au droit des sondages. Il s'agira ici de sables marins grossiers coquillés lâches dans une gangue argilo-vasarde de teinte grise à verdâtre
- ✓ **Des Hyaloclastites dégradées**, notées SuV_{2a}, directement en dessous et au moins jusqu'à la base des sondages. Elles sont constituées d'un conglomérat pyroclastique à dominante dacitique pluri centimétrique, non jointif, de teinte claire (gris, bleutée, verdâtre) cimenté dans une matrice limoneuse indurée de type siltstone dégradée de teinte beige à lie-de-vin riche en quartz.

Le substratum géotechnique, d'origine volcanique dans le contexte géologique local du site, a été reconnu entre 9.2 m et 13.8 m de profondeur environ au droit des sondages réalisés. Le pendage global apparent du rocher semble donc très faible, inférieur à 5% environ, et descendant vers le Nord-Nord-Est.

Les coupes et logs des sondages géotechniques de la campagne initiale de 2018 sont présentés en Annexe 3.

Les coupes correspondant aux sondages de reconnaissances géologiques de type carottés Ø116 mm sont présentées en Annexe 4.

Les logs des essais de pénétration statique à pointe électrique sont présentés en Annexe 5.

Les coupes des forages pour la réalisation des essais d'infiltration sont présentées en Annexe 7.

HISTORIQUE DES REMANIEMENTS RECENTS DU SOUS-SOL DU SITE

Depuis cet état des lieux antérieur aux principaux travaux exécutés dernièrement (période 2021 environ) sur le site, les terrains ont été largement remaniés. Ces travaux ont consisté à procéder à :

- Un traitement des couches sablonneuses Fq_{4a} et Fq_5 depuis le toit des hyaloclastites SuV_{2a} jusqu'à la cote -3.3 NGG environ. Il s'agit d'un traitement par caissonnage en jet-grouting dont l'objectif principal était de s'affranchir de l'aléa liquéfaction de ces sols sous le niveau du sous-sol de l'ancien projet, soit une profondeur de l'arrêt du traitement (AS des caissons) située vers 5.8 m de profondeur environ par rapport au niveau du terrain naturel. Ces éléments ont par ailleurs été dotés de micropieux/tirants intégrés aux colonnes.
- Un ceinturage de la zone de l'ancien sous-sol par une paroi de pieux sécants destinée à faire soutènement lors de l'excavation initialement prévue dans le cadre des travaux du projet de 2019-2020.

L'emprise du traitement par caissonnage en jet-grouting ceint par la paroi de pieux sécants (excepté en secteur Nord-Est) réalisé est la suivante :

Les travaux ont été arrêtés alors que le tiers Nord-Ouest environ de l'emprise de ce projet avait été excavé (Cf. photographies précédentes). Le terrain a ensuite été remis à niveau en remblayant la fouille par des matériaux correspondant en grande majorité à ceux excavés ainsi qu'aux spoils issus des travaux de jet-grouting.

Dernièrement (fin 2022), le site a été le siège d'un aménagement éphémère destiné à recevoir un évènement humanitaire : des pieux battus acier fermés (BAF) Ø28 mm semblent avoir été mis en œuvre dans les premiers mètres des terrains pour supporter une structure provisoire en structure métallique.

ASPECT HYDROGEOLOGIQUE

Niveau de l'eau dans le sol

Le niveau de l'eau dans le sol a été relevé entre 1.2 m et 2.7 m de profondeur environ au droit des sondages de reconnaissances lors de leur réalisation[2].

Ce niveau correspond de toute évidence à celui de la mer et/ou de l'étang de Saint Jean à proximité dont il suivra plus ou moins directement les variations, notamment en fonction de la pluviométrie et des saisons, mais aussi des marées dans la Baie de Saint Jean directement au Nord.

Afin de préciser ces données, les sondages carottés Ca3 et Ca4 ont été équipés avec des cellules de relevés piézométriques. L'enregistrement des niveaux d'eau au cours du temps montrent des variations au cours du temps en régime courant sur la période de mesure de décembre 2019 à janvier 2020 de l'ordre de 0.5 m environ au droit de Ca3 côté mer avec des cycles biquotidiens assez marqués de l'ordre de 0.2 m environ qui semblent correspondre plus ou moins directement avec celui des marées. En comparaison, le niveau d'eau au droit du sondage Ca4 côté lagune affiche des variations au cours du temps, sur la même période, sensiblement moins marquées, de l'ordre de 0.2 m environ au maximum, avec toujours ces cycles biquotidiens mais avec des amplitudes très faibles, de l'ordre de quelques centimètres tout au plus.

Il en résulte que l'existence d'un gradient induit par la marée et normal au trait de côte est à prévoir ici. Son intensité (et son sens – selon toute vraisemblance variable) pourra être évaluée à partir des altimétries exactes des sondages non connues à ce jour (relevé topographique complet du site à prévoir). Elle devrait toutefois rester relativement limitée en régime courant (inférieure à 0.2 m en première approche).

Par ailleurs, les niveaux piézométriques relevés au droit de Ca3 entre le 20/01/2020 et le 03/02/2020 présentent une anomalie conséquente avec une profondeur de l'eau dans le sol qui diminue brusquement jusqu'à atteindre le terrain naturel, voir le submerger. Ceci est à priori à mettre en relation avec deux phénomènes qui ont eu lieu sur cette période. Il s'agit en premier lieu :

- D'une pluie inhabituelle survenue autour du 22/01/2020
- D'une série de houles conséquentes qui ont frappé la partie Nord des Petites Antilles (d'abord Nord-Est entre le 15/01/2020 et le 20/01/2020 accompagnée de vents violents, puis plein Nord et très énergétique avec des creux atteignant les 7 m fin Janvier)

Il n'est donc pas exclu, vu la proximité du forage avec la mer, que l'eau ait atteint et rempli le forage dans ces conditions (run-up).

Les Procès-Verbaux des mesures piézométriques réalisées à ce jour (encore en cours) sont présentés en Annexe 6.

[2] *Sondages effectués entre le 29/11/2018 et le 05/12/2018 pour les sondages de la campagne de reconnaissances initiale : Période de précipitations modérées. Sondages réalisés entre le 03/12/2019 et le 16/01/2020 pour les sondages complémentaires : Période de précipitations modérées également.*

En se basant sur la période de ces relevés comme étant la période de référence et dans le cas des mesures effectuées au droit du sondage Ca3 qui semblent les plus représentatives, les niveaux au sens de l'EN : 1997 se définissent comme suit :

- Niveau des plus basses eaux sur la période de référence : PBE_{ref} = 0 NGG
- Niveau des plus hautes eaux sur la période de référence : PHE_{ref} = +2.4 NGG
- Niveau des eaux moyennes sur la période de référence : ME_{ref} = +0.5 NGG
- Niveau des eaux exceptionnelles avec une probabilité de dépassement à 1% sur la période de référence : $EE_{1\%;ref}$ = +2.4 NGG
- Niveau des eaux exceptionnelles avec une probabilité de dépassement à 5% sur la période de référence : $EE_{5\%;ref}$ = +2.2 NGG

La période de relevés étant courte et inférieure à un cycle complet (1 an), il convient toutefois de considérer ces valeurs avec précaution qui ne restent pleinement valables que sur la période de référence (ici 3 mois). Elles ne tiennent en particulier pas compte des phénomènes cycloniques extrêmes.

De plus, ces éléments ne considèrent que les eaux dans le sol. En particulier, les niveaux d'eau (PHE et EE) associés aux problématiques d'inondation et de submersion pourront être dépassées pour ces aspects spécifiques. Une analyse des phénomènes de type submersion marine a à ce titre été menée par EGIS dans le cadre d'une étude dédiée (Document du 21/02/2020 intitulé « *BAPH072-HotelEtoileStBarthelemy_Hydrosed_v1* ») qu'il conviendra de prendre en compte dans la conception du projet.

Les eaux de surface s'évacuent quant à elles de toute évidence majoritairement par infiltration dans les sols sablonneux, voire, en période d'intempéries de fortes intensités, par écoulement gravitaire en suivant la ligne de plus grande pente vers les aménagements hydrauliques des voiries et parkings de la zone.

Perméabilité des sols en place

Des essais d'infiltration en surface, c'est-à-dire dans le premier mètre des terrains en place, avait été réalisée en mai 2019 (Ref. ***Erreur ! Source du renvoi introuvable.***). Il s'agissait d'essais de type PORCHET qui avaient donné les résultats suivants :

	Po1	Po2	Po3	Po4	Po5
K (m/s)	2.5×10^{-4}	1.5×10^{-4}	2.2×10^{-4}	1.5×10^{-4}	1.9×10^{-4}
K (mm/h)	890	552	776	524	693

Ils ont été complétés par la réalisation d'essais d'infiltration en forages positionnés aux endroits définis par EGIS.

Les perméabilités suivantes ont été obtenues pour chaque couches (en m/s) :

	Minimum	Maximum
Rb_2	6.3×10^{-6}	5.5×10^{-4}
Fq_5	9.7×10^{-6}	6.2×10^{-5}
Fq_{4a}	3.1×10^{-6}	5.7×10^{-6}
SuV_{2a}	9.2×10^{-8}	3.8×10^{-6}

Les coupes, logs et photographies des forages, et les Procès-Verbaux des essais d'infiltration en profondeur sont présentés en Annexe 7.

CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES

Caractéristiques géomécaniques

D'un point de vue géomécanique, quatre familles principales se distinguent. Elles correspondent à celles, géologiques, identifiées précédemment.

Les caractéristiques géomécaniques des sols du site, mesurées au moyen des essais pressiométriques réalisés conformément à la norme NF P94-110 dans les forages destructifs, s'avèrent :

- ✓ **Très hétérogènes et médiocres à élevées** dans les remblais sableux $Rb_{0/2}$ avec :

$$0.2 \text{ MPa} \leq q_d \leq 74.8 \text{ MPa}$$
$$q_{d,moy} \approx 8.7 \text{ MPa}, q_{d,F5\%} \approx 1.7 \text{ MPa et } \sigma_{qd} = 9.0 \text{ MPa}^3$$

$$0.06 \text{ MPa} \leq q_c \leq 12.08 \text{ MPa}$$
$$q_{c,moy} \approx 3.81 \text{ MPa et } \sigma_{qc} = 2.15 \text{ MPa}^4$$

$$0.22 \text{ MPa} \leq p_l - p_0 \leq 2.54 \text{ MPa}$$
$$1.2 \text{ MPa} \leq E_M \leq 23.4 \text{ MPa}$$

- ✓ **Hétérogènes et moyennes à bonnes** dans les dépôts sableux Fq_5 avec :

$$1.39 \text{ MPa} \leq q_c \leq 25.24 \text{ MPa}$$
$$q_{c,moy} \approx 10.78 \text{ MPa et } \sigma_{qc} = 4.35 \text{ MPa}$$

$$0.36 \text{ MPa} \leq p_l - p_0 \leq 1.67 \text{ MPa}$$
$$2.1 \text{ MPa} \leq E_M \leq 15.6 \text{ MPa}$$

- ✓ **Moyennes** dans les sédiments de lagune Fq_{4a} avec :

$$0.19 \text{ MPa} \leq q_c \leq 10.15 \text{ MPa}$$
$$q_{c,moy} \approx 2.73 \text{ MPa et } \sigma_{qc} = 1.39 \text{ MPa}$$

$$0.39 \text{ MPa} \leq p_l - p_0 \leq 0.80 \text{ MPa}$$
$$2.4 \text{ MPa} \leq E_M \leq 7.1 \text{ MPa}$$

[3] σ_{qd} est l'écart types des valeurs de résistance de pointe d'une même formation mesurées tous les 20cm environ ou à intervalles variables dans le cas des essais de pénétration dynamique à énergie variable de 2022.

[4] σ_{qc} est l'écart types des valeurs de résistance de pointe d'une même formation mesurées tous les 1cm environ.

✓ **Hétérogènes et moyennes à élevées** dans les hyaloclastites dégradées SuV_{2a} :

$$1.61 \text{ MPa} \leq q_c \leq 22.31 \text{ MPa}$$
$$q_{c,moy} \approx 9.45 \text{ MPa et } \sigma_{qc} = 3.97 \text{ MPa}$$

$$0.58 \text{ MPa} \leq p_l - p_0 \leq 2.70 \text{ MPa}$$
$$3.5 \text{ MPa} \leq E_M \leq 25.3 \text{ MPa}$$

Les couples de valeurs mesurées pour chaque essai pressiométrique ont permis d'établir la classification de chaque famille géomécanique sur le diagramme de BAUD (2011) présenté au Document C1.

Ces ensembles ont permis de définir le modèle géomécanique pour lequel les valeurs pressiométriques caractéristiques[5] suivantes sont proposées :

	$q_{c,k}$ (MPa)	$p_{l,k}^*$ (MPa)	$E_{M,k}$ (MPa)	$E_{M,k}/p_{l,k}^*$	α
Rb_2	2.06	0.30	2.0	6.7	0.50
Fq_5	7.73	0.83	5.2	6.3	0.33
Fq_{4a}	1.69	0.43	3.1	7.2	0.50
SuV_{2a}	6.48	0.98	8.3	8.5	0.50

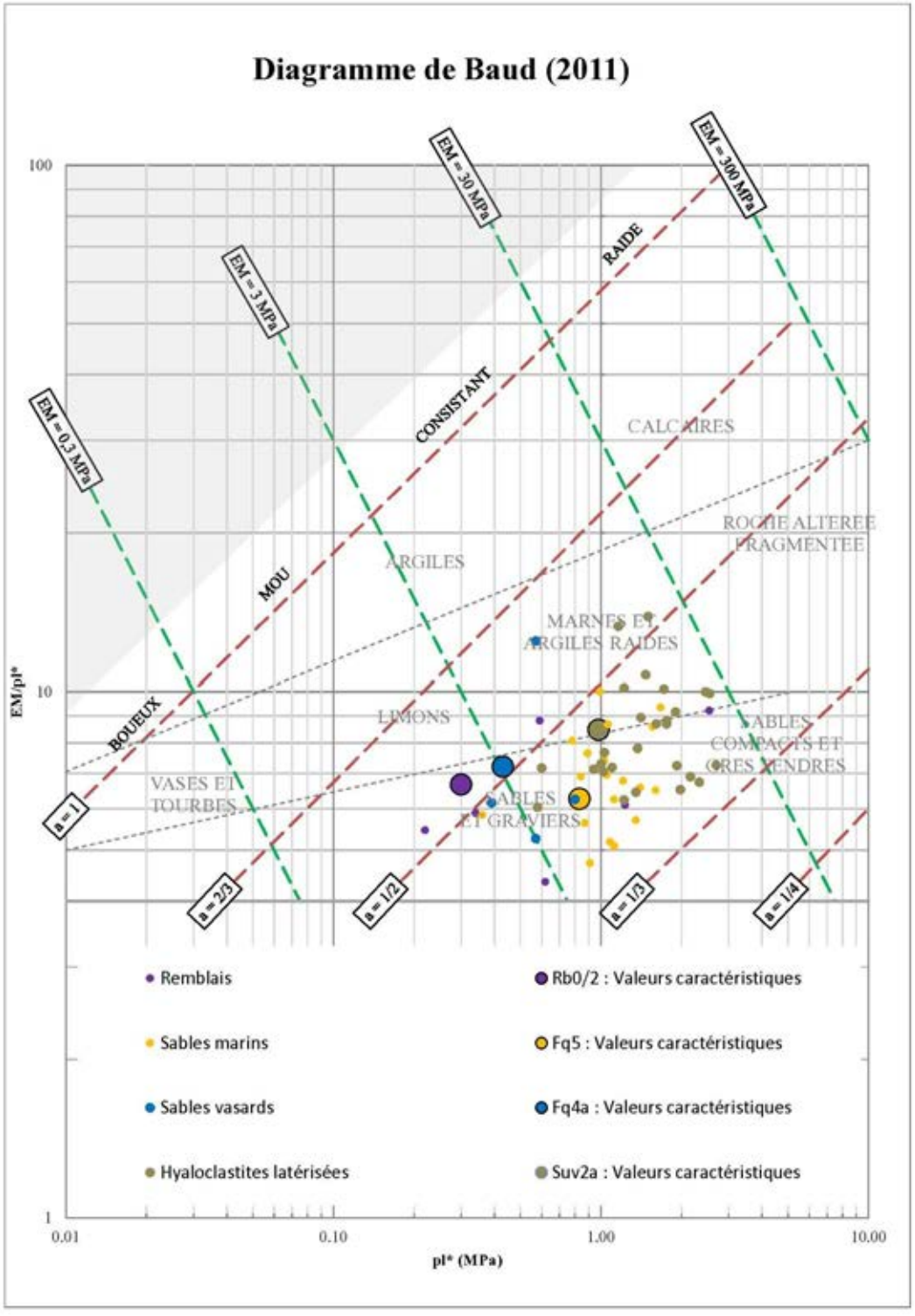
Les valeurs pressiométriques caractéristiques proposées ci-dessus ont également été incluses à ce diagramme spectral. Elles apparaissent en adéquation avec les ensembles de valeurs mesurées.

Il conviendra par ailleurs de noter que ces valeurs ont été obtenues dans des sols hors emprise des colonnes en Jet-Grouting. Ces dernières présentent des résistances plus élevées que tous les sols naturels recoupés lors des sondages.

[5] *Conformément à l'EUROCODE 7, il s'agit ici de valeurs estimées prudentes issues d'une analyse simplifiée de celle proposée par BAGELIN et al (2000).*

Classification des sols selon l'annexe A.2.4 de la norme NF P94-261

C



Antilles GEOTECHNIQUE	**SAS SJBREI**
	Hôtel ETOILE à Saint Jean
Dossier n°1911-001	COMMUNE DE SAINT BARTHELEMY

Caractéristiques physiques des matériaux

Les échantillons prélevés ont permis la réalisation d'essais en laboratoire afin de déterminer certaines des caractéristiques physiques des matériaux dont les principales sont résumées dans le tableau du Document D de la page suivante.

Les Procès-Verbaux des essais réalisés en laboratoire sont présentés en Annexe 8.

Caractéristiques géotechniques dérivées

Les essais réalisés sur site permettent d'estimer les caractéristiques géotechniques dérivées suivantes :

	$Rb_{0/2}$	Fq_5	Fq_{4a}	SuV_{2a}	
Type	Sable	Sable	Sable	Roche	
Poids volumique γ_h	19.0	20.5	20.0	21.0	*kN/m³*
Angle de frottement interne ϕ'	30	35	30	25	°
Cohésion effective C'	0	5	5	30	*kPa*
Cohésion non drainée C_u	0	150	75	180	*kPa*
Vitesse des ondes S V_s	285	495	345	540	*m/s*

Là encore, ces valeurs correspondent à des sols non traités. Le traitement de sol a amené un massif renforcé équivalent dont les caractéristiques moyennes sont meilleures que celles des sols naturels initiaux.

Tableau de synthèse des principaux résultats des essais en laboratoire

D

	Type	Z (m/TN)	γ_h (kN/m^3)	W_n (%)	γ_d (kN/m3)	e_0	VBS	D_{max} (mm)	D_{60} (mm)	D_{50} (mm)	D_{10} (mm)	Passant à 80µm (%)	Passant à 2mm (%)
Ca1	Rb2	1.0		21.0			0.23	5.0	0.355	0.305	0.166	4.4	99.5
Ca1	Fq5	4.0	20.5	24.0	16.5	0.60	0.13	10.0	0.446	0.330		19.5	97.5
Ca1	Fq5	7.0	19.5	28.5	15.2	0.75	0.09	10.0	0.446	0.247		21.4	97.8
Ca1	Fq4a	9.0	19.6	24.8	15.7	0.68	0.10	25.0	0.348	0.259		18.1	94.2
Ca1	SuV2a	10.5	21.1	19.0	17.7	0.50	3.53	25.0	0.248	0.097		48.0	83.7
Ca2	Rb2	1.0		7.3			0.16	5.0	0.328	0.274	0.080	9.9	99.7
Ca2	Fq5	4.0	22.1	15.2	19.2	0.38		10.0	0.395	0.286		22.4	97.3
Ca2	Fq5	7.0	20.3	20.0	16.9	0.57		10.0	0.717	0.490		20.2	96.1
Ca2	Fq4a	9.0	20.2	16.2	17.4	0.52							
Ca2	SuV2a	10.5	20.3	17.6	17.2	0.54							
Ca3	Rb2	1.5		11.5			0.10	25.0	0.414	0.328		12.7	89.7
Ca3	Fq5	2.5	18.8	38.5	14.3	0.96	0.06	50.0	22.249	12.536	0.262	0.4	34.4
Ca3	Fq5	4.5	18.9	15.7	16.3	0.64	0.11	25.0	0.527	0.400	0.103	6.1	92.1
Ca3	Fq5	6.5	20.5	20.1	17.1	0.55	0.09	25.0	0.825	0.634		11.3	93.7
Ca3	Fq5	8.5	21.6	15.8	18.6	0.42	0.11	25.0	0.638	0.341		30.5	92.0
Ca3	Fq5	9.5	21.5	18.8	18.1	0.47	0.11	25.0	0.983	0.762	0.128	2.7	88.0
Ca3	SuV2a	10.2	20.6	15.3	17.9	0.48	1.57	25.0	0.283	0.194		33.1	93.1
Ca4	Rb2	0.5		18.9			0.10	50.0	0.438	0.354	0.107	7.8	84.4
Ca4	Fq5	2.5	20.7	13.9	18.2	0.46	0.11	50.0	0.325	0.234		17.6	93.3
Ca4	Fq5	4.5	19.3	22.0	15.8	0.67	0.11	25.0	0.666	0.417		14.3	92.3
Ca4	Fq5	6.5	19.8	20.7	16.4	0.62	0.11	25.0	0.546	0.356		17.2	91.6
Ca4	Fq5	8.5	20.0	17.2	17.1	0.55	0.11	25.0	0.464	0.323		16.7	95.0
Ca4	SuV2a	10.5	20.4	19.5	17.1	0.55	5.88	25.0	0.098			58.4	91.6
	Minimum		18.8	7.3	14.3	0.4	0.06	5.0	0.098	0.097	0.080	0.4	34.4
	Maximum		22.1	38.5	19.2	1.0	5.88	50.0	22.249	12.536	0.262	58.4	99.7
	F5%		19.2	14.2	15.6	0.5	0.09	10.0	0.283	0.230	0.092	4.4	84.4
	Moyenne		**20.3**	**19.2**	**17.0**	**0.6**	**0.67**	**23.8**	**1.511**	**0.958**	**0.141**	**18.7**	**90.3**
	Ecart type		0.9	6.0	1.2	0.1	1.47	13.0	4.641	2.660	0.060	13.9	13.2
	Valeurs		19	23	19	19	19	21	21	20	6	21	21

Antilles GEOTECHNIQUE

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

Dossier n°1911-001

COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Analyse du potentiel de liquéfaction des sols

Les études antérieures ont clairement mis en évidence la présence de sols liquéfiables correspondant aux passées sableuses comprises dans les remblais anciens $Rb_{0/2}$, les dépôts sableux Fq_5, et les sédiments sablonneux Fq_{4a}.

Comme précisé précédemment, le traitement par caissonnage a permis de neutraliser le potentiel de liquéfaction de ces sols sur la hauteur traitée.

En revanche, le traitement ayant été arrêté aux besoins de l'ancien projet, soit vers la cote -3.3 NGG environ, les sols sablonneux sous nappe présents entre le toit de la nappe et la cote d'arrêt du traitement restent susceptibles de se liquéfier en masse.

En considérant un niveau moyen des eaux à +0.5 NGG (Cf. précédemment), il en résulte une épaisseur de sols potentiellement liquéfiable d'environ 3.8 m sous les ouvrages qui seront établis au niveau du terrain naturel. Pour la zone de sous-sols calée vers la cote -1.5 NGG environ, cette épaisseur sera réduite à 1.8 m environ.

Bien entendu, les terrains compris dans les zones non couvertes par le traitement en Jet-Grouting restent liquéfiables sur toute leur hauteur initiale.

MODELE GEOTECHNIQUE PROPOSE

La zone étudiée correspond à un cordon dunaire situé entre la mer et la lagune et présente une pente quasi nulle issue pour partie de remaniements anthropiques.

Le niveau de l'eau dans le sol correspond à celui de la lagune et de la mer à proximité.

Son sous-sol est constitué du profil stratigraphique suivant, du haut vers le bas :

- ✓ **Recouvrement remblayé/remanié** ($Rb_{0/2}$) sur environ 1.0 m à 2.7 m d'épaisseur
- ✓ **Dépôts marins sableux** (Fq_5) jusqu'à 7.4 m à 10.3 m de profondeur environ
- ✓ **Sédiments de lagune sablonneux** (Fq_{4a}) jusqu'à 9.2 m à 13.8 m de profondeur environ
- ✓ **Hyaloclastites latérisées** (SuV_{2a}) directement en dessous

Les valeurs représentatives des paramètres géotechniques des terrains (hors traitement) sont présentées dans le tableau ci-dessous :

	H (m)	Faciès	γ_h (kN/m³)	α	$p_l^*{}_{,k}$ (MPa)	$E_{M,k}$ (MPa)	ϕ' (°)	c' (KPa)	C_u (KPa)	V_s (m/s)
$Rb_{0/2}$	1.0 2.7	Sable	19.0	0.50	0.3	2.0	30	0	0	285
Fq_5	5.4 9.3	Sable	20.5	0.33	0.83	5.2	35	5	150	495
Fq_{4a}	1.4 3.8	Sable	20.0	0.50	0.43	3.1	30	5	75	345
SuV_{2a}	≥10	Roche	21.0	0.50	0.98	8.3	25	30	180	540

ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE (ZIG)

Elle est principalement caractérisée par :

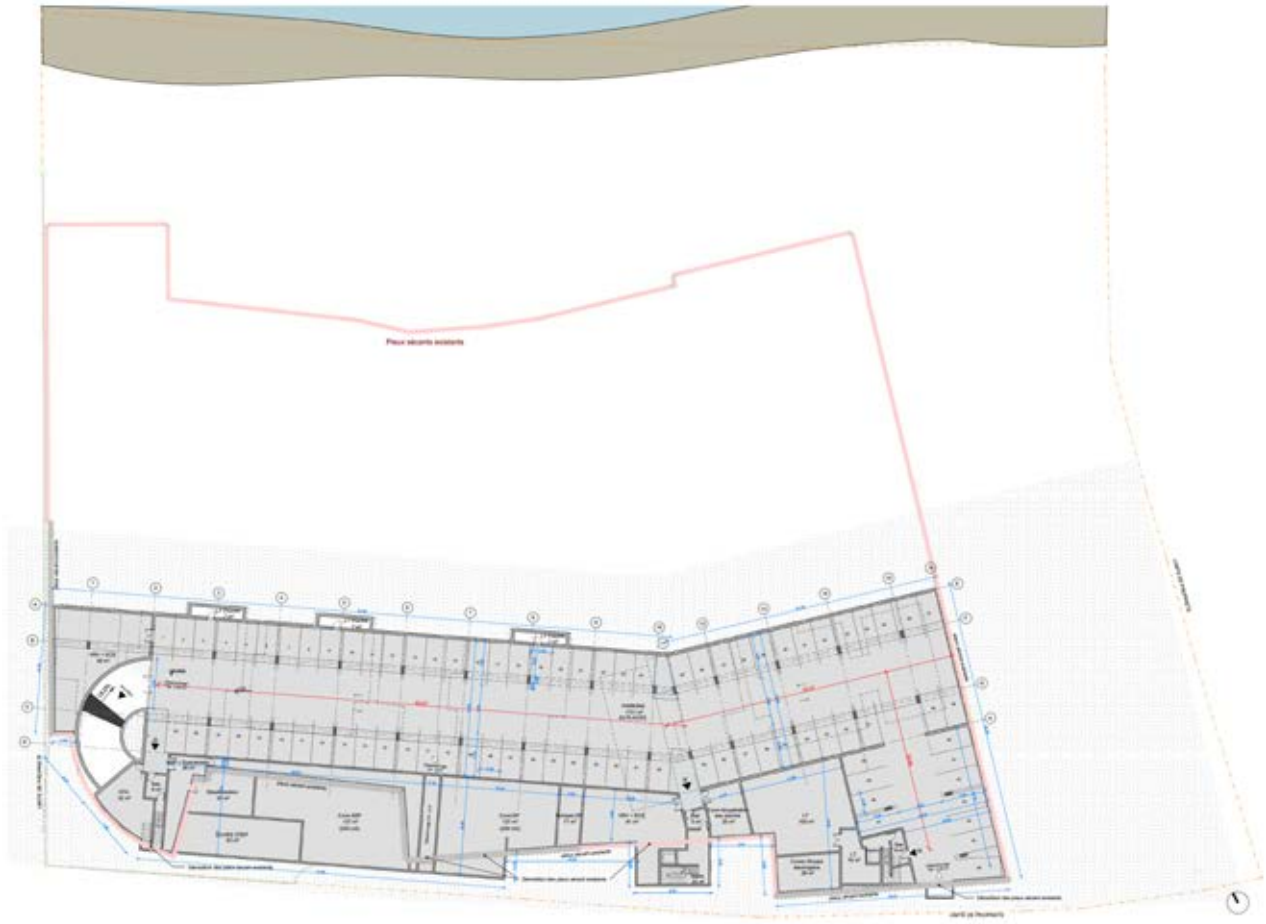
- Les bâtiments avoisinants sur le site et sur les parcelles voisines
- La mer présente directement au Nord du projet, et la lagune plus au Sud
- Les voies d'accès et celles longeant les parcelles

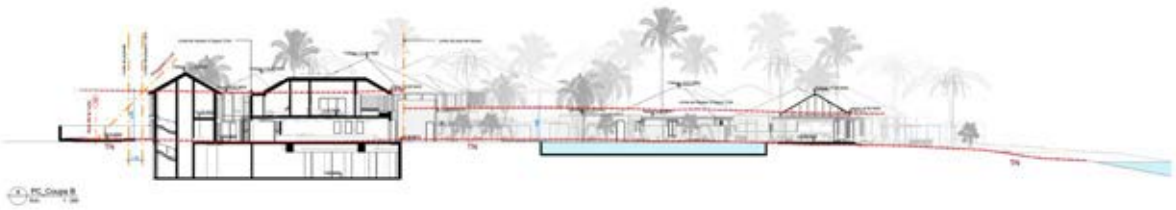
Ces éléments devront être pris en compte dans le projet, tant d'un point de vue du dimensionnement des ouvrages définitifs et en cours de construction, que dans l'organisation générale du chantier (mise en place des éléments de sécurité et de signalisation règlementaires, installations de chantier, accès des engins, phasage opérationnel, contraintes spécifiques, …).

Les éléments techniques à considérer relevant exclusivement du domaine de la géotechnique proprement dit sont détaillés dans une section dédiée du présent rapport. Les autres points relevant par exemple de l'exécution ou de la règlementation, ne seront pas traités ici car relevant de l'expertise d'autres corps de métiers (entreprise, maitre d'ouvrage, maitre d'œuvre, …).

PRINCIPES DE FONDATIONS

D'après les informations transmises, le projet prévoit la construction d'un ensemble d'une dizaine de bâtiments de type R+C au maximum et de plain-pied sans sous-sol ni niveau dénivelé calés vers la cote +2.5 NGG environ, c'est-à-dire plus ou moins vers le niveau du terrain naturel actuel. Cet ensemble sera accompagné d'une piscine enterrée et occupera la moitié Nord du site, côté mer. Sa moitié Sud sera quant à elle l'assiette d'un grand bâtiment occupant toute la largeur de la parcelle, de type R+1+C avec sous-sol enterré complet abritant parkings et locaux techniques, et calé vers la cote -1.5 NGG environ, soit 4 m environ sous le niveau du terrain naturel actuel. La structure des différents bâtiments devrait être constituée d'un soubassement en béton armé avec superstructure traditionnelle dont les trames courantes devraient présenter des dimensions classiques variables, limitées dans les espaces de résidences à relativement grandes pour la zone enterrée de parkings et de parties techniques (citernes, désalinisation, etc…) :

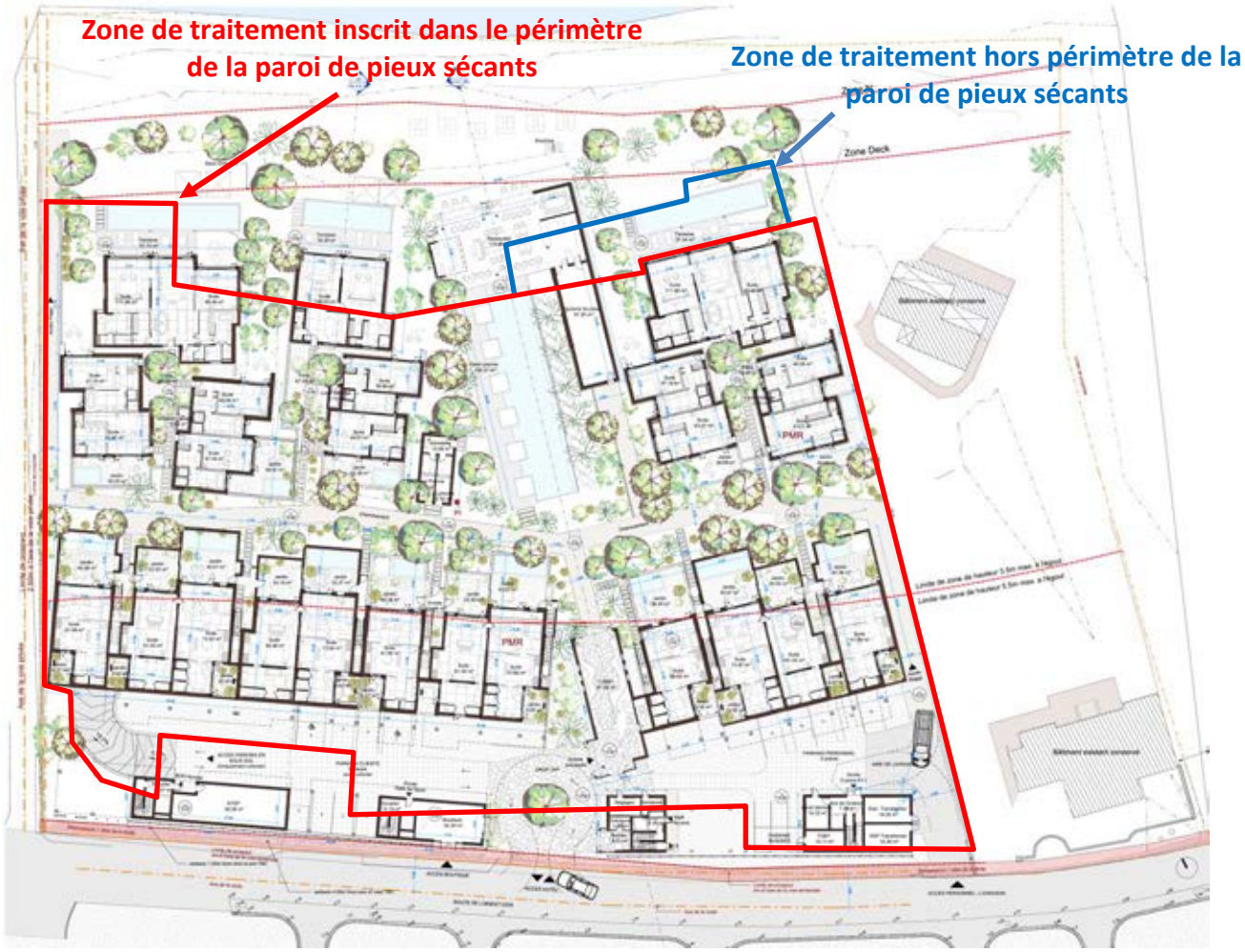




Le contexte géotechnique du site actuel apparaît relativement défavorable au projet tel que prévu à ce stade du fait des points suivants :

- Le traitement initial a été arrêté à la cote -3.3 NGG, or l'altimétrie du nouveau projet est calée entre -1.5 NGG et +2.5 NGG environ. De ce fait il va rester une épaisseur de sols liquéfiable non négligeable sous les ouvrages.
- Le site a été partiellement excavé puis remblayé avec des matériaux qui sont apparus hétérogènes et impropres à recevoir des fondations
- Le nouveau projet n'est pas totalement inscrit dans l'emprise du traitement de sols initial. De ce fait, certaines zones ne sont pas couvertes par le traitement. L'épaisseur de sols liquéfiables s'avèrera donc importante et l'assise très hétérogène pour les bâtiments implantés sur les deux zones (traitées/Non hétérogénéité).
- Le nouveau projet dispose d'un niveau de sous-sol dont l'emprise sort par endroit de l'enceinte de pieux sécants existante. De ce fait, il y aura lieu de recréer un contour de paroi compatible avec le nouveau projet puis si nécessaire, de déposer les parties de l'ancien écran en chevauchement avec les ouvrages, et ce à une profondeur suffisante pour éviter tout phénomène de type « point dur », c'est-à-dire à ce stade à une altimétrie voisine de celle de l'arase supérieure du caissonnage existant.

La superposition des ouvrages réalisés lors de l'ancien projet sur le plan de masse du nouveau est présentée à titre indicatif sur la figure ci-dessous :



Compte tenu de ces éléments, plusieurs alternatives apparaissent envisageables :

- ✓ Soit le principe des **fondations superficielles sur radiers rigides** sera à retenir pour les bâtiments du projet sous réserve :
  - **De prolonger le traitement par caissonnage** tel que déjà réalisé sous les emprises construites qui n'auront pas fait l'objet de ce traitement. Cela concernera notamment les ouvrages situés au Nord de l'enceinte de la paroi de pieux sécants, ainsi que des éléments situés entre cette dernière et la route territoriale n°209 au Sud.
  - **De prévoir soit un traitement complémentaire** contre la liquéfaction sur la tranche de sols comprise entre l'AS du Jet-Grouting et les fondations du projet (avec prise en compte de la présence d'un matelas de répartition) soit une purge complète des matériaux en place entre l'AS du Jet-Grouting et leur substitution par un remblai technique soigneusement mis en œuvre et compacté par couches minces et insensible à l'eau dans la tranche immergée du sous-sol, y compris recépage de la paroi de pieux sécants lorsque celle-ci s'avèrera implantée sous les emprises construites du projet. Les épaisseurs de purges s'avèreront importantes dans ce dernier cas, avec une partie non négligeable à réaliser sous nappe.

  Une fois le complément de traitement de sols contre la liquéfaction réalisé, les fondations pourront ensuite être de type **radier rigide avec bêches périphériques** ancrées d'au moins 0.3 m dans une plateforme de transition en remblais techniques insensibles à l'eau soigneusement mis en œuvre et compacté d'au moins 0.5 m d'épaisseur au total séparée des terrains en place par un géotextile Anticontaminant de type BIDIM/TENCATE S51 ou équivalent.

  <u>Remarque :</u> Si une solution de purge des terrains liquéfiables entre l'AS du caissonnage existant et les fondations des ouvrages et leur substitution par des remblais d'apport était retenue, alors cette substitution pourrait jouer le rôle de ce matelas sous réserve d'en présenter les caractéristiques correspondantes (nature et qualité, Cf. ci-après).

- ✓ Soit le principe des **fondations profondes sur pieux** sera à retenir pour les bâtiments du projet. Les pieux devront dans ce cas être ancrés d'au moins 1.5 m dans les microconglomérats volcaniques SuV_{2a} recoupés à partir de 9.2 m à 13.8 m de profondeur environ au droit des sondages d'archives.

  Tout type de pieux pourra être envisagé, excepté les micropieux de type I exclus en zone sismique forte. A ce stade, **les fondations profondes de type pieux forés à la tarière creuse apparaissent à priori à ce stade bien adaptés ici.**

  D'autre type de pieux, comme des pieux forés traditionnels, seraient également envisageable pourvu qu'ils ne soient pas susceptibles de générer des nuisances vis-à-vis des avoisinants. S'ils étaient envisagés par les concepteurs, ANTILLES GEOTECHNIQUE se tiendrait alors à la disposition des concepteurs pour les étudier spécifiquement en phases ultérieures d'étude une fois les caractéristiques du projet définies.

  Les fiches et les diamètres des fondations profondes dépendront des charges effectives à reprendre et de la lithologie au droit de chaque pieu.

Dans tous les cas, le principe d'homogénéité de l'horizon d'assise et du principe de fondation (radier, massif ou semelle) devra être respecté pour une même structure. Le cas échéant, il conviendrait alors d'isoler les différentes parties les unes des autres par des joints de rupture.

Par ailleurs, le site est exposé à la houle cyclonique. Il conviendra d'en tenir compte dans la conception et le dimensionnement des ouvrages. A ce titre, la réalisation d'une étude des conditions hydrodynamiques de la Baie de Saint Jean apparaît nécessaire afin de définir et de dimensionner les méthodes de protection à prévoir (mur pare-houle, brise-vague, ancrage sous la cote d'affouillement théorique, etc…).

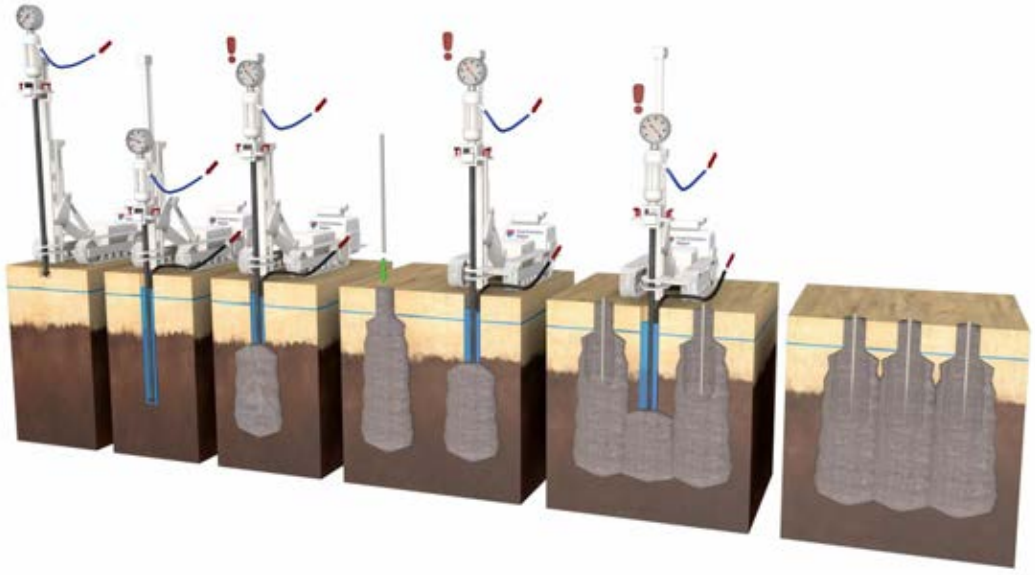
De plus, l'effet des sous-pression et de la présence de la nappe au-dessus du niveau d'assise des fondations pour la partie enterrée sera à prendre en compte dans la conception du projet (lestage ou mise en place de tirants, et cuvelage).

Enfin, il conviendra de s'assurer que les travaux entrepris ne causent pas de dommages aux constructions avoisinantes.

SOLUTION DE COMPLEMENT DU TRAITEMENT PAR CAISSONNAGE

Principe de la méthode

Il s'agit d'une technique de renforcement de sol qui consiste à réaliser des caissons en colonnes de jet-grouting sécantes. Le diamètre des colonnes sécantes peut être très variable en fonction des besoins, des contraintes du projet et du matériel utilisé. Ces colonnes sont constituées d'un mélange de sol « *in-situ* » et de coulis de ciment injecté sous très haute pression (plusieurs centaines de bars) par l'intermédiaire de forages de petits diamètres (Ø80 mm à 200 mm) équipés de buses rotatives de petit diamètre (Ø1 mm à 10 mm) depuis le fond de forage en remontant lentement vers la surface. Le jet à très haute énergie cinétique déstructure ainsi le terrain :



Cette technique entraine un rejet en surface de « *spoils* » (volumes en excès de sol-ciment) au niveau des têtes de forage qu'il conviendra de collecter et évacuer du chantier.

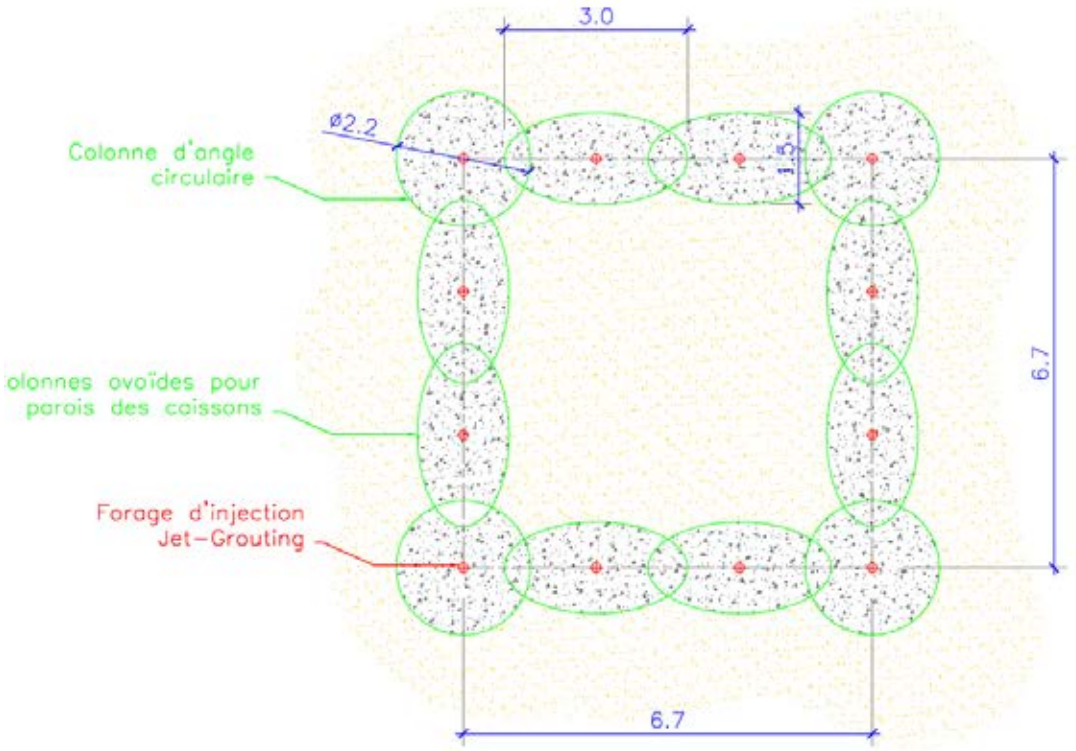
Le quadrillage est utilisé principalement pour remédier aux effets potentiels de la liquéfaction lors d'un séisme. Le caisson en sol-ciment agit comme une boite de cisaillement confinée qui apporte une forte augmentation de la rigidité au cisaillement face à des sollicitations horizontales. Ce type de renforcement permet de réduire la distorsion dans le sol ralentissant de ce fait la génération des pressions interstitielles à l'origine de la liquéfaction et crée une barrière avec les zones extérieures non traitées. Le principe de conception du caissonnage vis-à-vis de la liquéfaction se fonde sur la réduction de la distorsion du sol et donc une diminution de CSR[6].

Par ailleurs, les objectifs de performances exigées par l'EN : 1998 vis-à-vis du non-effondrement et à la limitation des dommages étant atteints ici dans la mesure où le traitement vise uniquement à s'affranchir de la liquéfaction potentielle des sols, il sera admis que les caissons en jet grouting travaillent dans le **domaine 2 par analogie avec les autres techniques de renforcement de sol par inclusions rigides.** En effet, le caissonnage n'est pas nécessaire à la justification de la stabilité de l'ouvrage en l'absence de liquéfaction du sol.

Objectif de traitement de la liquéfaction

Caractéristique du confinement retenu

Les caractéristiques du traitement déjà mis en œuvre pourra être retenu ici pour remplir l'objectif de traitement vis-à-vis de la liquéfaction. Pour mémoire, il avait été retenu une maille élémentaire de 6.7 m x 6.7 m constituée de colonnes d'angles circulaires de 2.2 m de diamètre reliées entre elles par des colonnes ovoïdes de diamètres 1.5 m x 3.0 m, telle que figuré ci-dessous :



[6]*CSR = Contrainte de cisaillement transmise au sol par le séisme (Cyclic Stress Ratio) | CRR = Résistance au Cisaillement Cyclique du sol (Cyclic Resistant Ratio).*

Le matériau Jet Grouting aura des caractéristiques attendues telles que celles précédemment mises en œuvre, à savoir :

	$f_{c,28}$ (MPa)	$E_{Y,k}$ (MPa)	G_k (MPa)	v
Jet-Grouting Rb_7	≥ 5.0	≥ 2750	≥ 1150	0.2

Justification de la maille élémentaire

L'analyse de l'efficacité du traitement nécessite de connaître le facteur de sécurité caractéristique du site vis-à-vis de la liquéfaction avant traitement. Il est issu des analyses NCEER98 menées en phase G2-AVP qui donnent, sur l'ensemble des facteurs de sécurité calculés inférieurs à 1.0, les grandeurs statistiques suivantes :

	Minimum	Moyenne	Ecart type	Centile à 5%	Centile à 2%
$F_{S\leq1.0}$	0.110	0.406	0.222	0.200	0.180

Il sera retenu ici par précaution le Centile à 2% comme valeur caractéristique[7] pour les sols liquéfiables objet du traitement, soit :

$$F_{s;k} = 0.18$$

La méthode de calcul utilisée à ce stade est celle proposée par N'GUYEN & al. (2012) telle que :

$$F_{S,final} = \frac{F_{S,k}}{R_{CSR}}$$

Et :

$$R_{CSR} = R_{a,max}.R_{rd}$$

Avec :

$R_{a,max}$: *Le rapport d'accélération après et avant traitement pris égal à 1 en l'absence d'étude spécifique*

R_{rd} *Le rapport de réduction des contraintes de cisaillement après et avant traitement*

Ce dernier est donné par :

$$R_{rd} = \frac{1}{G_r\left[A_r C_G \gamma_r + \frac{(1-A_r)}{G_r}\right]}$$

[7] *Ce choix permet de garantir que la probabilité de dépassement des états limites relatifs au non-effondrement et à la limitation des dommages soit bien inférieure à 5% comme exigé par l'EN : 1998. Il s'agit là d'une approche conservatrice compte tenu de la quantité importante de points de calcul : la précédente condition pourrait en effet être assimilée par simplification à un centile à 5%. Il correspond également à des passées potentiellement liquéfiables après traitement d'épaisseurs centimétriques tout au plus dont les effets en surface resteront négligeables.*

Avec :

G_r : *Le rapport du module de cisaillement de la colonne sur celui du sol*

A_r : *Le taux de substitution (A_{col}/A_{maille})*

C_G : *Le facteur de cisaillement de l'élément de renforcement de sol qui dépend de sa géométrie :*

$$C_G = 1 - 0.5\sqrt{1 - A_r}$$

γ_r : *Le rapport de déformation en cisaillement entre la colonne et le sol environnant. La littérature basée sur plusieurs études paramétriques des Ar et Gr donne l'approche suivante :*

$$\gamma_r = 1 - (1 - A_r)^2 . \left[\frac{G_r - 1}{240}\right]^{0.4}$$

Remarque : γ_r pourrait être pris égal à 1 s'il était démontré (par exemple sur la base d'une étude aux éléments finis) que le sol et les caissons se déforment de la même façon au cours du séisme.

Le sol à traiter dimensionnant pour le confinement sera celui dont le contraste de raideur avec le caisson sera le plus faible, c'est-à-dire la couche de sables Fq_5 dont le module de cisaillement G_{max} est estimé[8] à G_{max} = 76.2 MPa. Le rapport G/G_{max} pour ces conditions de site est estimé de manière conservatrice[9] à G/G_{max} = 0.277, soit une valeur de G_{dyn} = 21.1 MPa sous le séisme de référence. Il en résulte :

	Confinement par caissonnage 6.7 m x 6.7 m x 1.215d_{moy}
A_r	0.357
G_r	54.5
γ_r	0.773
C_G	0.599
R_{rd}	0.103
$F_{S,final}$	**1.740**

Ainsi, pour le dispositif tel que présenté précédemment, le traitement de la liquéfaction apparaît donc effectif ($F_{S,final} \geq 1.25$).

[8] *Pris égal à la valeur obtenue à partir des essais CPTu (RIX & STOKOE, 1991).*

[9] *Obtenu par interpolation du tableau 4.1 de l'EN : 1998-5.*

Portance du sol renforce

Le traitement peut être assimilé à un renforcement de sols entrant dans le Domaine 2, c'est-à-dire qu'il n'a pas pour objectif d'améliorer la portance du sol support : **la stabilité de l'ouvrage vis à vis de cette dernière peut être vérifiée sans prise en compte du traitement de sol**.

La contrainte de résistance du sol est définie suivant la méthode pressiométrique telle que :

$$q_{net} = P^*_{le} . k_p . i_\delta . i_\beta$$

Avec : P_{le}^* = 0.57 MPa : *Pression limite nette équivalente*[10].
k_p = 1.00 : *Fondation assise sur un horizon argileux ou calcaire.*
I_δ =1 : *Charge supposé verticale.*
I_β =1 : *Charge suffisamment éloignée des talus (d > 8B).*

D'où :

$$q_{net} = 0.57\ MPa$$

Le rapport de la valeur caractéristique de la résistance nette du terrain $R_{v\,k}$ sur la surface comprimée de la fondation A' est défini par la relation suivante de la norme NF P94-261 :

$$\frac{R_{v;k}}{A'} = \frac{q_{net}}{1.2} = 0.475\ MPa$$

Ainsi, les valeurs de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation seront telles que :

- ✓ A l'ELU :

$$\frac{R_{v;d}}{A'} = \frac{R_{v;k}}{1.4\ .A'} \approx 0.34\ MPa$$

- ✓ A l'ELS :

$$\frac{R_{v;d}}{A'} = \frac{R_{v;k}}{2.3\ .A'} \approx 0.21\ MPa$$

D'après les éléments communiqués, la contrainte maximale apportée par le projet en sous-face du radier est telle que :

$$q_{els} \leq 100\ kPa$$

Dans ces conditions, il apparaît que la condition de portance sera bien vérifiée.

[10] *Elle correspond au pl_e^* associé aux sols Fq_5 et Fq_{4a}, la contribution des hyaloclastites étant négligée conformément aux recommandations de l'EN : 1997 et de la norme NF P94-261, Annexe D.2.2 (5).*

Tassements sous les fondations

Les tassements absolus S_{abs} et différentiels δ_{max}, ainsi que les déflexions relatives Δ_{max}/L, sous les fondations et les dallages devront être en adéquation avec les tolérances en déformation de la structure. Celles-ci devront être définies au préalable par les concepteurs et le BET STRUCTURE du projet. Des objectifs usuels pour ce type d'ouvrage peuvent être classiquement tels que :

$$S_{abs} \leq 3.0\ cm$$
$$\delta_{max} \leq 1.5\ cm$$
$$\Delta_{max}/L \leq 1/500^{ème}$$

Remarque : Les objectifs définis ci-avant pourront éventuellement être redéfinis en phase ultérieure en fonction des besoins, et notamment de la rigidité de la structure et de ses tolérances en déformations/rotations.

Dispositions constructives

Traitement de sols

Dans le cadre de la mise en œuvre de la solution, il conviendra de s'assurer que les dispositions constructives suivantes soient bien mises en œuvre :

- ✓ Mise en œuvre dans la mesure du possible d'un débord sur le pourtour du projet afin d'assurer l'efficacité du traitement de la liquéfaction de la solution.
- ✓ Toutes les précautions seront mises en œuvre pour ne pas causer de dommages aux avoisinants. A ce titre, une instrumentation des ouvrages sensibles pourra être envisagée.
- ✓ La méthode sera testée en début de chantier par une planche d'essai et sera validée en fin de chantier par des essais de contrôle
- ✓ Le choix des composants du liant est déterminant dans la mise en œuvre, la qualité et la pérennité de la solution. Il sera défini en fonction des contraintes de mise en œuvre mais surtout en fonction des caractéristiques granulométrique du sol à traiter.
- ✓ Par ailleurs, le liant retenu devra être en adéquation avec les contraintes environnementales du site. Il sera soumis à l'acceptation du Maître d'œuvre avant le début des travaux.
- ✓ Les essais CPTu ont mis en évidence la présence d'un banc raide de type *beachrock* présent à des profondeurs variables et globalement entre 1.7 m et 5.3 m par rapport au terrain naturel actuel. Celui-ci entrainera les contraintes suivantes qu'il conviendra de prendre en compte dans le dimensionnement du traitement et sa réalisation :
  - Réduction sensible du diamètre des colonnes de Jet-Grouting au sein de la couche ou difficultés pour le jet à éroder les matériaux pour atteindre les diamètres importants attendus.
  - Diminution des cadences de forage

- ✓ Une gestion des *spoils* sera à prévoir pour la technique retenue.
- ✓ La réalisation des colonnes sécantes nécessitera des précautions de phasage. En particulier, la réalisation se fera probablement par réalisation de réseaux primaires puis secondaires. Dans ce contexte, il conviendra de s'assurer que les zones disposant déjà de leur réseau primaire ne soient pas endommagées par les travaux ultérieurs (trafic ou encore réalisation du réseau secondaire).

Fondations des bâtiments

Dans le cadre de la construction, il conviendra de s'assurer que les dispositions constructives suivantes soient bien mises en œuvre :

- ✓ Une vérification de l'homogénéité et de la bonne qualité des fonds de fouille au niveau d'assise sera à prévoir. Elle sera réalisée et/ou interprétée par un ingénieur géotechnicien et permettra de valider ou adapter le principe de fondations retenu.

  Rattrapage des sur profondeurs éventuelles liées à ces purges par du gros béton.
- ✓ Bétonnage pleine fouille directement après leur ouverture (et leur vérification). Si celles-ci devaient rester ouvertes, il conviendrait de mettre en œuvre un béton de propreté.

  Par ailleurs, les fouilles doivent être sèches lors du bétonnage. Dans le cas contraire, les eaux seraient alors à pomper et à évacuer et les dépôts saturés à curer.
- ✓ Les voiles contre terre devront être dument étanchéifiés et dimensionnés pour permettre la reprise des efforts générés par la poussée des terres amont.

SOLUTION DE FONDATIONS PROFONDES

Méthodologie de dimensionnement

Les pieux seront dimensionnés selon l'approche de calcul 2, aux ELU et ELS conformément au tableau 8.1 de la norme NF P94-262.

La méthode de calculs « **Modèle de terrain** » sera appliquée pour la détermination de la charge de fluage de compression des pieux (NF P94-262 - § 8.5.2 (5 et 6) – note 3), selon la méthode pressiométrique (NF P94-262 - Annexe F).

Les pieux étudiés sont de type, selon la nomenclature de la norme NF P94-262 :

- Pieux forés à la tarière creuse (Classe **2** – Catégorie **6** – **FTC**).

D'autres types de pieux pourraient éventuellement être envisagés. ANTILLES GEOTECHNIQUE reste à la disposition des concepteurs si d'autres technologies de fondations profondes étaient envisagées.

Détermination des résistances caractéristiques

Pour la justification de la portance des pieux selon la méthode « Modèle Terrain », il convient de déterminer les valeurs caractéristiques de résistances suivantes :

- ✓ **Valeur caractéristique de la résistance de pointe**

Elle est définie par la relation suivante :

$$R_{b;k} = \frac{A_b . q_b}{\gamma_{R;d1} . \gamma_{R;d2}}$$

Avec :

$\gamma_{R;d1}$: *Coefficient partiel de modèle lié à la dispersion du modèle de calcul.*

$\gamma_{R;d2}$: *Coefficient partiel de modèle lié au calage des méthodes de calcul.*

A_b : *Surface de la base de la fondation profonde*

q_b : *Valeur de la pression résistante limite à la base de la fondation profonde calculée selon la méthode pressiométrique suivante :*

$$q_b = k_p . p^*_{le}$$

Où

pl^*_e : *Pression limite nette équivalente sous la pointe*

k_p : *Facteur de portance (tableau F.4.2.1 Annexe F – NF P94-262) égal à :*

- *Pour $D_{ef}/B > 5$*

$$k_p = k_{pmax}$$

- *Pour $D_{ef}/B < 5$*

$$k_p = 1.0 + (k_{cmax} . - 1.0) \frac{D_{ef}}{5B}$$

Remarque importante : *La résistance de pointe ne sera à prendre en compte que pour les pieux.* ***Elle devra être négligée pour les micropieux.***

- ✓ **Valeur caractéristique de la résistance par frottement latéral axial le long du fût**

Elle est définie par la relation suivante[11] :

$$R_{s;k} = \frac{P_s}{\gamma_{R;d1} . \gamma_{R;d2}} . \sum_i h_i . q_{s;i}$$

[11] *Relation simplifiée supposant un diamètre constant du fût sur toute la hauteur du pieu.*

Avec :

$\gamma_{R;d1}$: *Coefficient partiel de modèle lié à la dispersion du modèle de calcul.*

$\gamma_{R;d2}$: *Coefficient partiel de modèle lié au calage des méthodes de calcul.*

P_s : *Périmètre du fût de la fondation profonde*

h_i : *Périmètre du fût de la fondation profonde*

$q_{s;i}$: *Valeur de frottement axial unitaire limite de la fondation profonde pour la i^{ème} couche calculée selon la méthode pressiométrique suivante :*

$$\boldsymbol{q_{s;i} = \alpha_{i;pieu-sol} \cdot f_{i;sol}|p_l^*|}$$

Où

$\alpha_{i;pieu-sol}$: *Paramètre adimensionnel qui dépend du type de pieux (Tableau F.5.2.1 – NF P94-262)*

$f_{i;sol}|p_l^*|$: *Frottement mobilisable dans la couche i en fonction de sa valeur de pression limite (Courbes figure F.5.2.1 – NF P94-262)*

Dans tous les cas, la valeur de $q_{s;i}$ sera limitée par une valeur maximale $\boldsymbol{q_{smax;i}}$ définie au Tableau F.5.5.3 de la norme NF P94-262.

<u>Justification des pieux aux ELS</u>

Aux ELS, il convient de vérifier que :

- ✓ En compression :

$$\boldsymbol{F_{c;d} \leq R_{c;cr;d} = \frac{R_{c;cr;k}}{\gamma_{cr}}}$$

- ✓ En traction :

$$\boldsymbol{F_{t;d} \leq R_{t;cr;d} = \frac{R_{t;cr;k}}{\gamma_{s;cr}}}$$

Avec :

$R_{c;cr;d}$: *Valeur de calcul de la charge de fluage en compression*

$R_{c;cr;d}$: *Valeur de calcul de la charge de fluage en traction*

F_d : *Valeur à l'ELS de la charge axiale appliquée*

γ_{cr} *et* $\gamma_{s;cr}$: *Facteur partiel de la charge de fluage (tableau 14.2.1.1&2 – NF P94-262)*

Et où, pour des pieux mis en œuvre sans refoulement de sol :

$$\boldsymbol{R_{c;cr;k} = 0.5\, R_{b;k} + 0.7\, R_{s;k}}$$

$$\boldsymbol{R_{t;cr;k} = 0.7\, R_{s;k}}$$

Avec :

$R_{c;cr;k}$: *Valeur caractéristiques de la charge de fluage en compression*

$R_{t;cr;k}$: *Valeur caractéristiques de la charge de fluage en traction*

$R_{b;k}$: *Valeur caractéristique de la résistance de pointe*

$R_{s;k}$: *Valeur caractéristique de la résistance au frottement axial le long du fût*

Justification des pieux aux ELU

Aux ELU, la portance d'un pieu soumit à une charge de compression axiale est déterminée par :

- ✓ En compression :

$$\boldsymbol{F_{c;d} \leq R_{c;d} = \frac{R_{b;k}}{\gamma_b} + \frac{R_{s;k}}{\gamma_s}}$$

- ✓ En traction :

$$\boldsymbol{F_{t;d} \leq R_{t;d} = \frac{R_{s;k}}{\gamma_{s;t}}}$$

Avec :

$R_{c;d}$: *Valeur de calcul de la portance d'une fondation profonde*

$R_{b;k}$: *Valeur caractéristique de la résistance de pointe*

$R_{s;k}$: *Valeur caractéristique de la résistance au frottement axial le long du fût*

γ_b : *Facteur partiel de la résistance de pointe (Article C.2.3 – NF P94-262) pour les ELU durables et transitoires (fondamentale ou sismique) en compression*

γ_s : *Facteur partiel de la résistance au frottement axial le long du fût (Article C.2.3 – NF P94-262) pour les ELU durables et transitoires (fondamentale ou sismique) en compression ($\gamma_s = \gamma_b$).*

$\gamma_{s;t}$: *Facteurs partiels de la résistance au frottement axial le long du fût (Article C.2.3 – NF P94-262) pour les ELU durables et transitoires (fondamentale ou sismique) en traction*

Caractéristiques de dimensionnement

Terme de pointe

Remarque : Le terme de pointe devra être négligé pour les micropieux si ceux-ci étaient retenus.

Pour les pieux forés à la tarière creuse 2-6-FTC, en fonction de l'horizon d'ancrage retenu, il sera défini selon la méthode pressiométrique par :

$$\boldsymbol{q_b = k_p . p^*_{le}}$$

La détermination de p_{le}^* se fera en considérant le domaine d'intégration de la tranche {+3a|-b}, avec a et b définis de la manière suivante (Annexe F.4.2 de la norme NF P94-262) :

$$\boldsymbol{a = max\left(\frac{B}{2}\middle|0.5\right)\ et\ b = min(a|H_e)}$$

A ce titre, il conviendra de s'assurer que l'encastrement relatif de chaque pieu défini à partir de leur fiche effective D, leur largeur B, et de la lithologie à leur droit permette de respecter la condition :

$$\frac{\boldsymbol{D_{ef}}}{\boldsymbol{B}} > 5$$

Avec :

$$\boldsymbol{D_{ef} = \frac{1}{p_{le}^*} \cdot \int_{D-10B}^{D} p_l^*(z)dz}$$

Ainsi, en fonction de l'horizon d'assise retenu, les valeurs suivantes pourront être considérées pour le terme de pointe :

	P_l^* (MPa)	Type de sol	$k_{p,max}$	q_b (MPa)
Hyaloclastites $SuV_{2a/b}$	0.98	Roche	2.00	**1.960**

Terme de frottement latéral axial le long du fût

Il est défini, pour la couche i, par la relation suivante et limité à la valeur de $q_{s,max,i}$. fournie par le tableau F.5.2.3 de la norme NF P94-262 :

$$\boldsymbol{q_{s;i} = \alpha_{i;pieu-sol} \cdot f_{i;sol}|p_l^*|}$$

Avec :

$f_{i;sol}$ *fonction du type de sols*

$\alpha_{i\ ;sol-pieu}$ *en fonction du type de sol et de la technologie de mise en œuvre retenue.*

De ce qui précède, les valeur de $q_{s,i}$ suivantes pourront être utilisées dans le dimensionnement des fondations profondes (valeurs limitées par $q_{s,max,i}$ si nécessaire) :

	Technique	P_l^* (MPa)	Type de sol	Courbe	$\alpha_{sol-pieu,i}$	$f_{i;sol}$ (kPa)	$q_{s,i}$ (kPa)
$Rb_{0/2/4}$	2-6-FTC	0.30	Sable	Q2	1.8	19	**0/34**
Fq_5	2-6-FTC	0.83	Sable	Q2	1.8	43	**0/77**
Fq_{4a}	2-6-FTC	0.43	Sable	Q2	1.8	25	**0/45**
$SuV_{2a/b}$	2-6-FTC	0.98	Roche	Q5	1.6	85	**136**

Le frottement latéral sera à négliger sous séisme dans tous les sols Rb_2/Fq_5/Fq_{4a} qui n'auraient pas fait l'objet au préalable d'un traitement spécifique contre la liquéfaction.

A ce stade, l'ancrage de pieux directement dans les colonnes de Jet-Grouting n'a pas été considéré ici par mesure conservatrice. Le frottement latéral devrait en effet dans ce cas s'avérer supérieur. En revanche, la mise en fiche des pieux à la tarière creuse pourrait s'avérer délicate compte tenu de la bonne résistance du Jet-Grouting (R_c de 5 MPa environ).

Frottement négatif le long du fût

Compte tenu de la présence de sols potentiellement liquéfiables, il y aura lieu de tenir compte de phénomènes de type frottements négatifs.

La valeur de l'effort résultant de ces frottements négatifs sera à comptabiliser comme une charge additionnelle de type poids propre dans le terme correspondant aux descentes de charges de chaque combinaison d'action. Elle devra donc faire partie intégrante des descentes de charges et se définit de la manière suivante :

$$G_{sn} = P. \int_{h_{n-1}}^{h_n} K(z).\tan\delta(z).\sigma'_v(z)dz$$

Avec :

P : *Le périmètre du pieu*

K(z) : *Le rapport entre $\sigma'_h(z)$ et $\sigma'_v(z)$*

δ(z) : *L'angle de frottement du contact terrain / élément de fondation à la profondeur z*

h_n : *La hauteur de l'élément n de la fondation sur laquelle agit le frottement*.

$\sigma'_v(z)$: *La contrainte effective verticale à long terme régnant à la profondeur z, au contact de la fondation profonde en tenant compte de la perturbation engendrée par l'accrochage du sol autour de celle-ci.*

A ce stade du projet, seul les termes suivants seront définis selon les recommandations de l'Annexe H de la norme NF P94-262, les autres étant fonction de paramètres dépendant des descentes de charges :

- Ktanδ : *Terme composé de K(z) et tanδ(z) supposé unique pour chaque couche*.
- λ : *Coefficient caractérisant l'accroche du sol autour de l'élément.*
- μ(λ) : *Paramètre caractéristique de l'équation définissant $\sigma'_v(z)$.*

Soit, pour la technologie de pieux considérée ici (FTC) :

	K.tanδ	λ	μ(λ)
Remblais Rb_2	0.45	0	0

Comportement transversal

Il est régi, **pour un pieu circulaire isolé, dans le cas général et à court terme**, par la loi de comportement définie à la figure I.1.3.4 de l'Annexe I de la norme NF P94-262 par :

- ✓ Un palier primaire tel que $r_i = 2.\min(r_1; r_s)$ avec :
  - r_1 le palier correspondant à la réaction frontale défini par :

$$\boldsymbol{r_1 = B.p_f^*}$$

Où, de manière sécuritaire, la valeur de p_f^* sera prise forfaitairement égale à $p_f^* \approx p_l^*/1.7$, soit :

	P_f^* (en MPa)
$Rb_{0/2/4}$	0.18
Fq_5	0.49
Fq_{4a}	0.25
$SuV_{2a/b}$	0.58
Rb_7	2.94

  - r_s le palier correspondant à la réaction transversale défini par :

$$\boldsymbol{r_s = 2B.q_s}$$

Où q_s est le frottement limite dont la valeur est prise égale à celle du frottement axial défini précédemment pour chaque couche de sol considérée.

- ✓ Un module primaire $K_i = K_f + K_s = 2K_f$ avec K_f tel que :

Pour $B \geq B_0$:

$$\boldsymbol{k_f = \frac{12\,E_M}{\frac{4}{3}\frac{B_0}{B}\left(2.65\frac{B_0}{B}\right)^{\alpha} + \alpha}}$$

Pour $B \leq B_0$:

$$\boldsymbol{k_f = \frac{12\,E_M}{\frac{4}{3}(2.65)^{\alpha} + \alpha}}$$

Avec : $B_0 = 0.6$ m : *Diamètre de référence*
B : *Diamètre du pieu*
E_M : *Modules pressiométriques définis par le modèle géotechnique*
α : *Coefficient rhéologique du sol*

Ainsi, dans ce contexte, des valeurs uniques pourront être considérées dans ces conditions et à ce stade du projet :

	Ø≤600 mm	Ø620 mm	Ø720 mm	Ø820 mm	Ø920 mm
$Rb_{0/2/4}$	8.9	9.6	9.6	10.1	10.6
Fq_5	28.7	31.8	31.8	34.2	36.4
Fq_{4a}	13.9	14.9	14.9	15.7	16.5
$SuV_{2a/b}$	37.2	40.1	40.1	42.2	44.2
Rb_7	615.0	692.1	692.1	751.9	808.3

- ✓ Un palier secondaire tel que $r_f = r_1 + r_s$;
- ✓ Un module secondaire égal à K_f.

Dans le cas particulier d'un pieu circulaire isolé soumis à des sollicitations accidentelles très brèves (chocs ou sollicitations rares de courte durée), il est admis que la définition des réactions frontales soit menée à partir d'un diagramme d'interaction correspondant au cas présenté à la figure I.1.3.1 de l'Annexe I de la norme NF P94-262 et défini par :

- ✓ Un palier r_1 tel que défini précédemment.
- ✓ Un module K_f tel que défini précédemment.
- ✓ Un palier r_2 atteint sous une pente égale à $0.5K_f$ et tel que :

$$\boldsymbol{r_2 = B.p_l^*}$$

Dans le cas général et à long terme pour un pieu circulaire isolé, la loi de comportement définie à la figure I.1.4.1 de l'Annexe I de la norme NF P94-262 est celle retenue pour modéliser le comportement du pieu, à savoir :

- La réaction frontale reste bornée par la valeur r_1 (pieux en zone sismique).
- Le palier de réaction tangentiel reste égal à r_s défini précédemment.
- Les modules considérés sont pris égaux à la moitié de ceux définis pour la loi d'interaction à court terme.

Pour la loi d'interaction vis-à-vis des sollicitations sismiques, la réaction frontale sera bornée par la valeur r_2 et la réaction tangentielle par celle de r_s. Les sols potentiellement liquéfiables et ceux les surmontant seront bien entendu à exclure de l'analyse (projet non concerné par ce cas de figure).

Pour les modules de réaction dynamique, conformément aux recommandations de l'AFPS pour la construction en zone de sismicité 5, les modules de réaction dynamique des sols non liquéfiables seront pris égaux à ceux retenus en situation statique.

Prédimensionnement phase Avant-Projet des fondations profondes

Un prédimensionnement phase Erreur ! Source du renvoi introuvable. a été réalisé au droit du sondage Pr5 pour des pieux de type :

- Pieux forés à la tarière creuse (Classe **2** – Catégorie **6** – **FTC**).

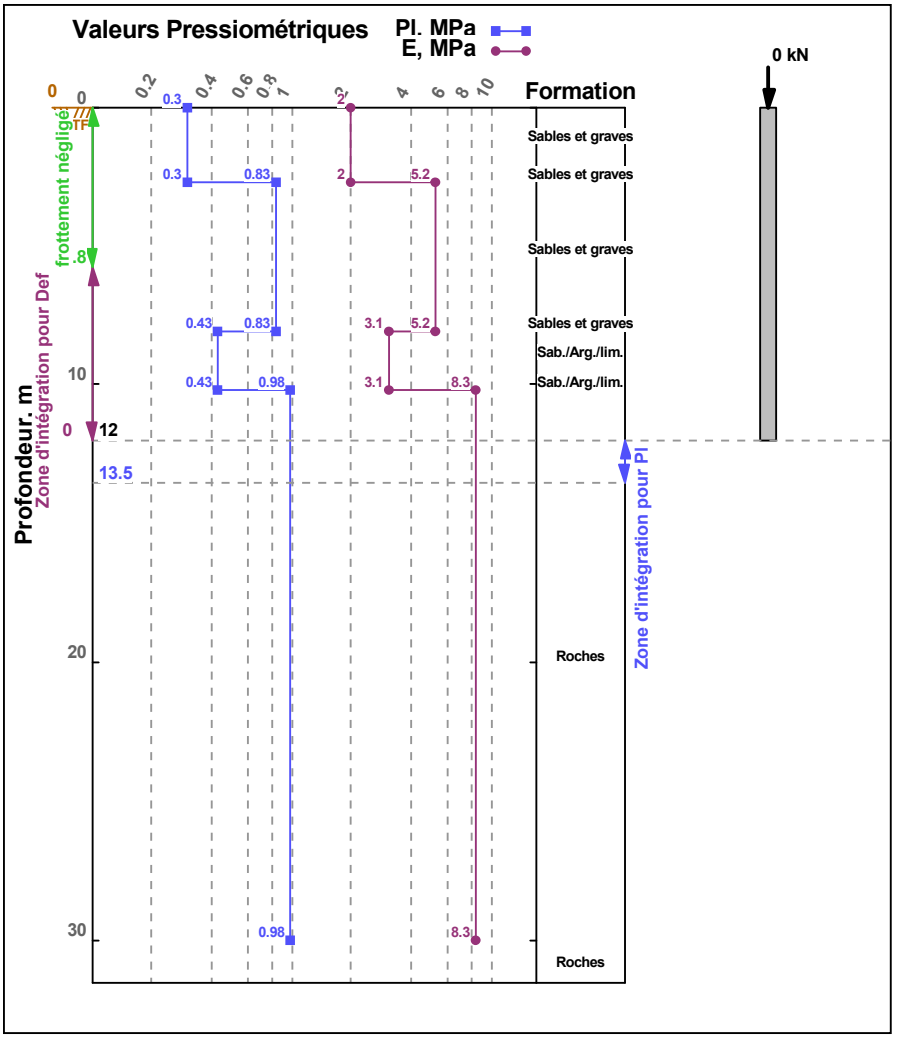
Il a consisté en une analyse paramétrique sur les longueurs et les diamètres des pieux par la méthode pressiométrique de type modèle terrain décrite par la norme NF P94-262 à l'aide du logiciel GEOFOND 2018© v1.22A édité par GEOS en considérant les hypothèses de calcul définies précédemment et le modèle géotechnique proposé appliqués au droit du sondage pressiométrique de référence.

Les résultats de ces calculs sont présentés en pages suivantes.

Ils devront être comparés aux charges à reprendre pour définir les fiches et diamètres des pieux à retenir *in-fine*. A ce titre, les **Actions Combinées** devront être communiquées avant le début de la phase Projet et serviront de données d'entrée à l'étude de conception G2-PRO.

De même, il y aura lieu de définir les efforts transversaux à considérer dans le prédimensionnement des pieux, ainsi que les déplacements maximum admissibles sous l'effort horizontal de calculs. Ces données serviront également d'entrants à la phase G2-PRO.

Remarque importante : *Il appartiendra à l'Entreprise de signaler toute anomalie dans l'enchainement des couches qui pourrait être rencontrée en cours d'exécution.*



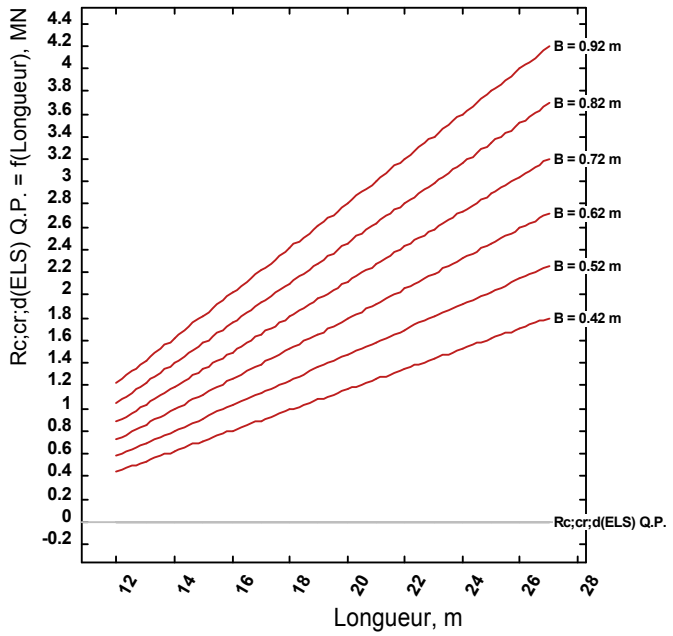
Pieu

Type de pieu : Foré tariére creuse simple ou double ro
Prof. Base : entre 12 m et 27 m
Largeur : entre 0.42 m et 0.92 m
Largeur : entre 0.42 m et 0.92 m
Aucun Encastr. formation porteuse.
Hauteur où le frottement est négligé : 5.8 m
mise en oeuvre sans refoulement du sol

Fichier : FTC.PARAM_Pr5.gfd

GEOFOND© V1.23.4 du 13/04/2023 développé par GEOS
site web : http://www.geos.fr e-mail : logiciels@geos.fr
GEOS Ingénieurs Conseils, 310 Avenue Marie Curie
Bât. Europa 2, Archamps Technopole, 74160 ARCHAMPS
Tél : 04 50 95 38 14
Fax :04 50 95 99 36

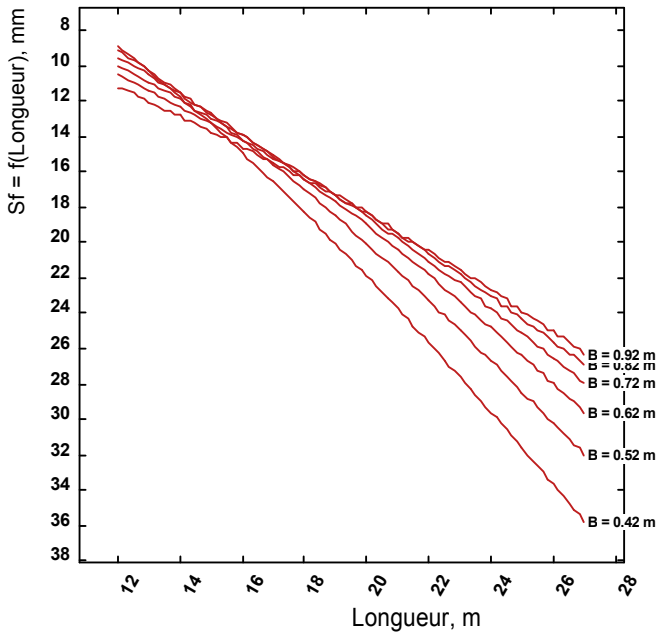
Résultats de calcul : Capacité portante



Par la méthode de la NF P 94-262 : Modèle de terrain

Résultats de calcul : Tassement

qref = 6.31 MPaQ ref = 4193 kN



Méthode Frank et Zhao.

1911-001.IGE3 _ AGM06/07/2023 16:50	**SAS SJBREI - Hôtel ETOILE**	**FIGURE**
Antilles GEOTECHNIQUE	Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY Analyse paramétrique des capacités portantes des fondations profondes Sondage de référence : Pr5	**E**

Pour une Largeur B de 0.42 m ; avec Aire A de 0.139 m² et Perimètre P de 1.32 m

Longueu pieu (m)	Contrair qref (MPa)	Rc;cr;k (MN)	Rt;cr;k (MN)	Rc;d ELU dur. (MN)	Rc;d ELU acc. (MN)	Rc;d ELU sis. (MN)	Rc;cr;d ELS car. (MN)	Rc;cr;d ELS qp (MN)	Rt;d ELU dur. (MN)	Rt;d ELU acc. (MN)	Rt;d ELU sis. (MN)	Rt;cr;d ELS car. (MN)	Rt;cr;d ELS qp (MN)	Sf sous qref (mm)
12	3.2	0.488	0.234	0.689	0.758	0.689	0.542	0.443	0.29	0.318	0.29	0.212	0.156	8.91
12.5	3.53	0.537	0.244	0.754	0.829	0.754	0.597	0.489	0.303	0.332	0.303	0.222	0.163	9.61
13	3.85	0.587	0.254	0.818	0.9	0.818	0.652	0.534	0.316	0.346	0.316	0.231	0.169	10.3
13.5	4.18	0.637	0.264	0.883	0.971	0.883	0.707	0.579	0.328	0.36	0.328	0.24	0.176	11.1
14	4.5	0.686	0.275	0.947	1.04	0.947	0.763	0.624	0.341	0.374	0.341	0.25	0.183	11.7
14.5	4.83	0.736	0.285	1.01	1.11	1.01	0.818	0.669	0.354	0.388	0.354	0.259	0.19	12.5
15	5.16	0.786	0.295	1.08	1.18	1.08	0.873	0.714	0.367	0.402	0.367	0.268	0.197	13.3
15.5	5.48	0.835	0.306	1.14	1.25	1.14	0.928	0.759	0.38	0.416	0.38	0.278	0.204	14.1
16	5.81	0.885	0.316	1.21	1.33	1.21	0.983	0.805	0.392	0.43	0.392	0.287	0.211	14.9
16.5	6.13	0.935	0.326	1.27	1.4	1.27	1.04	0.85	0.405	0.444	0.405	0.296	0.217	15.7
17	6.46	0.984	0.336	1.33	1.47	1.33	1.09	0.895	0.418	0.458	0.418	0.306	0.224	16.6
17.5	6.79	1.03	0.347	1.4	1.54	1.4	1.15	0.94	0.431	0.472	0.431	0.315	0.231	17.5
18	7.11	1.08	0.357	1.46	1.61	1.46	1.2	0.985	0.443	0.486	0.443	0.325	0.238	18.3
18.5	7.44	1.13	0.367	1.53	1.68	1.53	1.26	1.03	0.456	0.5	0.456	0.334	0.245	19.2
19	7.76	1.18	0.378	1.59	1.75	1.59	1.31	1.08	0.469	0.514	0.469	0.343	0.252	20
19.5	8.09	1.23	0.388	1.66	1.82	1.66	1.37	1.12	0.482	0.528	0.482	0.353	0.259	21
20	8.42	1.28	0.398	1.72	1.89	1.72	1.43	1.17	0.495	0.542	0.495	0.362	0.265	21.9
20.5	8.74	1.33	0.408	1.79	1.96	1.79	1.48	1.21	0.507	0.556	0.507	0.371	0.272	22.9
21	9.07	1.38	0.419	1.85	2.04	1.85	1.54	1.26	0.52	0.57	0.52	0.381	0.279	23.7
21.5	9.39	1.43	0.429	1.91	2.11	1.91	1.59	1.3	0.533	0.584	0.533	0.39	0.286	24.7
22	9.72	1.48	0.439	1.98	2.18	1.98	1.65	1.35	0.546	0.598	0.546	0.399	0.293	25.7
22.5	10	1.53	0.449	2.04	2.25	2.04	1.7	1.39	0.558	0.612	0.558	0.409	0.3	26.6
23	10.4	1.58	0.46	2.11	2.32	2.11	1.76	1.44	0.571	0.626	0.571	0.418	0.307	27.6
23.5	10.7	1.63	0.47	2.17	2.39	2.17	1.81	1.48	0.584	0.64	0.584	0.427	0.313	28.7
24	11	1.68	0.48	2.24	2.46	2.24	1.87	1.53	0.597	0.654	0.597	0.437	0.32	29.6
24.5	11.3	1.73	0.491	2.3	2.53	2.3	1.92	1.57	0.609	0.667	0.609	0.446	0.327	30.6
25	11.7	1.78	0.501	2.37	2.6	2.37	1.98	1.62	0.622	0.681	0.622	0.455	0.334	31.6
25.5	12	1.83	0.511	2.43	2.67	2.43	2.03	1.66	0.635	0.695	0.635	0.465	0.341	32.6
26	12.3	1.88	0.521	2.5	2.75	2.5	2.09	1.71	0.648	0.709	0.648	0.474	0.348	33.7
26.5	12.7	1.93	0.532	2.56	2.82	2.56	2.14	1.75	0.661	0.723	0.661	0.483	0.354	34.7
27	13	1.98	0.542	2.62	2.89	2.62	2.2	1.8	0.673	0.737	0.673	0.493	0.361	35.8

Pour une Largeur B de 0.52 m ; avec Aire A de 0.212 m² et Perimètre P de 1.63 m

Longueu pieu (m)	Contrair qref (MPa)	Rc;cr;k (MN)	Rt;cr;k (MN)	Rc;d ELU dur. (MN)	Rc;d ELU acc. (MN)	Rc;d ELU sis. (MN)	Rc;cr;d ELS car. (MN)	Rc;cr;d ELS qp (MN)	Rt;d ELU dur. (MN)	Rt;d ELU acc. (MN)	Rt;d ELU sis. (MN)	Rt;cr;d ELS car. (MN)	Rt;cr;d ELS qp (MN)	Sf sous qref (mm)
12	2.72	0.635	0.286	0.911	1	0.911	0.706	0.578	0.356	0.39	0.356	0.26	0.191	9.06
12.5	2.98	0.697	0.299	0.991	1.09	0.991	0.774	0.634	0.372	0.407	0.372	0.272	0.199	9.69
13	3.25	0.758	0.312	1.07	1.18	1.07	0.843	0.689	0.387	0.424	0.387	0.284	0.208	10.3

Pour une Largeur B de 0.52 m ; avec Aire A de 0.212 m² et Perimètre P de 1.63 m

Longueu pieu (m)	Contrair qref (MPa)	Rc;cr;k (MN)	Rt;cr;k (MN)	Rc;d ELU dur. (MN)	Rc;d ELU acc. (MN)	Rc;d ELU sis. (MN)	Rc;cr;d ELS car. (MN)	Rc;cr;d ELS qp (MN)	Rt;d ELU dur. (MN)	Rt;d ELU acc. (MN)	Rt;d ELU sis. (MN)	Rt;cr;d ELS car. (MN)	Rt;cr;d ELS qp (MN)	Sf sous qref (mm)
13.5	3.51	0.82	0.325	1.15	1.27	1.15	0.911	0.745	0.403	0.442	0.403	0.295	0.216	10.9
14	3.77	0.881	0.337	1.23	1.35	1.23	0.979	0.801	0.419	0.459	0.419	0.307	0.225	11.6
14.5	4.04	0.943	0.35	1.31	1.44	1.31	1.05	0.857	0.435	0.476	0.435	0.318	0.233	12.2
15	4.3	1	0.363	1.39	1.53	1.39	1.12	0.913	0.451	0.494	0.451	0.33	0.242	12.8
15.5	4.56	1.07	0.376	1.47	1.62	1.47	1.18	0.969	0.467	0.511	0.467	0.341	0.25	13.4
16	4.83	1.13	0.388	1.55	1.7	1.55	1.25	1.02	0.482	0.528	0.482	0.353	0.259	14.2
16.5	5.09	1.19	0.401	1.63	1.79	1.63	1.32	1.08	0.498	0.546	0.498	0.365	0.267	14.8
17	5.35	1.25	0.414	1.71	1.88	1.71	1.39	1.14	0.514	0.563	0.514	0.376	0.276	15.6
17.5	5.62	1.31	0.426	1.79	1.97	1.79	1.46	1.19	0.53	0.58	0.53	0.388	0.284	16.3
18	5.88	1.37	0.439	1.87	2.06	1.87	1.53	1.25	0.546	0.598	0.546	0.399	0.293	17
18.5	6.14	1.44	0.452	1.95	2.14	1.95	1.59	1.3	0.561	0.615	0.561	0.411	0.301	17.8
19	6.41	1.5	0.465	2.03	2.23	2.03	1.66	1.36	0.577	0.632	0.577	0.422	0.31	18.5
19.5	6.67	1.56	0.477	2.11	2.32	2.11	1.73	1.42	0.593	0.65	0.593	0.434	0.318	19.3
20	6.93	1.62	0.49	2.19	2.41	2.19	1.8	1.47	0.609	0.667	0.609	0.446	0.327	20
20.5	7.2	1.68	0.503	2.27	2.5	2.27	1.87	1.53	0.625	0.684	0.625	0.457	0.335	20.9
21	7.46	1.74	0.516	2.35	2.58	2.35	1.94	1.58	0.64	0.701	0.64	0.469	0.344	21.7
21.5	7.72	1.8	0.528	2.43	2.67	2.43	2	1.64	0.656	0.719	0.656	0.48	0.352	22.5
22	7.99	1.87	0.541	2.51	2.76	2.51	2.07	1.7	0.672	0.736	0.672	0.492	0.361	23.3
22.5	8.25	1.93	0.554	2.59	2.85	2.59	2.14	1.75	0.688	0.753	0.688	0.503	0.369	24.1
23	8.51	1.99	0.567	2.67	2.93	2.67	2.21	1.81	0.704	0.771	0.704	0.515	0.378	25
23.5	8.78	2.05	0.579	2.75	3.02	2.75	2.28	1.86	0.72	0.788	0.72	0.527	0.386	25.8
24	9.04	2.11	0.592	2.83	3.11	2.83	2.35	1.92	0.735	0.805	0.735	0.538	0.395	26.7
24.5	9.3	2.17	0.605	2.91	3.2	2.91	2.41	1.98	0.751	0.823	0.751	0.55	0.403	27.6
25	9.57	2.23	0.617	2.99	3.29	2.99	2.48	2.03	0.767	0.84	0.767	0.561	0.412	28.5
25.5	9.83	2.3	0.63	3.07	3.37	3.07	2.55	2.09	0.783	0.857	0.783	0.573	0.42	29.4
26	10.1	2.36	0.643	3.15	3.46	3.15	2.62	2.14	0.799	0.875	0.799	0.584	0.429	30.2
26.5	10.4	2.42	0.656	3.23	3.55	3.23	2.69	2.2	0.814	0.892	0.814	0.596	0.437	31.1
27	10.6	2.48	0.668	3.31	3.64	3.31	2.76	2.26	0.83	0.909	0.83	0.608	0.446	32.1

Pour une Largeur B de 0.62 m ; avec Aire A de 0.302 m² et Perimètre P de 1.95 m

Longueu pieu (m)	Contrair qref (MPa)	Rc;cr;k (MN)	Rt;cr;k (MN)	Rc;d ELU dur. (MN)	Rc;d ELU acc. (MN)	Rc;d ELU sis. (MN)	Rc;cr;d ELS car. (MN)	Rc;cr;d ELS qp (MN)	Rt;d ELU dur. (MN)	Rt;d ELU acc. (MN)	Rt;d ELU sis. (MN)	Rt;cr;d ELS car. (MN)	Rt;cr;d ELS qp (MN)	Sf sous qref (mm)
12	2.39	0.795	0.339	1.15	1.27	1.15	0.884	0.723	0.421	0.461	0.421	0.308	0.226	9.53
12.5	2.62	0.869	0.354	1.25	1.37	1.25	0.965	0.79	0.439	0.481	0.439	0.322	0.236	10
13	2.84	0.942	0.369	1.34	1.48	1.34	1.05	0.856	0.458	0.502	0.458	0.335	0.246	10.5
13.5	3.06	1.02	0.384	1.44	1.58	1.44	1.13	0.923	0.477	0.523	0.477	0.349	0.256	11.1
14	3.28	1.09	0.399	1.54	1.69	1.54	1.21	0.99	0.496	0.543	0.496	0.363	0.266	11.6
14.5	3.5	1.16	0.414	1.63	1.79	1.63	1.29	1.06	0.515	0.564	0.515	0.377	0.276	12.2

Pour une Largeur B de 0.62 m ; avec Aire A de 0.302 m² et Perimètre P de 1.95 m

Longueu pieu (m)	Contrair qref (MPa)	Rc;cr;k (MN)	Rt;cr;k (MN)	Rc;d ELU dur. (MN)	Rc;d ELU acc. (MN)	Rc;d ELU sis. (MN)	Rc;cr;d ELS car. (MN)	Rc;cr;d ELS qp (MN)	Rt;d ELU dur. (MN)	Rt;d ELU acc. (MN)	Rt;d ELU sis. (MN)	Rt;cr;d ELS car. (MN)	Rt;cr;d ELS qp (MN)	Sf sous qref (mm)
15	3.72	1.24	0.43	1.73	1.9	1.73	1.37	1.12	0.534	0.585	0.534	0.391	0.286	12.7
15.5	3.94	1.31	0.445	1.82	2	1.82	1.45	1.19	0.553	0.605	0.553	0.404	0.297	13.3
16	4.16	1.38	0.46	1.92	2.11	1.92	1.54	1.26	0.571	0.626	0.571	0.418	0.307	13.9
16.5	4.38	1.46	0.475	2.01	2.21	2.01	1.62	1.32	0.59	0.646	0.59	0.432	0.317	14.5
17	4.6	1.53	0.49	2.11	2.32	2.11	1.7	1.39	0.609	0.667	0.609	0.446	0.327	15.1
17.5	4.82	1.6	0.506	2.2	2.42	2.2	1.78	1.46	0.628	0.688	0.628	0.46	0.337	15.7
18	5.04	1.68	0.521	2.3	2.53	2.3	1.86	1.52	0.647	0.708	0.647	0.473	0.347	16.4
18.5	5.27	1.75	0.536	2.39	2.63	2.39	1.94	1.59	0.666	0.729	0.666	0.487	0.357	17.1
19	5.49	1.82	0.551	2.49	2.74	2.49	2.02	1.66	0.685	0.75	0.685	0.501	0.367	17.7
19.5	5.71	1.9	0.566	2.58	2.84	2.58	2.11	1.72	0.703	0.77	0.703	0.515	0.377	18.4
20	5.93	1.97	0.581	2.68	2.95	2.68	2.19	1.79	0.722	0.791	0.722	0.529	0.388	19
20.5	6.15	2.04	0.597	2.77	3.05	2.77	2.27	1.86	0.741	0.812	0.741	0.542	0.398	19.7
21	6.37	2.12	0.612	2.87	3.16	2.87	2.35	1.92	0.76	0.832	0.76	0.556	0.408	20.4
21.5	6.59	2.19	0.627	2.96	3.26	2.96	2.43	1.99	0.779	0.853	0.779	0.57	0.418	21.1
22	6.81	2.26	0.642	3.06	3.37	3.06	2.51	2.06	0.798	0.874	0.798	0.584	0.428	21.8
22.5	7.03	2.34	0.657	3.15	3.47	3.15	2.59	2.12	0.816	0.894	0.816	0.598	0.438	22.7
23	7.25	2.41	0.672	3.25	3.57	3.25	2.68	2.19	0.835	0.915	0.835	0.611	0.448	23.4
23.5	7.47	2.48	0.688	3.35	3.68	3.35	2.76	2.26	0.854	0.936	0.854	0.625	0.458	24.1
24	7.69	2.56	0.703	3.44	3.78	3.44	2.84	2.32	0.873	0.956	0.873	0.639	0.469	24.8
24.5	7.92	2.63	0.718	3.54	3.89	3.54	2.92	2.39	0.892	0.977	0.892	0.653	0.479	25.7
25	8.14	2.7	0.733	3.63	3.99	3.63	3	2.46	0.911	0.997	0.911	0.667	0.489	26.4
25.5	8.36	2.78	0.748	3.73	4.1	3.73	3.08	2.52	0.93	1.02	0.93	0.68	0.499	27.2
26	8.58	2.85	0.764	3.82	4.2	3.82	3.17	2.59	0.948	1.04	0.948	0.694	0.509	27.9
26.5	8.8	2.92	0.779	3.92	4.31	3.92	3.25	2.66	0.967	1.06	0.967	0.708	0.519	28.8
27	9.02	3	0.794	4.01	4.41	4.01	3.33	2.72	0.986	1.08	0.986	0.722	0.529	29.6

Pour une Largeur B de 0.72 m ; avec Aire A de 0.407 m² et Perimètre P de 2.26 m

Longueu pieu (m)	Contrair qref (MPa)	Rc;cr;k (MN)	Rt;cr;k (MN)	Rc;d ELU dur. (MN)	Rc;d ELU acc. (MN)	Rc;d ELU sis. (MN)	Rc;cr;d ELS car. (MN)	Rc;cr;d ELS qp (MN)	Rt;d ELU dur. (MN)	Rt;d ELU acc. (MN)	Rt;d ELU sis. (MN)	Rt;cr;d ELS car. (MN)	Rt;cr;d ELS qp (MN)	Sf sous qref (mm)
12	2.16	0.967	0.39	1.42	1.56	1.42	1.07	0.879	0.484	0.53	0.484	0.354	0.26	10
12.5	2.35	1.05	0.408	1.53	1.68	1.53	1.17	0.957	0.506	0.554	0.506	0.37	0.272	10.5
13	2.54	1.14	0.425	1.64	1.81	1.64	1.26	1.03	0.528	0.578	0.528	0.386	0.283	10.9
13.5	2.73	1.22	0.443	1.75	1.93	1.75	1.36	1.11	0.55	0.602	0.55	0.403	0.295	11.4
14	2.92	1.31	0.46	1.86	2.05	1.86	1.45	1.19	0.572	0.626	0.572	0.419	0.307	11.9
14.5	3.11	1.39	0.478	1.97	2.17	1.97	1.55	1.27	0.594	0.65	0.594	0.435	0.319	12.5
15	3.3	1.48	0.496	2.08	2.29	2.08	1.64	1.34	0.616	0.674	0.616	0.451	0.33	13
15.5	3.49	1.56	0.513	2.19	2.41	2.19	1.74	1.42	0.638	0.698	0.638	0.467	0.342	13.4
16	3.68	1.65	0.531	2.31	2.54	2.31	1.83	1.5	0.659	0.722	0.659	0.483	0.354	13.9

Pour une Largeur B de 0.72 m ; avec Aire A de 0.407 m² et Perimètre P de 2.26 m

Longueu pieu (m)	Contrair qref (MPa)	Rc;cr;k (MN)	Rt;cr;k (MN)	Rc;d ELU dur. (MN)	Rc;d ELU acc. (MN)	Rc;d ELU sis. (MN)	Rc;cr;d ELS car. (MN)	Rc;cr;d ELS qp (MN)	Rt;d ELU dur. (MN)	Rt;d ELU acc. (MN)	Rt;d ELU sis. (MN)	Rt;cr;d ELS car. (MN)	Rt;cr;d ELS qp (MN)	Sf sous qref (mm)
16.5	3.87	1.73	0.549	2.42	2.66	2.42	1.93	1.58	0.681	0.746	0.681	0.499	0.366	14.5
17	4.06	1.82	0.566	2.53	2.78	2.53	2.02	1.65	0.703	0.77	0.703	0.515	0.377	15
17.5	4.25	1.9	0.584	2.64	2.9	2.64	2.12	1.73	0.725	0.794	0.725	0.531	0.389	15.6
18	4.44	1.99	0.601	2.75	3.02	2.75	2.21	1.81	0.747	0.818	0.747	0.547	0.401	16.2
18.5	4.63	2.07	0.619	2.86	3.14	2.86	2.31	1.89	0.769	0.842	0.769	0.563	0.413	16.8
19	4.82	2.16	0.637	2.97	3.27	2.97	2.4	1.96	0.791	0.866	0.791	0.579	0.424	17.3
19.5	5.01	2.24	0.654	3.08	3.39	3.08	2.49	2.04	0.813	0.89	0.813	0.595	0.436	17.9
20	5.2	2.33	0.672	3.19	3.51	3.19	2.59	2.12	0.835	0.914	0.835	0.611	0.448	18.5
20.5	5.39	2.42	0.69	3.3	3.63	3.3	2.68	2.2	0.857	0.938	0.857	0.627	0.46	19.2
21	5.58	2.5	0.707	3.41	3.75	3.41	2.78	2.27	0.878	0.962	0.878	0.643	0.471	19.7
21.5	5.77	2.59	0.725	3.52	3.87	3.52	2.87	2.35	0.9	0.986	0.9	0.659	0.483	20.4
22	5.96	2.67	0.742	3.63	4	3.63	2.97	2.43	0.922	1.01	0.922	0.675	0.495	21.1
22.5	6.15	2.76	0.76	3.74	4.12	3.74	3.06	2.51	0.944	1.03	0.944	0.691	0.507	21.8
23	6.34	2.84	0.778	3.85	4.24	3.85	3.16	2.58	0.966	1.06	0.966	0.707	0.518	22.3
23.5	6.53	2.93	0.795	3.96	4.36	3.96	3.25	2.66	0.988	1.08	0.988	0.723	0.53	23
24	6.72	3.01	0.813	4.07	4.48	4.07	3.35	2.74	1.01	1.11	1.01	0.739	0.542	23.7
24.5	6.91	3.1	0.831	4.19	4.6	4.19	3.44	2.82	1.03	1.13	1.03	0.755	0.554	24.4
25	7.1	3.18	0.848	4.3	4.73	4.3	3.54	2.89	1.05	1.15	1.05	0.771	0.565	25.1
25.5	7.29	3.27	0.866	4.41	4.85	4.41	3.63	2.97	1.08	1.18	1.08	0.787	0.577	25.8
26	7.48	3.35	0.883	4.52	4.97	4.52	3.72	3.05	1.1	1.2	1.1	0.803	0.589	26.5
26.5	7.67	3.44	0.901	4.63	5.09	4.63	3.82	3.12	1.12	1.23	1.12	0.819	0.601	27.2
27	7.86	3.52	0.919	4.74	5.21	4.74	3.91	3.2	1.14	1.25	1.14	0.835	0.612	27.9

Pour une Largeur B de 0.82 m ; avec Aire A de 0.528 m² et Perimètre P de 2.58 m

Longueu pieu (m)	Contrair qref (MPa)	Rc;cr;k (MN)	Rt;cr;k (MN)	Rc;d ELU dur. (MN)	Rc;d ELU acc. (MN)	Rc;d ELU sis. (MN)	Rc;cr;d ELS car. (MN)	Rc;cr;d ELS qp (MN)	Rt;d ELU dur. (MN)	Rt;d ELU acc. (MN)	Rt;d ELU sis. (MN)	Rt;cr;d ELS car. (MN)	Rt;cr;d ELS qp (MN)	Sf sous qref (mm)
12	1.98	1.15	0.441	1.71	1.88	1.71	1.28	1.05	0.547	0.599	0.547	0.4	0.294	10.5
12.5	2.15	1.25	0.461	1.83	2.02	1.83	1.39	1.14	0.572	0.627	0.572	0.419	0.307	10.9
13	2.32	1.35	0.481	1.96	2.16	1.96	1.5	1.22	0.597	0.654	0.597	0.437	0.32	11.4
13.5	2.48	1.44	0.501	2.09	2.29	2.09	1.6	1.31	0.622	0.681	0.622	0.455	0.334	11.9
14	2.65	1.54	0.521	2.21	2.43	2.21	1.71	1.4	0.647	0.709	0.647	0.473	0.347	12.3
14.5	2.82	1.64	0.541	2.34	2.57	2.34	1.82	1.49	0.672	0.736	0.672	0.492	0.361	12.8
15	2.98	1.73	0.561	2.46	2.71	2.46	1.93	1.58	0.697	0.763	0.697	0.51	0.374	13.3
15.5	3.15	1.83	0.581	2.59	2.85	2.59	2.03	1.66	0.722	0.791	0.722	0.528	0.387	13.8
16	3.32	1.93	0.601	2.72	2.99	2.72	2.14	1.75	0.747	0.818	0.747	0.546	0.401	14.2
16.5	3.49	2.02	0.621	2.84	3.13	2.84	2.25	1.84	0.772	0.845	0.772	0.565	0.414	14.7
17	3.65	2.12	0.641	2.97	3.26	2.97	2.36	1.93	0.797	0.872	0.797	0.583	0.428	15.2
17.5	3.82	2.22	0.661	3.09	3.4	3.09	2.47	2.02	0.822	0.9	0.822	0.601	0.441	15.7

Pour une Largeur B de 0.82 m ; avec Aire A de 0.528 m² et Perimètre P de 2.58 m

Longueu pieu (m)	Contrair qref (MPa)	Rc;cr;k (MN)	Rt;cr;k (MN)	Rc;d ELU dur. (MN)	Rc;d ELU acc. (MN)	Rc;d ELU sis. (MN)	Rc;cr;d ELS car. (MN)	Rc;cr;d ELS qp (MN)	Rt;d ELU dur. (MN)	Rt;d ELU acc. (MN)	Rt;d ELU sis. (MN)	Rt;cr;d ELS car. (MN)	Rt;cr;d ELS qp (MN)	Sf sous qref (mm)
18	3.99	2.32	0.681	3.22	3.54	3.22	2.57	2.11	0.846	0.927	0.846	0.619	0.454	16.2
18.5	4.15	2.41	0.701	3.35	3.68	3.35	2.68	2.19	0.871	0.954	0.871	0.638	0.468	16.6
19	4.32	2.51	0.722	3.47	3.82	3.47	2.79	2.28	0.896	0.982	0.896	0.656	0.481	17.3
19.5	4.49	2.61	0.742	3.6	3.96	3.6	2.9	2.37	0.921	1.01	0.921	0.674	0.494	17.8
20	4.65	2.7	0.762	3.72	4.1	3.72	3	2.46	0.946	1.04	0.946	0.692	0.508	18.3
20.5	4.82	2.8	0.782	3.85	4.23	3.85	3.11	2.55	0.971	1.06	0.971	0.711	0.521	19
21	4.99	2.9	0.802	3.98	4.37	3.98	3.22	2.63	0.996	1.09	0.996	0.729	0.535	19.5
21.5	5.15	2.99	0.822	4.1	4.51	4.1	3.33	2.72	1.02	1.12	1.02	0.747	0.548	19.9
22	5.32	3.09	0.842	4.23	4.65	4.23	3.44	2.81	1.05	1.15	1.05	0.765	0.561	20.6
22.5	5.49	3.19	0.862	4.35	4.79	4.35	3.54	2.9	1.07	1.17	1.07	0.784	0.575	21.3
23	5.66	3.29	0.882	4.48	4.93	4.48	3.65	2.99	1.1	1.2	1.1	0.802	0.588	21.8
23.5	5.82	3.38	0.902	4.61	5.07	4.61	3.76	3.08	1.12	1.23	1.12	0.82	0.601	22.5
24	5.99	3.48	0.922	4.73	5.2	4.73	3.87	3.16	1.15	1.25	1.15	0.838	0.615	23
24.5	6.16	3.58	0.942	4.86	5.34	4.86	3.97	3.25	1.17	1.28	1.17	0.857	0.628	23.6
25	6.32	3.67	0.962	4.98	5.48	4.98	4.08	3.34	1.2	1.31	1.2	0.875	0.642	24.3
25.5	6.49	3.77	0.982	5.11	5.62	5.11	4.19	3.43	1.22	1.34	1.22	0.893	0.655	25
26	6.66	3.87	1	5.24	5.76	5.24	4.3	3.52	1.25	1.36	1.25	0.911	0.668	25.7
26.5	6.82	3.96	1.02	5.36	5.9	5.36	4.41	3.6	1.27	1.39	1.27	0.93	0.682	26.4
27	6.99	4.06	1.04	5.49	6.04	5.49	4.51	3.69	1.3	1.42	1.3	0.948	0.695	26.9

Pour une Largeur B de 0.92 m ; avec Aire A de 0.665 m² et Perimètre P de 2.89 m

Longueu pieu (m)	Contrair qref (MPa)	Rc;cr;k (MN)	Rt;cr;k (MN)	Rc;d ELU dur. (MN)	Rc;d ELU acc. (MN)	Rc;d ELU sis. (MN)	Rc;cr;d ELS car. (MN)	Rc;cr;d ELS qp (MN)	Rt;d ELU dur. (MN)	Rt;d ELU acc. (MN)	Rt;d ELU sis. (MN)	Rt;cr;d ELS car. (MN)	Rt;cr;d ELS qp (MN)	Sf sous qref (mm)
12	1.84	1.35	0.491	2.02	2.22	2.02	1.5	1.23	0.609	0.667	0.609	0.446	0.327	11.2
12.5	1.99	1.46	0.513	2.16	2.38	2.16	1.62	1.32	0.637	0.698	0.637	0.466	0.342	11.6
13	2.14	1.57	0.536	2.3	2.53	2.3	1.74	1.42	0.665	0.729	0.665	0.487	0.357	12
13.5	2.29	1.67	0.558	2.44	2.69	2.44	1.86	1.52	0.693	0.759	0.693	0.507	0.372	12.5
14	2.44	1.78	0.581	2.58	2.84	2.58	1.98	1.62	0.721	0.79	0.721	0.528	0.387	12.8
14.5	2.59	1.89	0.603	2.72	3	2.72	2.1	1.72	0.749	0.821	0.749	0.548	0.402	13.3
15	2.74	2	0.626	2.87	3.15	2.87	2.22	1.82	0.777	0.851	0.777	0.569	0.417	13.8
15.5	2.89	2.11	0.648	3.01	3.31	3.01	2.34	1.92	0.805	0.882	0.805	0.589	0.432	14.1
16	3.03	2.22	0.671	3.15	3.46	3.15	2.47	2.02	0.833	0.912	0.833	0.61	0.447	14.7
16.5	3.18	2.33	0.693	3.29	3.62	3.29	2.59	2.12	0.861	0.943	0.861	0.63	0.462	15
17	3.33	2.44	0.716	3.43	3.77	3.43	2.71	2.21	0.889	0.974	0.889	0.651	0.477	15.5
17.5	3.48	2.55	0.738	3.57	3.93	3.57	2.83	2.31	0.917	1	0.917	0.671	0.492	15.9
18	3.63	2.65	0.761	3.71	4.09	3.71	2.95	2.41	0.945	1.04	0.945	0.692	0.507	16.4
18.5	3.78	2.76	0.783	3.86	4.24	3.86	3.07	2.51	0.973	1.07	0.973	0.712	0.522	16.9
19	3.93	2.87	0.806	4	4.4	4	3.19	2.61	1	1.1	1	0.733	0.537	17.3

Pour une Largeur B de 0.92 m ; avec Aire A de 0.665 m² et Perimètre P de 2.89 m

Longueu pieu (m)	Contrair qref (MPa)	Rc;cr;k (MN)	Rt;cr;k (MN)	Rc;d ELU dur. (MN)	Rc;d ELU acc. (MN)	Rc;d ELU sis. (MN)	Rc;cr;d ELS car. (MN)	Rc;cr;d ELS qp (MN)	Rt;d ELU dur. (MN)	Rt;d ELU acc. (MN)	Rt;d ELU sis. (MN)	Rt;cr;d ELS car. (MN)	Rt;cr;d ELS qp (MN)	Sf sous qref (mm)
19.5	4.08	2.98	0.828	4.14	4.55	4.14	3.31	2.71	1.03	1.13	1.03	0.753	0.552	17.8
20	4.22	3.09	0.851	4.28	4.71	4.28	3.43	2.81	1.06	1.16	1.06	0.773	0.567	18.3
20.5	4.37	3.2	0.873	4.42	4.86	4.42	3.55	2.91	1.08	1.19	1.08	0.794	0.582	19
21	4.52	3.31	0.896	4.56	5.02	4.56	3.67	3.01	1.11	1.22	1.11	0.814	0.597	19.5
21.5	4.67	3.42	0.918	4.7	5.17	4.7	3.8	3.11	1.14	1.25	1.14	0.835	0.612	19.9
22	4.82	3.52	0.941	4.84	5.33	4.84	3.92	3.2	1.17	1.28	1.17	0.855	0.627	20.4
22.5	4.97	3.63	0.963	4.99	5.48	4.99	4.04	3.3	1.2	1.31	1.2	0.876	0.642	21.1
23	5.12	3.74	0.986	5.13	5.64	5.13	4.16	3.4	1.22	1.34	1.22	0.896	0.657	21.6
23.5	5.27	3.85	1.01	5.27	5.8	5.27	4.28	3.5	1.25	1.37	1.25	0.917	0.672	22
24	5.42	3.96	1.03	5.41	5.95	5.41	4.4	3.6	1.28	1.4	1.28	0.937	0.687	22.7
24.5	5.56	4.07	1.05	5.55	6.11	5.55	4.52	3.7	1.31	1.43	1.31	0.958	0.702	23.2
25	5.71	4.18	1.08	5.69	6.26	5.69	4.64	3.8	1.34	1.46	1.34	0.978	0.717	23.9
25.5	5.86	4.29	1.1	5.83	6.42	5.83	4.76	3.9	1.36	1.49	1.36	0.999	0.732	24.4
26	6.01	4.4	1.12	5.98	6.57	5.98	4.88	4	1.39	1.53	1.39	1.02	0.747	25
26.5	6.16	4.5	1.14	6.12	6.73	6.12	5	4.09	1.42	1.56	1.42	1.04	0.762	25.7
27	6.31	4.61	1.17	6.26	6.88	6.26	5.13	4.19	1.45	1.59	1.45	1.06	0.777	26.4

Dispositions constructives

Dans le cadre de la construction, il conviendra de s'assurer que les dispositions constructives suivantes soient bien mises en œuvre :

- ✓ Les pieux devront être réalisés suivant les règles de l'Art.

  La lithologie au droit de chaque élément sera vérifiée en cours d'exécution par l'enregistrement des paramètres de forage.

  Si nécessaire, la longueur des pieux pourra être adaptée, notamment si les paramètres obtenus au niveau de la pointe théorique de l'élément n'été pas en adéquation avec les critères présentés ci-avant.

- ✓ Les pieux seront testés par :

	Essai	Norme	Quantité
Intégrité[12]	Impédance mécanique	NF P94-160-4	Selon projet
Ancrage	Enregistrement des paramètres	-	Tous les éléments
Résistance interne	Compression uniaxiale sur éprouvettes béton	NF EN 206-1	Selon projet
Capacité portante	Essai de chargement	NF P94-150-1	Selon projet

La nécessité ou non de prévoir des essais de chargement sera à définir en phase EXE en fonction des sollicitations sur le pieu, du type de technologie mise en œuvre, et de la classe de conséquence de l'ouvrage, dans le respect des préconisations de la norme NF P94-262, tableaux 8.9.1 et 8.9.2.

Il est conseillé de prévoir ces essais de chargement/convenance sur des éléments situés à proximité des sondages pressiométriques.

- ✓ La technique de bétonnage devra être adaptée aux sols du site. En particulier, il conviendra de s'assurer qu'elle n'entraine pas de claquages des terrains, notamment des couches molles $Fq_{1a/2}$ du sous-sol. La mise en place d'un tubage provisoire pourrait à ce titre s'avérer nécessaire.
- ✓ Des essais de contrôle sur coulis et béton seront par ailleurs à prévoir.
- ✓ Le dimensionnement des pieux en phase réalisation devra être justifié par l'entreprise, et notamment à l'ELU structurelle (acier – béton, flambement, tubulure renfort pour augmentation de l'inertie pour les micropieux, …).

  Les armatures en acier devront satisfaire à l'ensemble des conditions des EUROCODES 2, 3 et 4 (acier et béton considérés comme des éléments porteurs).

[12] *Pour les pieux bétons uniquement.*

- ✓ Les barres et platines d'attente ou d'ancrage pour le raccordement à la superstructure devront être conformes aux exigences de l'EUROCODE 2. Les mêmes règles de protection contre la corrosion que pour les autres éléments en acier devront leur être appliquées.
- ✓ Il conviendra de choisir les mélanges et propriété des coulis, mortier et béton en tenant compte de la classe d'agressivité d'environnement donnée dans l'EN 206-1. De même, il conviendra de tenir compte du fait que l'agressivité de l'environnement est susceptible d'évoluer avec le temps.
- ✓ L'enrobage minimal de coulis ou de béton des armatures devrait être de 75 mm. Cette épaisseur d'enrobage sera à vérifier en fonction des choix des coulis et bétons mis en œuvre et validée par l'équipe de conception. A ce titre, le
- ✓ D'un point de vue sismique, si la catégorie d'importance de l'ouvrage s'avérait être supérieure à II, il y aurait alors lieu de tenir compte des effets inertiels et cinématiques.
- ✓ Toutes les précautions devront être mises en œuvre pour éviter tout dommage aux constructions avoisinantes au projet.

Choix des types de planchers

Les planchers bas à l'interface sol/structure devront être traités sur dalle portée (avec prise en compte des sous-pressions et cuvelage pour les planchers situés sous le niveau de la nappe).

Un plancher sur vide sanitaire est également envisageable.

TERRASSEMENTS

EXTRACTION

Les sols en place principalement impactés par le projet seront en majorité constitués des remblais en place Rb_2 et des sables lâches Fq_5.

L'extraction da la masse de ces formations ne devrait pas poser de problématique particulière avec des engins de terrassements classiques de moyenne puissance.

Il conviendra toutefois de prévoir la présence d'éléments enterrés potentiellement de grandes dimensions au sein des remblais en place Rb_2. Ceux-ci pourront nécessiter l'emploi d'engins lourds et puissants, voire d'outils de déroctage/rescindement.

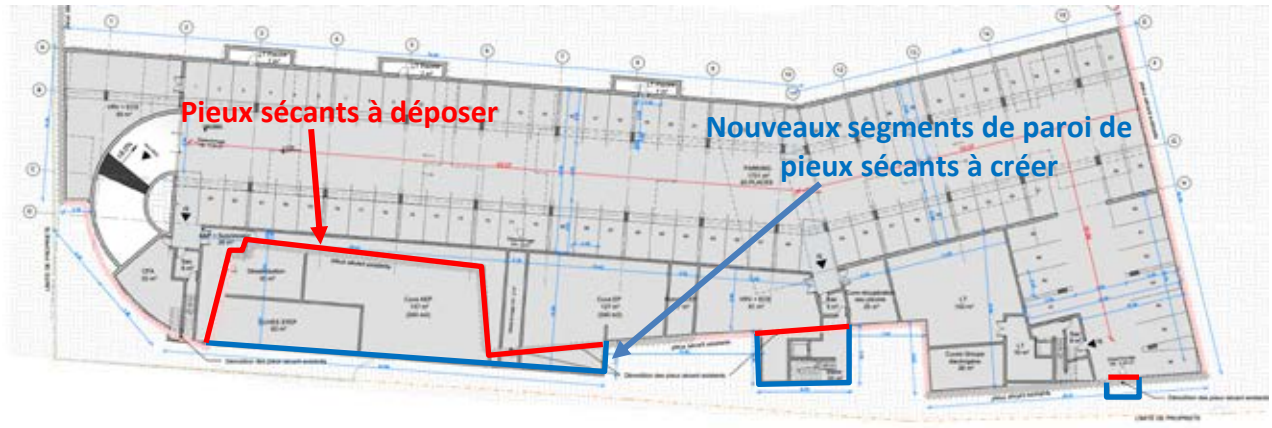
REEMPLOI

Les matériaux Rb_2 et Fq_5 du site ne pourront pas faire l'objet d'un réemploi, excepté en remblais paysagers[13], voire de remblais d'enrobage pour les réseaux en tranchées éventuels dans le cas de sables marins Fq_5 sous condition qu'ils soient peu ou pas argileux.

Les matériaux extraits du site et non réemployés dans les conditions précédemment évoquées devront être évacués du site et mis en dépôts dans une zone de décharge autorisée.

STABILITE DES PENTES DES TALUS

Compte tenu des emprises du projet, il y aura lieu de modifier la paroi de pieux sécants en partie Sud pour qu'elle corresponde in fine à l'emprise du projet. Cela nécessiter sa dépose partielle dans les zones d'intersection et la prolongation avec les mêmes caractéristiques que l'existant dans les zones non inclues à ce stade :



[13] *Excepté s'il s'agissait de sols pollués.*

La partie Nord de l'excavation pourra quant à elle être traitée :

- Soit par une nouvelle paroi de pieux sécants
- Soit par talutage. Les talus provisoires en déblais dans les différentes formations du site pour des hauteurs n'excédant pas celles précisées précédemment seront alors stables pour des pentes et préconisations spécifiques telles que :

	Pente maximale	Précautions
Remblais sableux Rb_2	≤ 3H/2V hors nappe **Blindage provisoire sous nappe**	*Protection contre les eaux météoriques (géosynthétique agrafé par exemple)*
Sables marins Fq_5	≤ 3H/2V hors nappe **Blindage provisoire sous nappe**	*Protection contre les eaux météoriques (géosynthétique agrafé par exemple) pour les talus hors nappe*
Sables marins traités $Fq_{5,traités}$	**A priori non concernés par les travaux**	

Un rabattement de la nappe généralisé, continu sur la durée d'ouverture des talus, et pérenne permettrait de rester dans le cas de talus hors nappe, et donc dans ce cas de s'affranchir du blindage provisoire.

Si ces préconisations s'avéraient incompatibles avec les contraintes du projet, il y aurait alors lieu de prévoir la réalisation d'ouvrages de soutènement provisoires spécifiques.

POMPAGE

Le niveau d'eau devrait être recoupé entre 1.2 m et 2.7 m de profondeur environ par rapport au terrain naturel actuel. Le niveau de 1.2 m/TN a été relevé au droit du sondage Pr5 situé le plus proche de la mer, et dans une zone où l'altimétrie est à priori plus basse que le niveau général moyen du site. Globalement, il pourra être retenu un niveau d'eau dans le sol en situation courante de l'ordre de -2.0 m/Niveau Moyen du site avec des fluctuations en régime courant correspondant à celles de la mer à proximité, soit de l'ordre de ±0.4 m environ.

Remarque : Pour des travaux en période cyclonique, ces fluctuations pourraient s'avérer sensiblement plus importantes, de même que le niveau moyen de l'eau dans le sol pourrait être supérieur à celui relevé au droit des sondages.

Cette configuration imposera donc la mise en place de dispositifs de pompage, de toute évidence conséquents. Une évaluation des valeurs des perméabilités estimées dans les sables à partir de la formule de HAZEN :

	Fq_5	
$K_{v,k}$	2.7 E^{-4}	*m/s*

Cette valeur est par ailleurs confirmée par les essais d'infiltration de type PORCHET réalisés en surface. Elle apparaît néanmoins élevée au regard des essais d'infiltration en forage réalisés en 2019. En effet **une valeur de l'ordre de 6.0 E^{-5} m/s** apparaitrait plus proche de la réalité au voisinage du fond de fouille théorique du projet. Celle-ci ne sera toutefois pas retenue à ce stade compte tenu des incertitudes et des hétérogénéités conséquentes à prévoir ici.

Par ailleurs, la technique de traitement de sols par colonnes de Jet-Grouting sécantes sur toute la surface de la fouille et de sa périphérie retenue par les concepteurs permettra de réduire sensiblement les perméabilités à attendre au voisinage de la fouille. A ce titre, les perméabilités classiquement obtenues pour les sols traités sont de l'ordre de :

	$Fq_{5,JG}$	
$K_{v,k}$	1.0 E^{-7} à 5.0 E^{-7}	*m/s*

Des perméabilités moindres pourraient également être obtenues.

Dans tous les cas, ces valeurs seront à vérifier lors de la réalisation de la planche d'essais. A ce titre, un critère de validation du procédé portant sur ce paramètre pourra être défini.

Les capacités de pompage à prévoir en régime permanent établi pourront alors être exprimées par la formule approchée de SCHNEEBELI suivante :

$$Q = 2.5\, k\, h \sqrt{S}$$

Avec : k : La perméabilité du ou des terrains aquifères
h : la hauteur de rabattement de nappe
S : Surface humide

Cette capacité, compte tenu des incertitudes relatives à la méthode d'estimation pourra varier classiquement d'un **facteur 2 en plus ou en moins**.

Par ailleurs, la grandeur obtenue ici correspond globalement au débit d'entrée de l'eau dans la fouille en régime permanent établi. Il ne prend pas en compte les régimes transitoires qui s'avèrent généralement sensiblement plus élevé, ni les moyens à mettre en œuvre pour procéder à la vidange initiale de la fouille.

Enfin, quelle que soit la configuration retenue au final pour la fouille et ses éventuels ouvrages de soutènement provisoires, il conviendra de s'assurer que les moyens de pompage mis en œuvre de génèrent pas de désordres sur les ouvrages et infrastructures avoisinants. En particulier, il conviendra de veiller à ce que n'apparaisse ni tassement des sols lié à un rabattement durable de la nappe, ni entrainement de matériaux de type boulance ou renard solide.

Ces phénomènes pourront être limités par l'emploi de multiples pompes de petit débit bien réparties plutôt que peu de dispositifs de grandes puissances, de l'adjonction de filtres en fond de fouille (géotextile dans la zone de pompage), d'un positionnement des pompes à distance suffisante des ouvrages sensibles, de la mise en place d'un bouchon étanche en fond de fouille, …

<u>Remarque :</u> Le procédé de traitement de sols retenu devrait de facto *permettre de s'affranchir des deux dernières problématiques évoqués (désordres sur les avoisinants liés au pompage et phénomènes de boulance/renard)*

GESTION DES EAUX

Une bonne gestion des eaux de surface s'avère primordiale à la pérennité des ouvrages et à la prévention des mouvements de terrains de terrain.

Il conviendra donc de mettre en œuvre toutes les dispositions permettant d'éviter les apports d'eau de surface sur les emprises construites et les pentes des talus, et ce même en cours de chantier.

En ce sens, les eaux de ruissellement provenant de l'amont de la parcelle seront soigneusement récupérées et les descentes d'eau pluviales seront raccordées dès que possible.

Les eaux ainsi collectées et les eaux usées seront évacuées dans les réseaux existants ou vers un émissaire naturel capable de recevoir un débit supplémentaire. Il en sera de même pour les eaux issues du pompage de la fouille (Cf. ci-après). De plus, les ouvrages de collecte, de traitement et de rejet devront être entretenus et surveillés régulièrement et notamment après chaque forte précipitation.

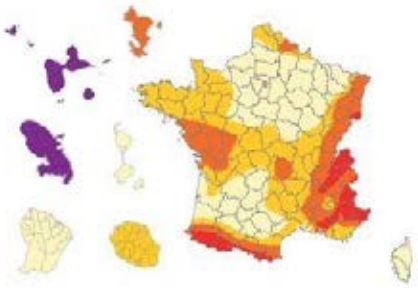
CONTEXTE SISMIQUE DU SITE

Les règles de construction applicables aux bâtiments sont celles des normes NF EN 1998-1 septembre 2005, NF EN 1998-3 décembre 2005, NF EN 1998-5 septembre 2005, dites « **règles Eurocode 8** » accompagnées des documents dits « annexes nationales » des normes NF EN 1998-1/NA décembre 2007, NF EN 1998-3/NA janvier 2008, NF EN 1998-5/NA octobre 2007 s'y rapportant.

Ces normes ont par la suite été complétées par les décrets n°2010-1254, n°2010-1255 du 22 octobre 2010 et n°2015-5 du 6 janvier 2015 de mise à jour, relatifs à la prévention des risques sismiques entrés en vigueur le 1er mai 2011 (art. D. 563-8-1 du code de l'environnement).

La carte de zonage de la France (Cf. figure suivante) proposée par cette règlementation classe le site étudié en **zone de sismicité 5** (zone III des anciennes règles PS92) :

Zone de sismicité	Niveau d'aléa	a_g(m/s²)
Zone 1	Très faible	0,4
Zone 2	Faible	0,7
Zone 3	Modéré	1,1
Zone 4	Moyen	1,6
Zone 5	Fort	3



L'accélération nominale de référence au niveau d'un sol rocheux dans cette zone est donc :

$$a_{gr} = 3.00 \text{ m/s}^2$$

En l'état actuel, le site entre dans la classe **S_2** de l'EN 1998-5 du fait de la présence de sols potentiellement liquéfiable. Une étude spécifique visant à définir la réponse du site à une sollicitation sismique s'avèrerait donc réglementairement à mener.

Si un traitement complémentaire vis à vis de la liquéfaction était retenu. **La célérité des ondes S va donc être augmentée en même temps que le caractère liquéfiable des sols va être traité. A ce titre, un reclassement du site en classe B sera donc à prendre en compte dans le dimensionnement du projet. Le coefficient associé à cette classe est alors S = 1.20**.

Pour le calcul de l'accélération sismique, un coefficient d'amplification topographique **ST = 1.00** calculé[14] selon l'Annexe A de l'EN : 1998-5 sera à prendre en compte.

[14] *Profil type : « butte » de pente moyenne <30° avec un projet implanté en pied de morne.*

L'accélération de calcul à considérer pour ce site en fonction de la catégorie d'importance de l'ouvrage retenue serait donc :

	γ_i	a_N	
Catégorie d'importance I	*0.8*	2.880	*m/s²*
Catégorie d'importance II	*1.0*	3.600	*m/s²*
Catégorie d'importance III	*1.2*	4.320	*m/s²*
Catégorie d'importance IV	*1.4*	5.040	*m/s²*

De plus, compte tenu de la zone de sismicité 5 dans laquelle est inscrit le site, il pourra être considéré que les séismes qui contribuent le plus à l'action sismique définis pour le site dans le cadre de l'évaluation probabiliste de l'aléa présentent une magnitude déduite des ondes de surface telle que :

$$\mathbf{M_s > 5.5}$$

Les spectres de réponse élastique qu'il conviendra donc de considérer dans ce contexte sont ceux de **type 1**.

Aucune faille active n'est répertoriée par le Projet de Plan de prévention des Risque de la Collectivité ou par la carte géologique de Saint Barthélemy et ses Îlets.

Enfin, des sols suspects de liquéfaction au sens des règles de l'EUROCODE 8 ont été reconnus au droit du projet. Leur présence a été prise en compte dans le choix du système de fondations proposé.

RISQUES NATURELS DEFINIS AU PPRN DE LA COMMUNE

Le projet de Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRR) de la commune inscrit le site en :

- **« Zone d'aléa moyen de liquéfaction »** (zone orange de l'aléa correspondant).
- **« Zone d'aléa sismique local fort »** (zone orange foncé de l'aléa correspondant) ;
- **« Zone d'aléa faible d'inondation »** (zone violette à violette foncée de l'aléa correspondant).

Remarque : Les zones d'aléa fort sont en théorie règlementairement inconstructibles. Toutefois, aucun règlement n'est, dans le cas de la COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY, associée à la carte de zonage des aléas, qui s'avère, dans ce cas, strictement informative.

Il conviendra par ailleurs de noter que cette carte reste par ailleurs à priori non approuvée à ce jour.

Les zones d'aléa liquéfaction et d'aléa sismique local se réfèrent à la même problématique, à savoir l'aléa liquéfaction. Celui-ci est apparu non négligeable pour ce site et ce projet et a donc été pris en compte dans le cadre du présent rapport.

Pour l'aléa inondation il conviendra dans ce cas de définir le niveau de la crue de référence correspondant au niveau de la crue centennale lorsque celle-ci est connue ou au niveau des plus hautes eaux observées le cas échéant. Le niveau des planchers bas de la construction seront calés en conséquence.

De plus, il conviendra d'évaluer d'une part les implications d'une éventuellement submersion avec écoulement sur l'ouvrage projeté, et d'autre part les conséquences du projet sur les conditions d'écoulement et d'évacuation des eaux de crues de la zone, l'objet étant ici de s'assurer que les travaux engagés ne contribuent pas l'accentuation du phénomène sur les secteurs avoisinants.

Par ailleurs, il conviendra d'appliquer les principes généraux de constructions valables sur l'ensemble du territoire.

Cela se traduira par le respect des règles parasismiques et para-cycloniques en vigueur au moment de l'instruction du dossier en veillant à la définition de fondations adaptées.

Remarque importante : *Le site est également soumis à un* ***aléa météorologique de type cyclonique : Houle et Submersion de niveau modéré à fort****. Il conviendra dans ce contexte de définir les caractéristiques de la houle cyclonique et de la marée de tempête (surcote marine) associée. Le niveau du projet sera calé en conséquence. Une protection pare-houle dûment dimensionnée contre les affouillements des fondations superficielles sera également à prévoir (ancrage approfondi, ouvrage spécifique, etc…).*

Un extrait du Plan de Zonage Réglementaire (PZR) de la commune est fourni par le Document H présenté en page suivante.

Extrait du PZR de la commune de SAINT BARTHELEMY

H

Antilles GEOTECHNIQUE	**SAS SJBREI**
	Hôtel ETOILE à Saint Jean
Dossier n°1911-001	COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

CONCLUSIONS

- Le site étudié présente l'enchainement lithologique suivant :
  - ✓ **Recouvrement remblayé/remanié** ($Rb_{0/2}$) sur environ 1.0 m à 2.7 m d'épaisseur
  - ✓ **Dépôts marins sableux** (Fq_5) jusqu'à 7.4 m à 10.3 m de profondeur environ
  - ✓ **Sédiments de lagune sablonneux** (Fq_{4a}) jusqu'à 9.2 m à 13.8 m de profondeur
  - ✓ **Hyaloclastites latérisées** (SuV_{2a}) directement en dessous

- Le niveau de l'eau dans le sol correspond à celui de la lagune et de la mer à proximité.

- D'après les informations transmises, le projet prévoit la construction d'un ensemble d'une dizaine de bâtiments de type R+C au maximum et de plain-pied sans sous-sol ni niveau dénivelé calés vers la cote +2.5 NGG environ, c'est-à-dire plus ou moins vers le niveau du terrain naturel actuel. Cet ensemble sera accompagné d'une piscine enterrée et occupera la moitié Nord du site, côté mer. Sa moitié Sud sera quant à elle l'assiette d'un grand bâtiment occupant toute la largeur de la parcelle, de type R+1+C avec sous-sol enterré complet abritant parkings et locaux techniques, et calé vers la cote -1.5 NGG environ, soit 4 m environ sous le niveau du terrain naturel actuel. La structure des différents bâtiments devrait être constituée d'un soubassement en béton armé avec superstructure traditionnelle dont les trames courantes devraient présenter des dimensions classiques variables, limitées dans les espaces de résidences à relativement grandes pour la zone enterrée de parkings et de parties techniques (citernes, désalinisation, etc…).

  Le contexte géotechnique du site actuel apparaît relativement défavorable au projet tel que prévu à ce stade du fait des points suivants :

  - Le traitement initial a été arrêté à la cote -3.3 NGG, or l'altimétrie du nouveau projet est calée entre -1.5 NGG et +2.5 NGG environ. De ce fait il va rester une épaisseur de sols liquéfiable non négligeable sous les ouvrages.
  - Le site a été partiellement excavé puis remblayé avec des matériaux qui sont apparus hétérogènes et impropres à recevoir des fondations
  - Le nouveau projet n'est pas totalement inscrit dans l'emprise du traitement de sols initial. De ce fait, certaines zones ne sont pas couvertes par le traitement. L'épaisseur de sols liquéfiables s'avèrera donc importante et l'assise très hétérogène pour les bâtiments implantés sur les deux zones (traitées/Non hétérogénéité).
  - Le nouveau projet dispose d'un niveau de sous-sol dont l'emprise sort par endroit de l'enceinte de pieux sécants existante. De ce fait, il y aura lieu de recréer un contour de paroi compatible avec le nouveau projet puis si nécessaire, de déposer les parties de l'ancien écran en chevauchement avec les ouvrages, et ce à une profondeur suffisante pour éviter tout phénomène de type « point dur », c'est-à-dire à ce stade à une altimétrie voisine de celle de l'arase supérieure du caissonnage existant.

Compte tenu de ces éléments, plusieurs alternatives apparaissent envisageables :

- ✓ Soit le principe des **fondations superficielles sur radiers rigides** sera à retenir pour les bâtiments du projet sous réserve :
  - **De prolonger le traitement par caissonnage** tel que déjà réalisé sous les emprises construites qui n'auront pas fait l'objet de ce traitement. Cela concernera notamment les ouvrages situés au Nord de l'enceinte de la paroi de pieux sécants, ainsi que des éléments situés entre cette dernière et la route territoriale n°209 au Sud.
  - **De prévoir soit un traitement complémentaire** contre la liquéfaction sur la tranche de sols comprise entre l'AS du Jet-Grouting et les fondations du projet (avec prise en compte de la présence d'un matelas de répartition) soit une purge complète des matériaux en place entre l'AS du Jet-Grouting et leur substitution par un remblai technique soigneusement mis en œuvre et compacté par couches minces et insensible à l'eau dans la tranche immergée du sous-sol, y compris recépage de la paroi de pieux sécants lorsque celle-ci s'avèrera implantée sous les emprises construites du projet. Les épaisseurs de purges s'avèreront importantes dans ce dernier cas, avec une partie non négligeable à réaliser sous nappe.

  Une fois le complément de traitement de sols contre la liquéfaction réalisé, les fondations pourront ensuite être de type **radier rigide avec bêches périphériques** ancrées d'au moins 0.3 m dans une plateforme de transition en remblais techniques insensibles à l'eau soigneusement mis en œuvre et compacté d'au moins 0.5 m d'épaisseur au total séparée des terrains en place par un géotextile Anticontaminant de type BIDIM/TENCATE S51 ou équivalent.

  <u>Remarque :</u> Si une solution de purge des terrains liquéfiables entre l'AS du caissonnage existant et les fondations des ouvrages et leur substitution par des remblais d'apport était retenue, alors cette substitution pourrait jouer le rôle de ce matelas sous réserve d'en présenter les caractéristiques correspondantes (nature et qualité, Cf. ci-après).

- ✓ Soit le principe des **fondations profondes sur pieux** sera à retenir pour les bâtiments du projet. Les pieux devront dans ce cas être ancrés d'au moins 1.5 m dans les microconglomérats volcaniques SuV_{2a} recoupés à partir de 9.2 m à 13.8 m de profondeur environ au droit des sondages d'archives.

  Tout type de pieux pourra être envisagé, excepté les micropieux de type I exclus en zone sismique forte. A ce stade, **les fondations profondes de type pieux forés à la tarière creuse apparaissent à priori à ce stade bien adaptés ici.**

  D'autre type de pieux, comme des pieux forés traditionnels, seraient également envisageable pourvu qu'ils ne soient pas susceptibles de générer des nuisances vis-à-vis des avoisinants. S'ils étaient envisagés par les concepteurs, ANTILLES GEOTECHNIQUE se tiendrait alors à la disposition des concepteurs pour les étudier spécifiquement en phases ultérieures d'étude une fois les caractéristiques du projet définies.

  Les fiches et les diamètres des fondations profondes dépendront des charges effectives à reprendre et de la lithologie au droit de chaque pieu.

Dans tous les cas, le principe d'homogénéité de l'horizon d'assise et du principe de fondation (radier, massif ou semelle) devra être respecté pour une même structure. Le cas échéant, il conviendrait alors d'isoler les différentes parties les unes des autres par des joints de rupture.

Par ailleurs, le site est exposé à la houle cyclonique. Il conviendra d'en tenir compte dans la conception et le dimensionnement des ouvrages. A ce titre, la réalisation d'une étude des conditions hydrodynamiques de la Baie de Saint Jean apparaît nécessaire afin de définir et de dimensionner les méthodes de protection à prévoir (mur pare-houle, brise-vague, ancrage sous la cote d'affouillement théorique, etc…).

De plus, l'effet des sous-pression et de la présence de la nappe au-dessus du niveau d'assise des fondations pour la partie enterrée sera à prendre en compte dans la conception du projet (lestage ou mise en place de tirants, et cuvelage).

Enfin, il conviendra de s'assurer que les travaux entrepris ne causent pas de dommages aux constructions avoisinantes.

- Les préconisations relatives à la gestion des eaux de surface sont présentées en page 56.

- Les éléments relatifs au contexte sismologique de la zone sont exposés en page 57 et l'étude des risques naturels définis au PPRN de la commune est développée en page 59.

- Le présent rapport a été établi dans le cadre de la norme NFP 94-500 dont un extrait est joint en Annexe 1.

  Il ne peut être utilisé ou reproduit qu'en respect des conditions générales précisées en Annexe 1.

*Rapport référencé **1911-001.IGE3***
*Edité le **06/07/2023** aux ABYMES*

Révision N°	*Objet*
1	Diffusion initiale

Date	*Rédacteur*	*Vérificateur*	*Approbateur*
06/07/2023	**Manuel TANGUY**	**Fabien MARSEILLAC**	**Sébastien DUMOULIN**
Visas			

ANNEXES

Annexe 1 : Extrait de la Norme NFP 94-500
Conditions générales d'utilisation des documents d'ANTILLES GEOTECHNIQUE

Annexe 2 : Plans d'implantation des reconnaissances

Annexe 3 : Sondages et essais des campagnes de reconnaissances antérieures

Annexe 4 : Coupes des sondages de reconnaissances géologiques de type carottés Ø116 mm

Annexe 5 : Logs des essais de pénétration statique à pointe électrique

Annexe 6 : Procès-Verbaux des mesures piézométriques réalisées

Annexe 7 : Procès-Verbaux des forages et des essais d'infiltration associés

Annexe 8 : Procès-Verbaux des essais en laboratoire

ANNEXE 1 :

Extrait de la norme NFP 94-500

« 4.2 - Classification et enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

4.2.1 - Principes généraux

L'enchaînement des missions contribue à la maitrise des risques géotechniques en vue de fiabiliser la qualité, le délai d'exécution et le coût réel des ouvrages géotechniques.
Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. Le maître d'ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la maîtrise d'œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception puis de réalisation de l'ouvrage.
Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives de la maîtrise d'œuvre du projet.
L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1et 2. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du maître de l'ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3 ; la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.
Toute mission d'ingénierie géotechnique doit s'appuyer sur des données géotechniques pertinentes issues de la réalisation de prestations d'investigations géotechniques spécifiées à l'Article 6.

4.2.2 - Enchainement des missions

4.2.2.1 - À la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire

L'ingénierie géotechnique réalisée pour le compte du maître de l'ouvrage ou de son mandataire, doit suivre l'enchaînement des missions décrites ci-après. Ces missions s'appuient sur des données géotechniques pertinentes (voir le Tableau 1 et l'Article 6). Il est recommandé de confier l'ensemble de ces missions à une même entité afin de lui donner une vue globale sur le projet et son évolution, dans la recherche des optimisations tout en assurant une bonne maîtrise des risques géotechniques.
Le maître d'ouvrage ou son mandataire organise la diffusion aux divers intervenants (contrôle technique, ingénierie géotechnique, entreprise...) des documents et informations émis par chacun d'entre eux au fur et à mesure de l'enchaînement qu'il coordonne.
À l'étape 1, l'étude géotechnique préalable (G1) comprend deux phases :

- la phase Étude de Site (ES), à lancer avant l'étude préliminaire ou l'esquisse ou l'APS de l'ouvrage. Elle permet de définir un modèle géologique préliminaire du site, avec ses principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs pour un futur ouvrage non encore étudié ;
- la phase Principes Généraux de Construction (PGC), qui contribue à la mise au point de l'étude préliminaire, ou de l'esquisse ou de l'APS de l'ouvrage pour la part des ouvrages géotechniques. Elle synthétise les données géotechniques à prendre en compte à ce stade et propose certains principes généraux de construction envisageables pour les ouvrages géotechniques. Elle permet, d'une part, de compléter le modèle géologique et de définir le contexte géotechnique, d'autre part, de mieux sérier, en fonction de l'ouvrage qui sera projeté, les risques géotechniques et de réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs en cas de survenance. Elle ne comprend pas d'ébauche dimensionnelle.

Les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment). C'est au cours de toutes les phases de l'étape 2 qu'il faut étudier les conséquences des risques majeurs et leur réduction éventuelle. L'étude géotechnique de conception (G2), réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière, comprend trois phases :

- la phase Avant-projet AVP, qui contribue à la mise au point de l'AVP ou de l'APD de l'ouvrage pour la part des ouvrages géotechniques. Elle peut compléter le modèle géologique et le contexte géotechnique. Elle définit les hypothèses géotechniques à prendre en compte à ce stade et les principes de construction des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et des voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants). Elle fournit une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique, une première approche des quantités et conclut sur la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure gestion des risques géotechniques.
  Le rapport produit à l'issue de cette phase sert de donnée d'entrée pour la phase suivante.
- la phase Projet PRO, qui contribue à la mise au point du Projet de l'ouvrage pour la part des ouvrages géotechniques. Elle définit les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier). Elle établit les notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et des voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement niveau projet de ces ouvrages, les valeurs seuils et une approche des quantités. Si nécessaire, elle donne les principes de maintenance des ouvrages géotechniques.
  Le dossier produit à l'issue de cette phase définit techniquement les ouvrages géotechniques. Il sert de base à l'élaboration du DCE.
- La phase DCE / ACT, qui contribue d'abord à l'établissement du Dossier de Consultation des Entreprises de l'ouvrage pour la part des ouvrages géotechniques, ensuite à l'Assistance pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour réaliser les ouvrages géotechniques. Elle établit ou participe à la rédaction des documents techniques nécessaires à la consultation des entreprises et à leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges techniques particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). Elle assiste le maître d'ouvrage ou la maîtrise d'œuvre pour la sélection des entreprises, dont elle analyse les offres techniques (projet de base et variantes éventuelles) et elle participe à la finalisation des pièces techniques définitives des contrats de travaux concernés par les ouvrages géotechniques. Ces pièces techniques servent de données d'entrée pour les missions d'ingénierie géotechnique suivantes de l'étape 3 : Études géotechniques de réalisation.

À l'étape 3 de réalisation des ouvrages géotechniques, la supervision géotechnique d'exécution (G4), réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière, comprend deux phases interactives :

- la phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution, qui émet un avis pour le visa donné par la maîtrise d'œuvre. Elle donne un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et des méthodes d'exécution, des adaptations ou des optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils ;

- la phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution. Par interventions ponctuelles sur le chantier, en fonction des observations et des données fournies dans le cadre de la mission G3, elle donne un avis sur la pertinence :
  - du contexte géotechnique ;
  - du comportement de l'ouvrage et des avoisinants ;
  - de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée ;
  - de la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et des documents fournis pour le dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

4.2.2.2 - À la charge de l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire

L'entreprise base son ingénierie géotechnique G3 sur les données géotechniques fournies par le maître d'ouvrage ou son mandataire à la phase G2 DCE/ACT, et sur les résultats des éventuelles investigations complémentaires.
À l'étape 3 de réalisation des ouvrages géotechniques, l'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) comprend deux phases interactives :

- la phase Étude, qui contribue à l'étude d'exécution des ouvrages géotechniques. Elle établit la note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat Travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires. Elle donne le dimensionnement des ouvrages géotechniques, leurs méthodes et conditions d'exécution, leurs phasages généraux. Elle définit les suivis, les auscultations et les contrôles à prévoir, les valeurs seuils. Elle définit les moyens à mettre en œuvre pour sécuriser l'ouvrage et les éventuels avoisinants concernés ainsi que les adaptations du projet vis-à-vis des risques géotechniques identifiés en cas de survenance en cours de réalisation. Elle établit ou participe à l'établissement du dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs avec plans d'exécution, de phasage et de suivi ;
- la phase Suivi, qui contribue fortement à une bonne maîtrise des risques géotechniques pendant la réalisation des ouvrages géotechniques. Par un suivi en continu des travaux géotechniques (relevés, auscultations et application du plan de contrôle), elle permet d'une part de valider ou de mettre à jour le modèle géologique et les hypothèses géotechniques du site, et d'autre part de s'assurer que le comportement en cours d'exécution de l'ouvrage et des avoisinants concernés est conforme aux prévisions ou de mettre en œuvre à temps les adaptations nécessaires (mesures correctives prévues) ou les optimisations possibles notamment en cas d'application de la méthode observationnelle. Elle participe à l'établissement de la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

4.2.3 - Cas particulier du diagnostic géotechnique (G5)

Une ingénierie géotechnique peut réaliser un diagnostic géotechnique (G5), à tout moment et en dehors de tout enchaînement de missions pour le compte de tout intervenant (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, entrepreneur...).
Le diagnostic géotechnique n'est pas suffisant pour réaliser directement des travaux, lesquels doivent toujours faire l'objet de l'enchaînement classique des missions d'ingénierie géotechnique : étude géotechnique de conception (G2) et/ou étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), avec supervision géotechnique d'exécution (G4).
Ce cadre convient à l'étude strictement limitative d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques dans le cadre d'une mission ponctuelle : par exemple, adaptations circonscrites sur ouvrage géotechnique bien délimité, analyse de singularités, survenance d'un risque non identifié préalablement, causes géotechniques de la survenance d'un désordre, étude des solutions de renforcement d'un ouvrage existant...[…].

Tableau 1 — Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission	Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)	Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)	Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)	Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2)Phase Projet (PRO)	Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT	Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage		
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4)Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)	Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Tableau 2 — Classification des missions types d'ingénierie géotechnique

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning révisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- **Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).**
- **donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.**

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

[…] »

Conditions d'utilisation des documents d'ANTILLES GEOTECHNIQUE[15]

« 1. Cadre de la mission

Par référence à la norme NF P 94-500 sur les missions d'ingénierie géotechnique (en particulier extrait de 2 pages du chapitre 4 joint à nos offres et à nos rapports), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions d'ingénierie géotechnique nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art. L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution. En particulier :

- les missions d'étude géotechnique préliminaire de site (G11), d'étude géotechnique d'avant-projet (G12), d'étude géotechnique de projet (G2), d'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), de supervision géotechnique d'exécution (G4) sont réalisées dans l'ordre successif ;
- exceptionnellement, une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante après accord explicite, le client confiant obligatoirement le complément de la mission à un autre prestataire spécialisé en ingénierie géotechnique ;
- l'exécution d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et sur l'exactitude des résultats qu'elle fournit ;
- toute mission d'ingénierie géotechnique n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport ;
- toute mission d'étude géotechnique préliminaire de site, d'étude géotechnique d'avant-projet ou de diagnostic géotechnique exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques. De convention expresse, la responsabilité de notre société ne peut être engagée que dans l'hypothèse où la mission suivante d'étude géotechnique de projet lui est confiée ;
- une mission d'étude géotechnique de projet G2 engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'œuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission d'ingénierie géotechnique objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

2. Recommandations

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une investigation du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés à l'ingénierie géotechnique chargée de l'étude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3) afin qu'elle en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution voire la conception de l'ouvrage géotechnique. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

3. Rapport de la mission

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission d'ingénierie géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission. Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés : un par le client et le second par notre société. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires. »

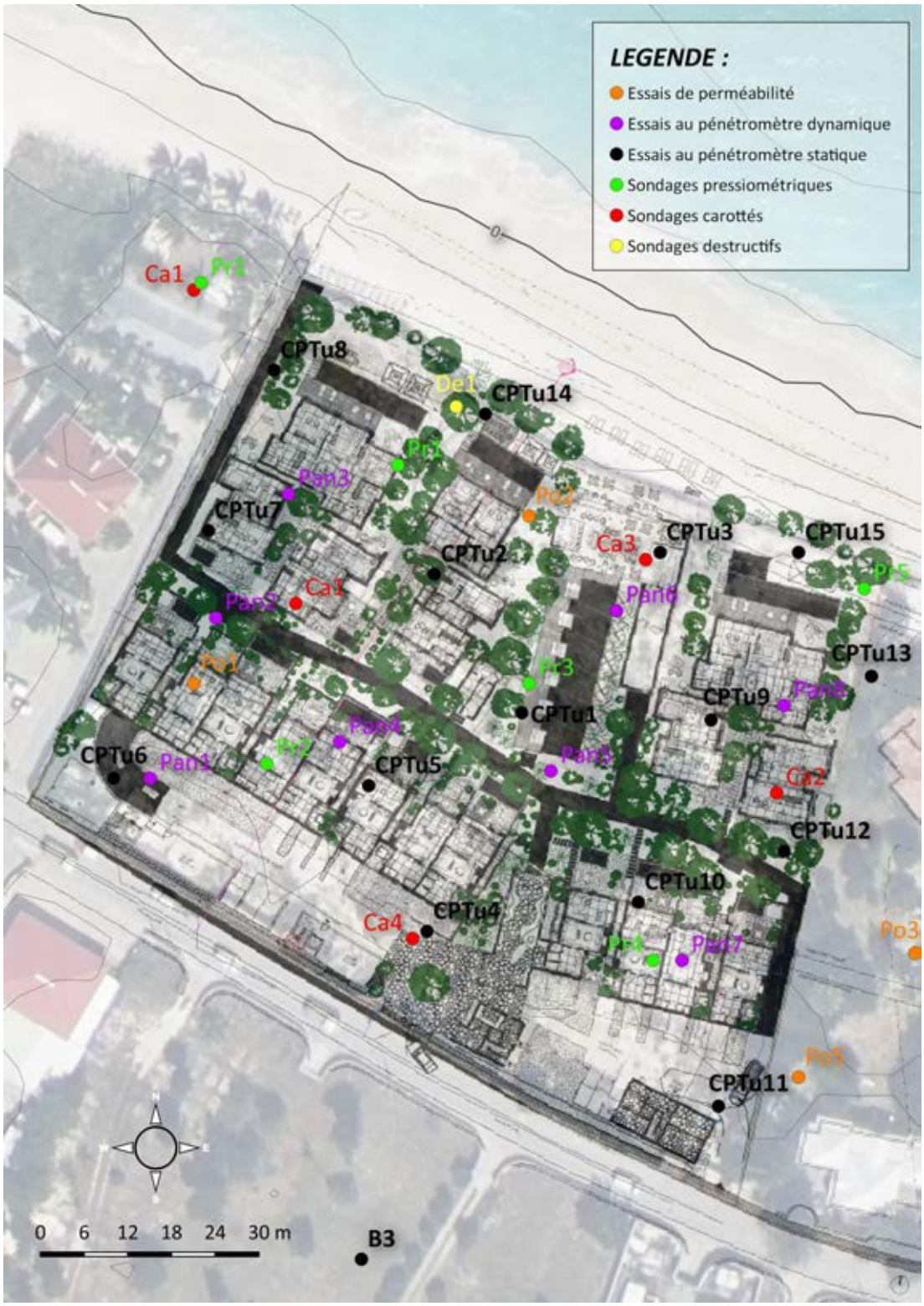
[15] *Extrait des recommandations de l'USG actualisées au 26/04/2007*

ANNEXE 2 :

Plans d'implantation des reconnaissances

Plan d'implantation des reconnaissances

2



Antilles GEOTECHNIQUE	**SAS SJBREI**
	Hôtel ETOILE à Saint Jean
Dossier n°1911-001	COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

ANNEXE 3 :

Sondages et essais des campagnes de reconnaissances antérieures

Plan d'implantation des reconnaissances

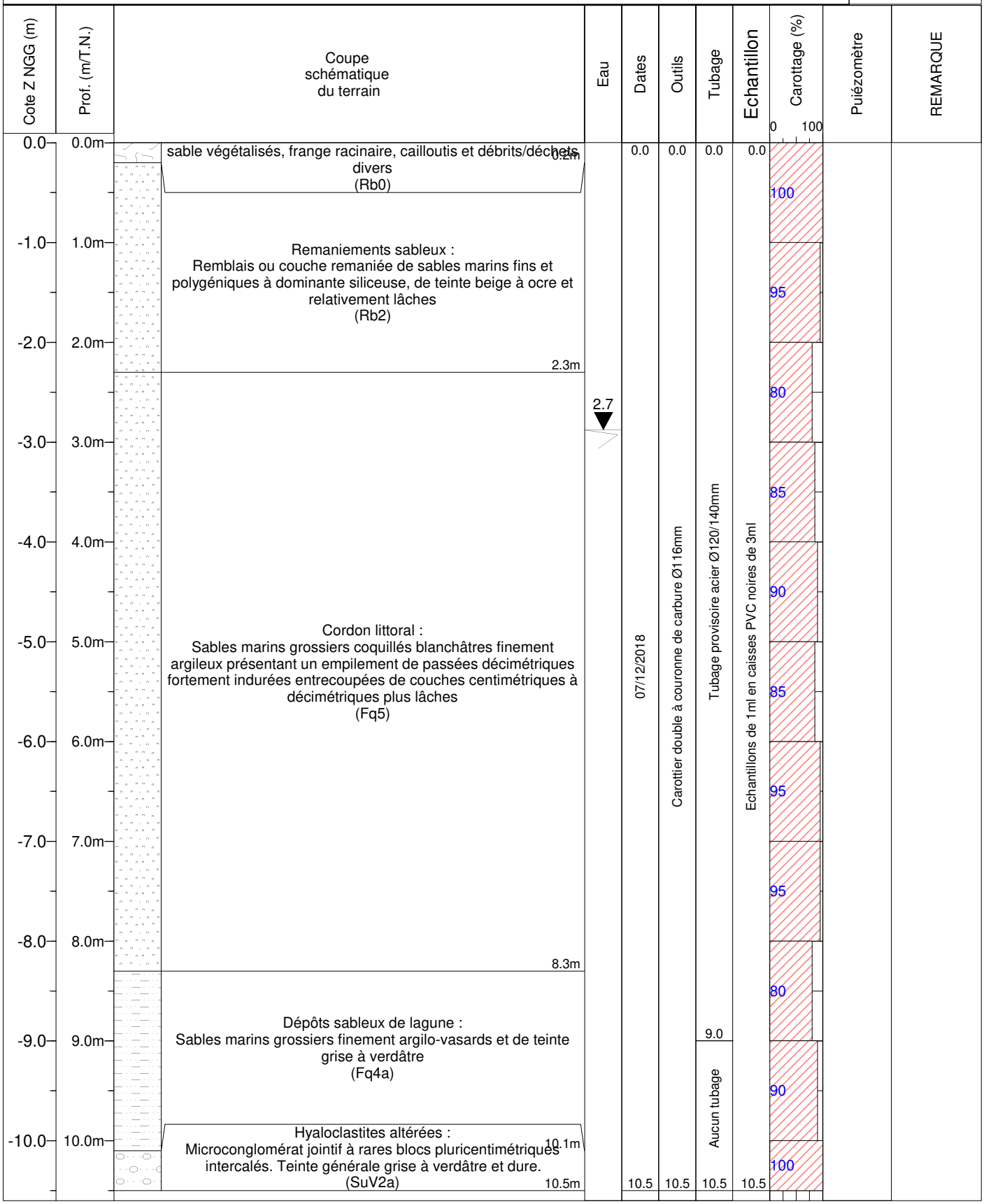
2

Antilles GEOTECHNIQUE	**SBDHI**
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean
Dossier n°1811-039	COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

SONDAGE CAROTTE

Norme NF EN ISO 22-475-1

Ca1



LABCO Antilles

DOSSIER N° : 1811-039

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

SAINT BARTHELEMY

Date : 07/12/2018

Niv. d'eau (m/TN) : 2.7

X : 517108

Y : 1979461

Z (NGG) :

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL	Ca1
Planche photographique des échantillons prélevés en caisse	

Sondage carotté en site terrestre Ca1 de 0 à 6 m/TN

0.0 — **1.0**

1.0 — **2.0**

2.0 — **3.0**

3.0 — **4.0**

4.0 — **5.0**

5.0 — **6.0**

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1811-039/SOL1/Ca1

LABCO Antilles *Laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	**NIVEAU D'EAU : 2.7 m/TN** **DATE :** 07/12/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	**X :** 517108 m **Y :** 1979461 m **Z :** Non relevé
		DOSSIER : 1811-039

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL	Ca1
Planche photographique des échantillons prélevés en caisse	

Sondage carotté en site terrestre Ca1 de 6 m à 10.5 m/TN

6.0		7.0
7.0		8.0
8.0		9.0
9.0		10.0
10.0		11.0
11.0		12.0

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

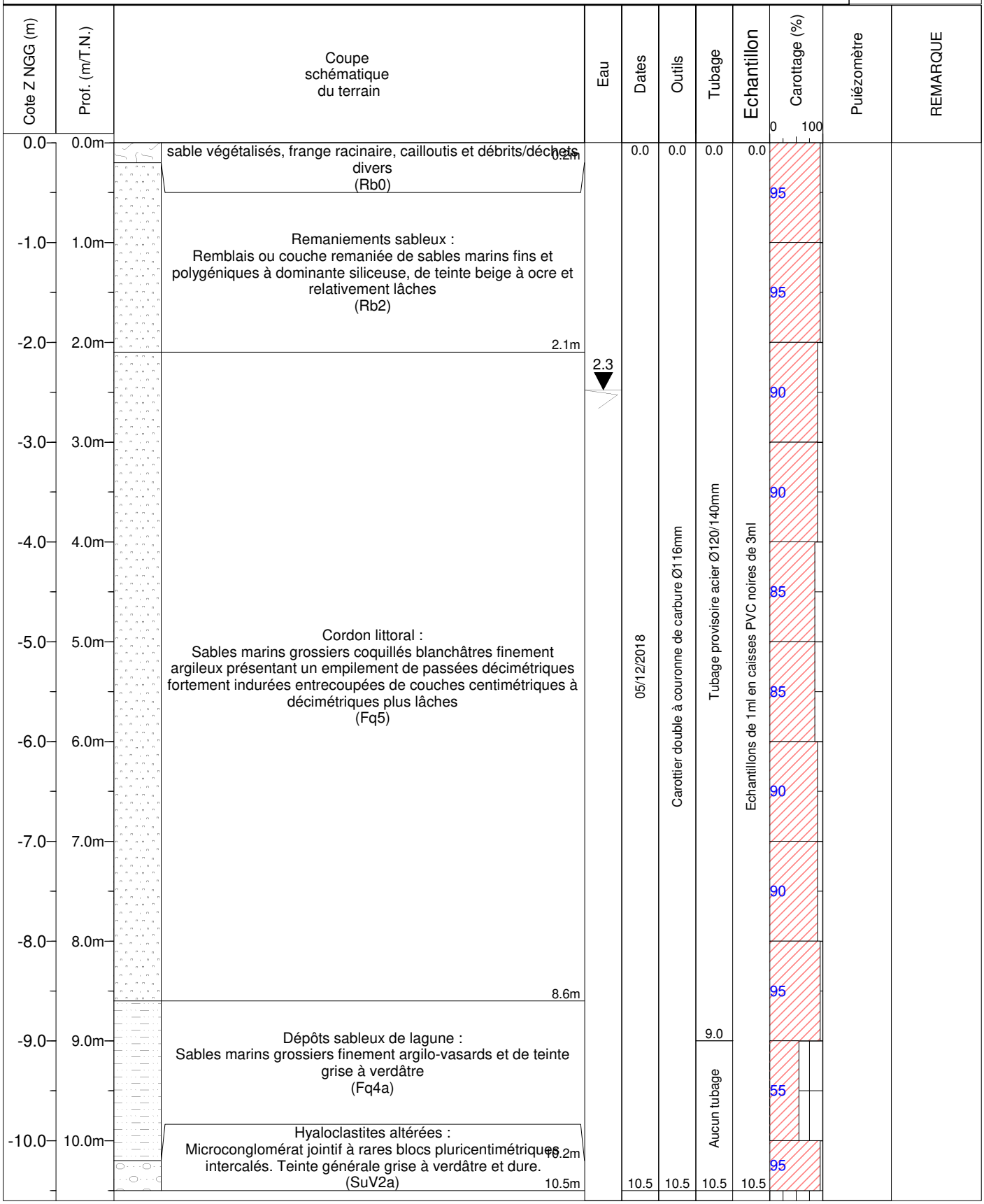
PV n°1811-039/SOL1/Ca1

LABCO Antilles *Laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	**NIVEAU D'EAU : 2.7 m/TN** **DATE :** 07/12/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	**X :** 517108 m **Y :** 1979461 m **Z :** Non relevé
		DOSSIER : 1811-039

SONDAGE CAROTTE

Norme NF EN ISO 22-475-1

Ca2



LABCO Antilles

DOSSIER N° : 1811-039

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

SAINT BARTHELEMY

Date : 05/12/2018

Niv. d'eau (m/TN) : 2.3

X : 517174

Y : 1979435

Z (NGG) :

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL	Ca2
Planche photographique des échantillons prélevés en caisse	

Sondage carotté en site terrestre Ca2 de 0 à 6 m/TN

0.0		1.0
1.0		2.0
2.0		3.0
3.0		4.0
4.0		5.0
5.0		6.0

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1811-039/SOL1/Ca2

LABCO Antilles *Laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	**NIVEAU D'EAU : 2.3 m/TN** **DATE :** 07/12/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	**X :** 517174 m **Y :** 1979435 m **Z :** Non relevé
		DOSSIER : 1811-039

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL	Ca2
Planche photographique des échantillons prélevés en caisse	

Sondage carotté en site terrestre Ca2 de 6 m à 10.5 m/TN

6.0		7.0
7.0		8.0
8.0		9.0
9.0		10.0
10.0		11.0
11.0		12.0

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1811-039/SOL1/Ca2

LABCO Antilles — *Laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	**NIVEAU D'EAU : 2.3 m/TN**
		DATE : 07/12/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	**X :** 517174 m **Y :** 1979435 m **Z :** Non relevé
		DOSSIER : 1811-039

LABCO Antilles

Dossier n°1811-039

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

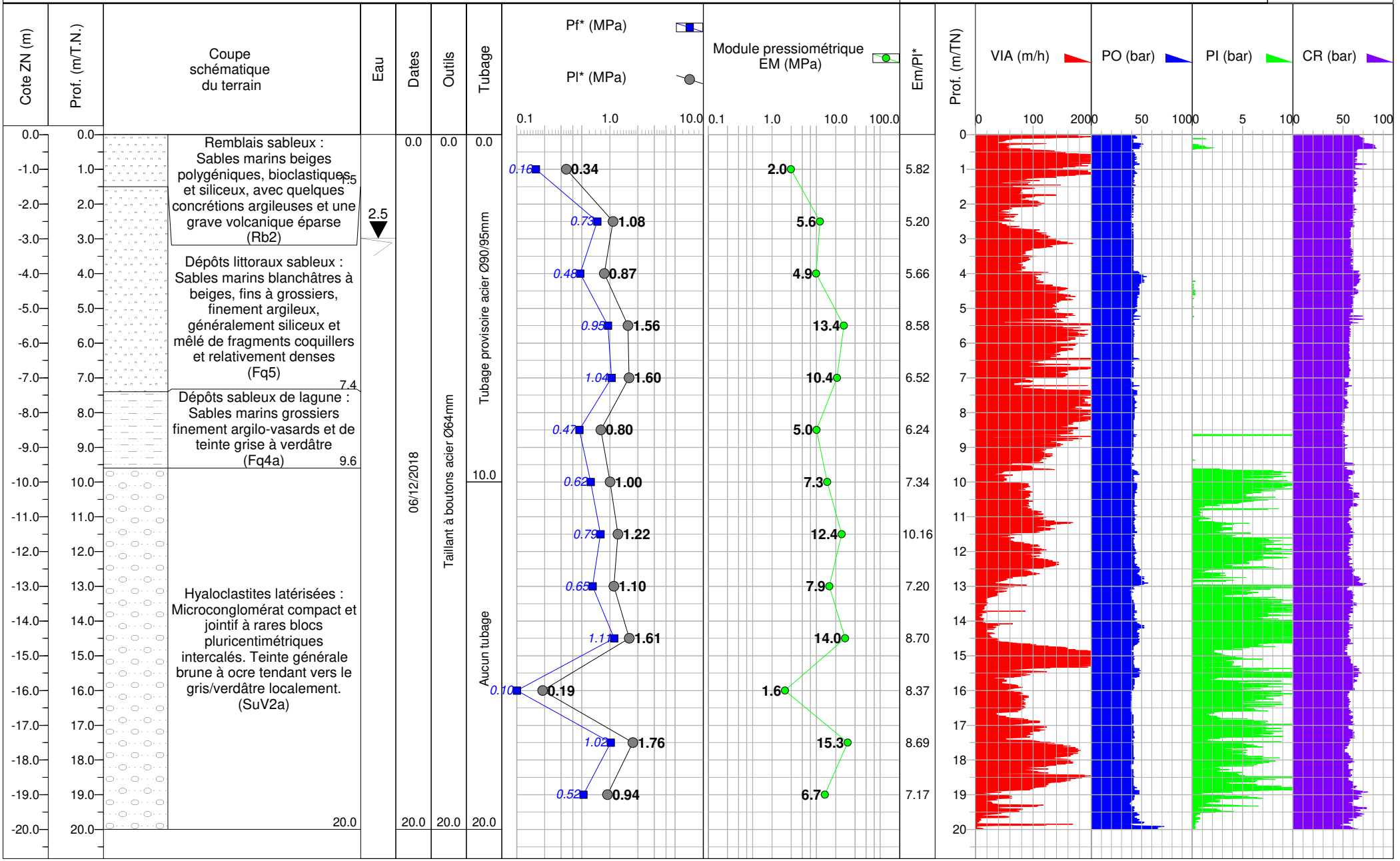
SAINT BARTHELEMY

X (m) : 517122
Y (m) : 1979439
Z (NGG) :
Niveau d'eau (m) : 2.5

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

Norme NF P94 110-1

Pr1



LABCO Antilles

Dossier n°1811-039

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

SAINT BARTHELEMY

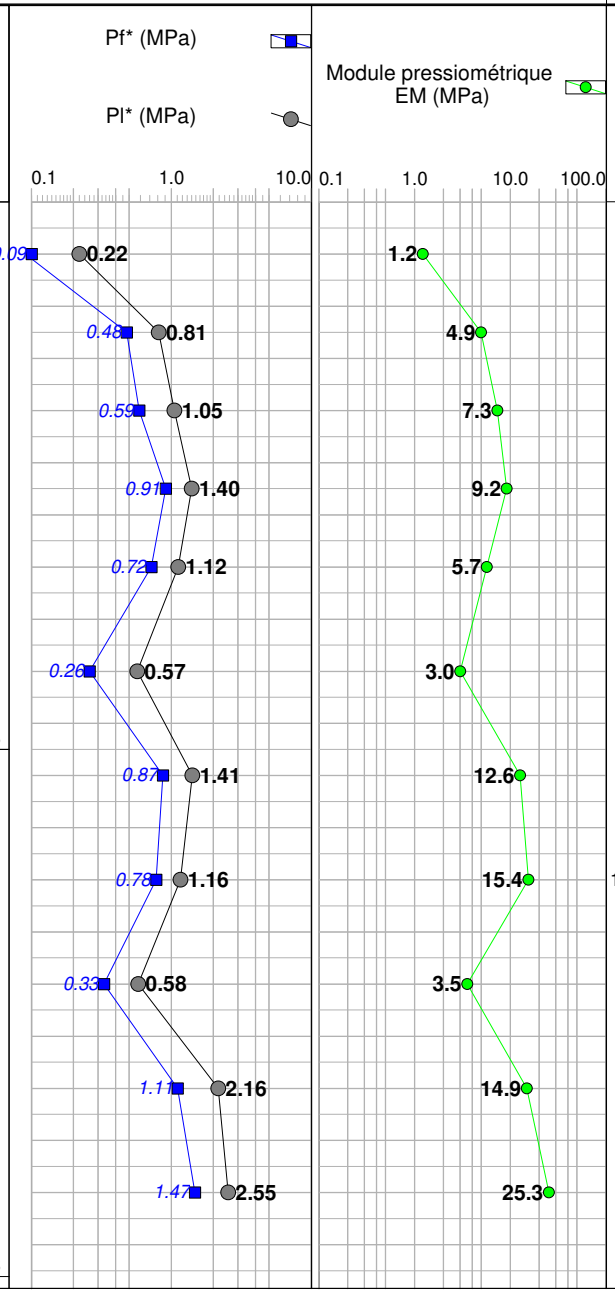
X (m) : 517122
Y (m) : 1979439
Z (NGG) :
Niveau d'eau (m) : 2.6

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

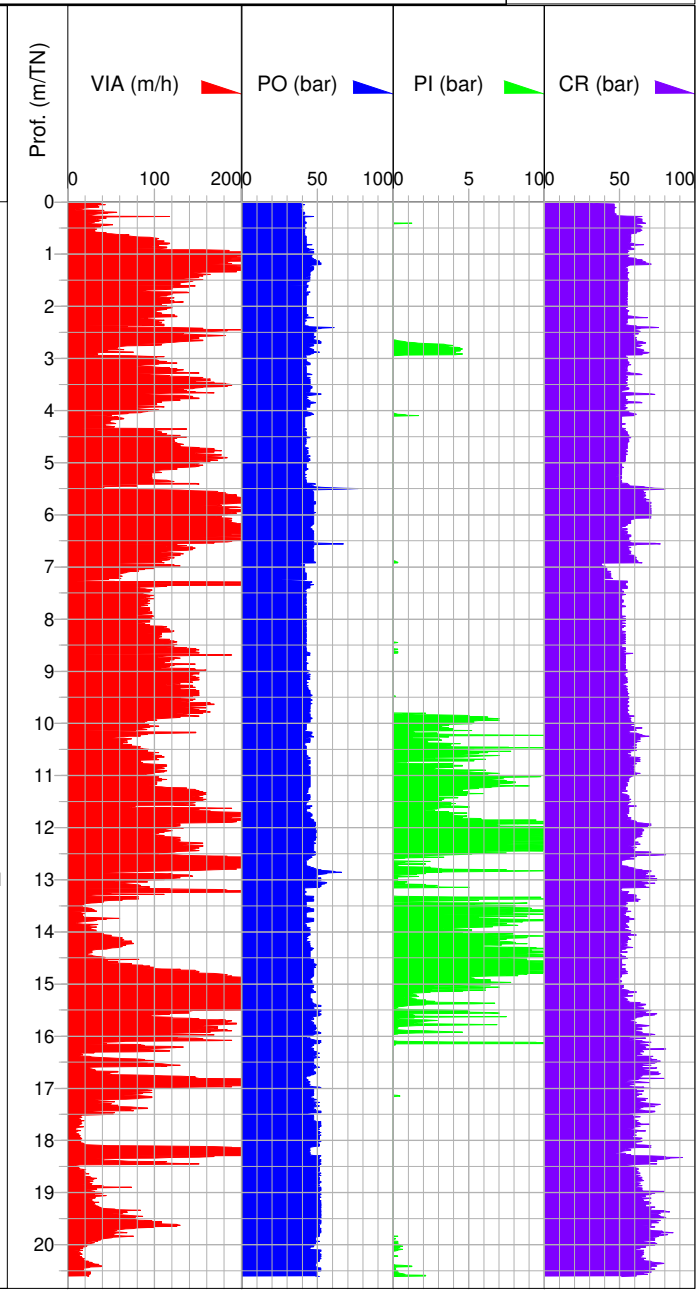
Norme NF P94 110-1

Pr2

Cote ZN (m)	Prof. (m/T.N.)	Coupe schématique du terrain	Eau	Dates	Outils	Tubage
0.0	0.0	Remblais sableux : Sables marins beiges polygéniques, bioclastiques et siliceux, avec quelques concrétions argileuses et une grave volcanique éparse (Rb2)		0.0	0.0	0.0
-1.5	1.5					
-2.6	2.6		▼			
-3.0	3.0	Dépôts littoraux sableux : Sables marins blanchâtres à beiges, fins à grossiers, finement argileux, généralement siliceux et mêlé de fragments coquillers et relativement denses (Fq5)				
-9.2	9.2	Dépôts sableux de lagune : Sables marins grossiers finement argilo-vasards et de teinte grise à verdâtre (Fq4a)				
-10.6	10.6					10.5
-11.0	11.0	Hyaloclastites latérisées : Microconglomérat compact et jointif à rares blocs pluricentimétriques intercalés. Teinte générale brune à ocre tendant vers le gris/verdâtre localement. (SuV2a)		30/11/2018	Taillant à boutons acier Ø64mm	Tubage provisoire acier Ø90/95mm
-20.6	20.6			20.6	20.6	20.6
						Aucun tubage



Em/Pl*
5.55
6.09
6.99
6.54
5.06
5.26
8.94
13.31
6.10
6.90
9.93



LABCO Antilles

Dossier n°1811-039

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

SAINT BARTHELEMY

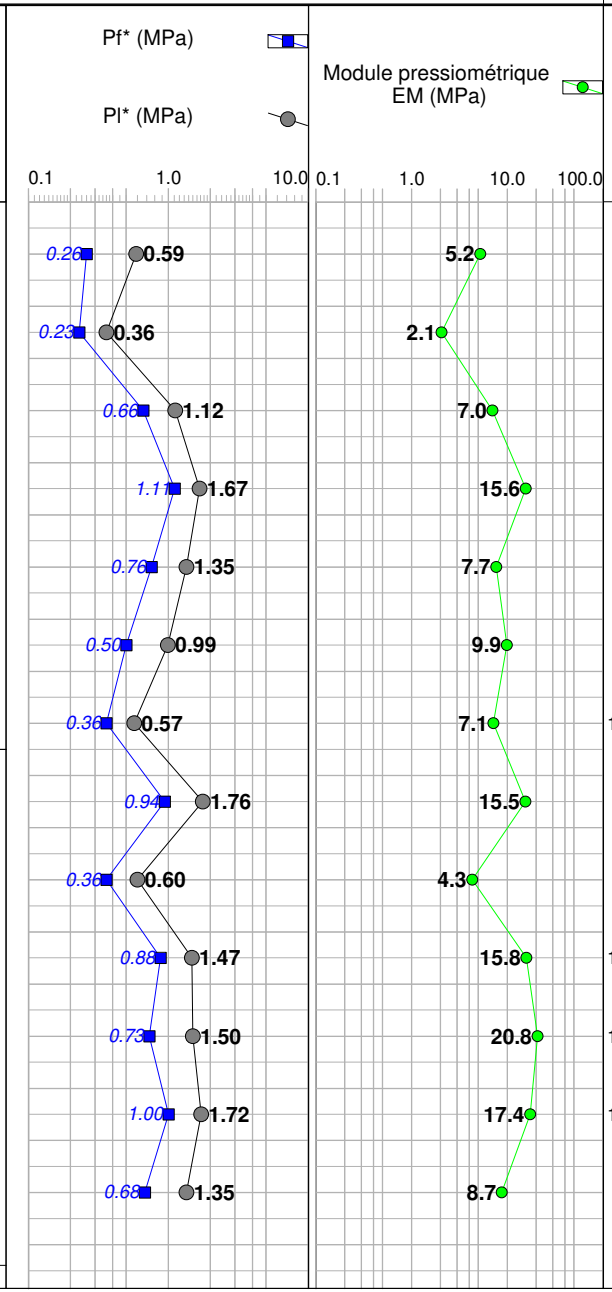
X (m) : 517140
Y (m) : 1979450
Z (NGG) :
Niveau d'eau (m) : 2.5

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

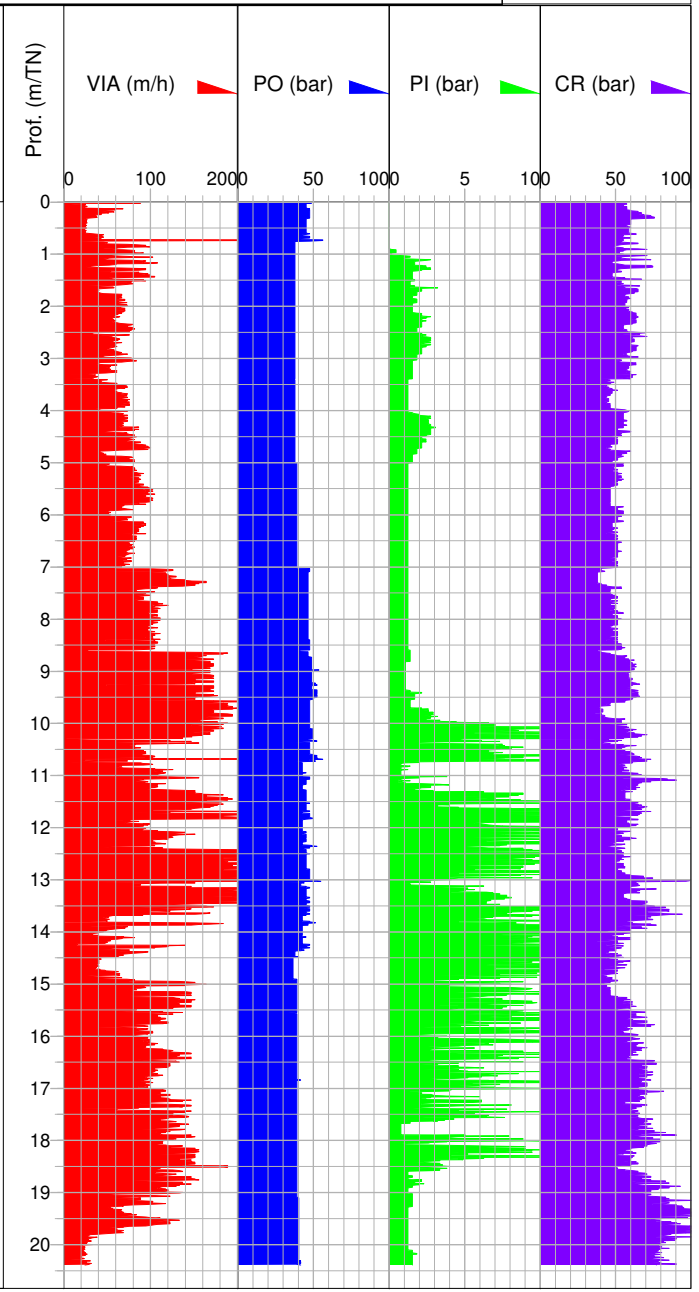
Norme NF P94 110-1

Pr3

Cote ZN (m)	Prof. (m/T.N.)	Coupe schématique du terrain	Eau	Dates	Outils	Tubage
0.0	0.0	Remblais sableux : Sables marins beiges polygéniques, bioclastiques et siliceux, avec quelques concrétions argileuses et une grave volcanique éparse (Rb2)	2.5	0.0	0.0	0.0
-1.0	1.0					
-2.0	2.0					
-3.0	3.0					
-4.0	4.0	Dépôts littoraux sableux : Sables marins blanchâtres à beiges, fins à grossiers, finement argileux, généralement siliceux et mêlé de fragments coquillers et relativement denses (Fq5)				
-5.0	5.0					
-6.0	6.0					
-7.0	7.0					
-8.0	8.0					
-9.0	9.0	Dépôts sableux de lagune : Sables marins grossiers finement argilo-vasards et de teinte grise à verdâtre (Fq4a)		29/11/2018	Taillant à boutons acier Ø64mm	Tubage provisoire acier Ø90/95mm
-10.0	10.0					10.5
-11.0	11.0	Hyaloclastites latérisées : Microconglomérat compact et jointif à rares blocs pluricentimétriques intercalés. Teinte générale brune à ocre tendant vers le gris/verdâtre localement. (SuV2a)				Aucun tubage
-12.0	12.0					
-13.0	13.0					
-14.0	14.0					
-15.0	15.0					
-16.0	16.0					
-17.0	17.0					
-18.0	18.0					
-19.0	19.0					
-20.0	20.0	20.4		20.4	20.4	20.4



Em/Pl*
8.85
5.72
6.22
9.35
5.68
9.98
12.51
8.81
7.18
10.73
13.83
10.10
6.47



LABCO Antilles

Dossier n°1811-039

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

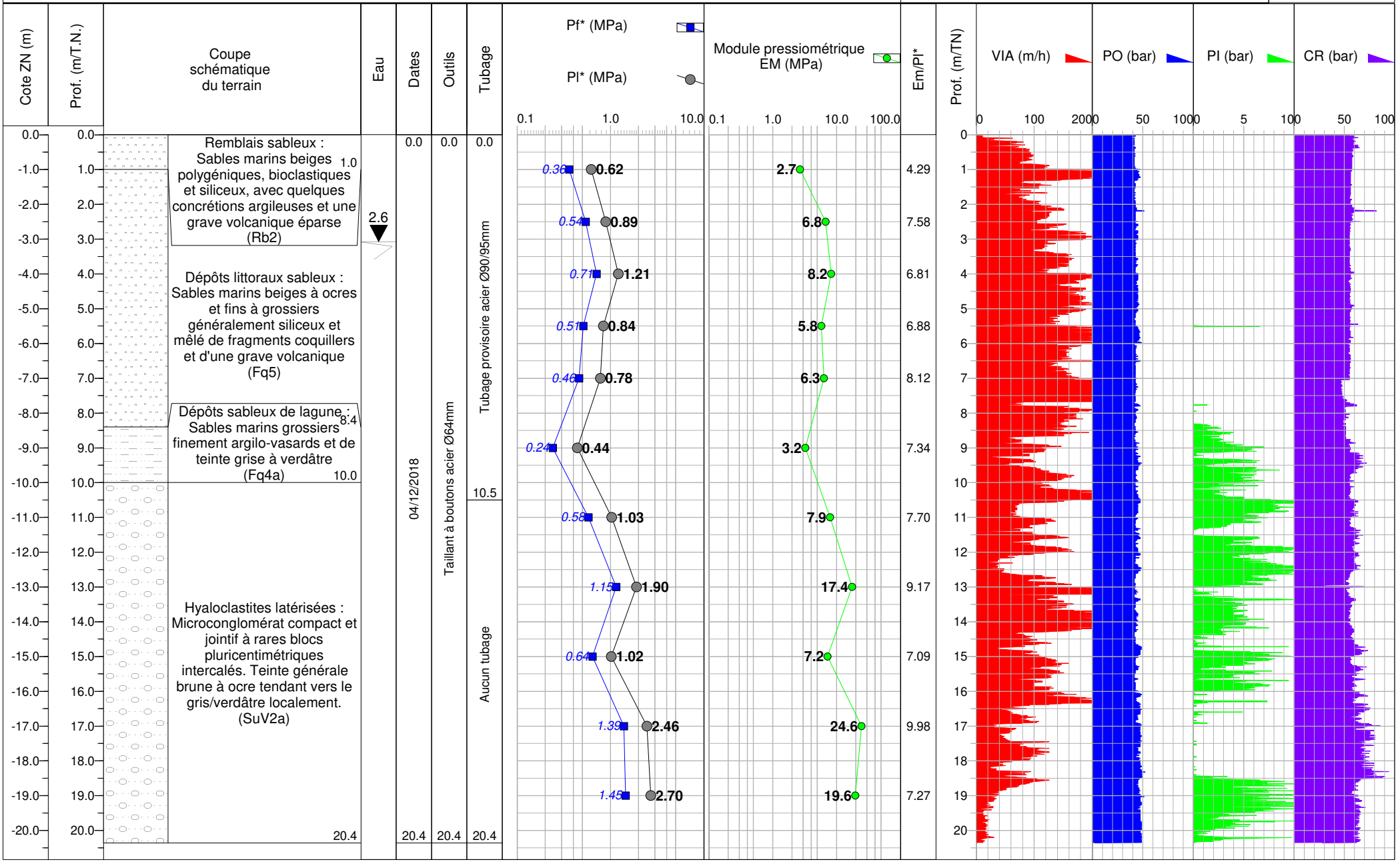
SAINT BARTHELEMY

X (m) : 517157
Y (m) : 1979412
Z (NGG) :
Niveau d'eau (m) : 2.6

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

Norme NF P94 110-1

Pr4



LABCO Antilles

Dossier n°1811-039

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

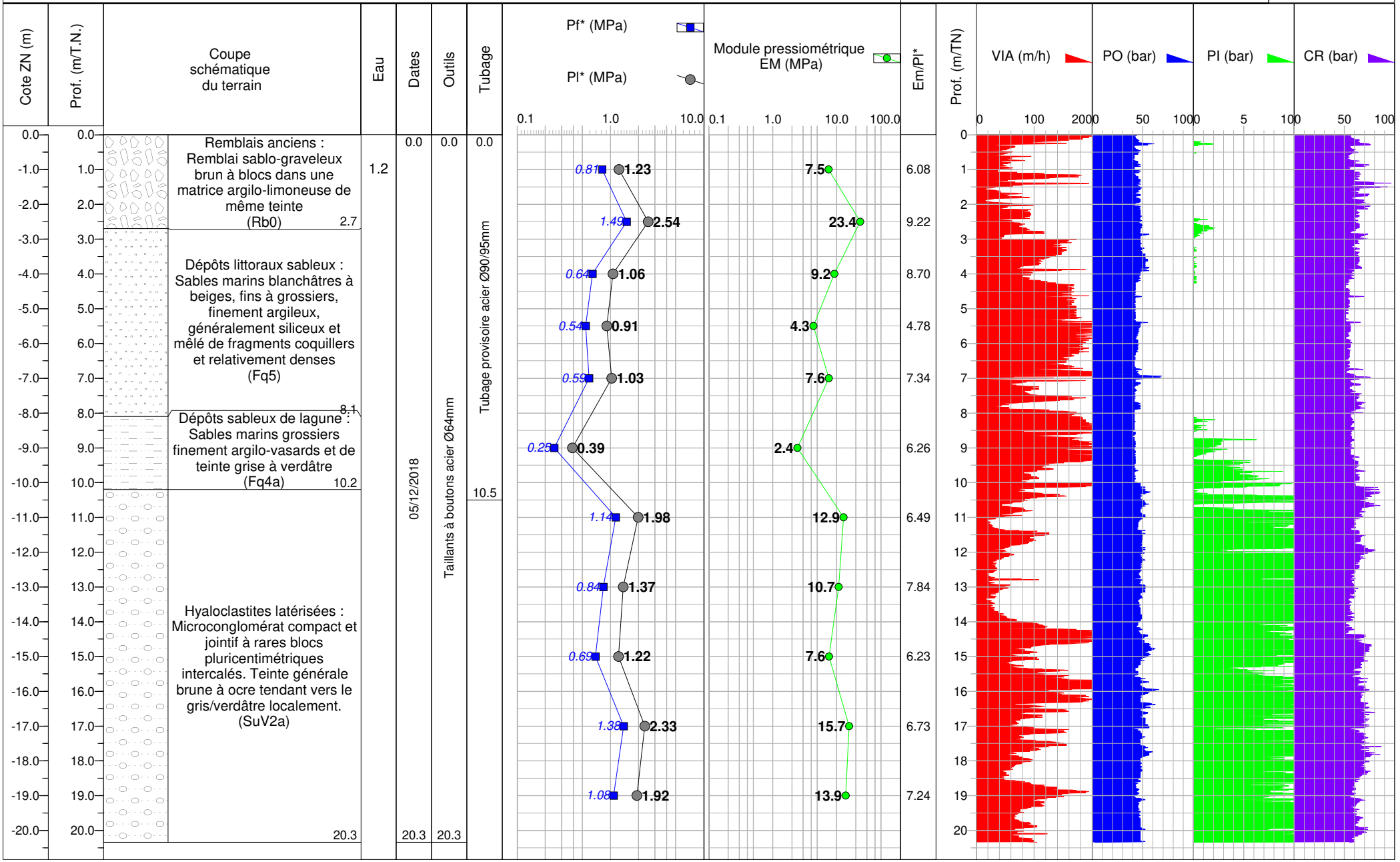
SAINT BARTHELEMY

X (m) : 517186
Y (m) : 1979463
Z (NGG) :
Niveau d'eau (m) : 1.2

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

Norme NF P94 110-1

Pr5



MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL Norme NFP 94-068	1

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*8.35*	*8.41*	
Masse humide + tare (g)	*116.41*	*121.58*	
Masse sèche + tare (g)	*97.57*	*101.96*	
	21.1%	*21.0%*	**21.0%**

Nature du matériau testé	*Sables bruns fins*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*12*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*51.9*	
Proportion de la fraction 0/5mm	C	*99.77%*	
	$VBS = \frac{C.V_{bleu}}{M_{d0}} =$		**0.23**

<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

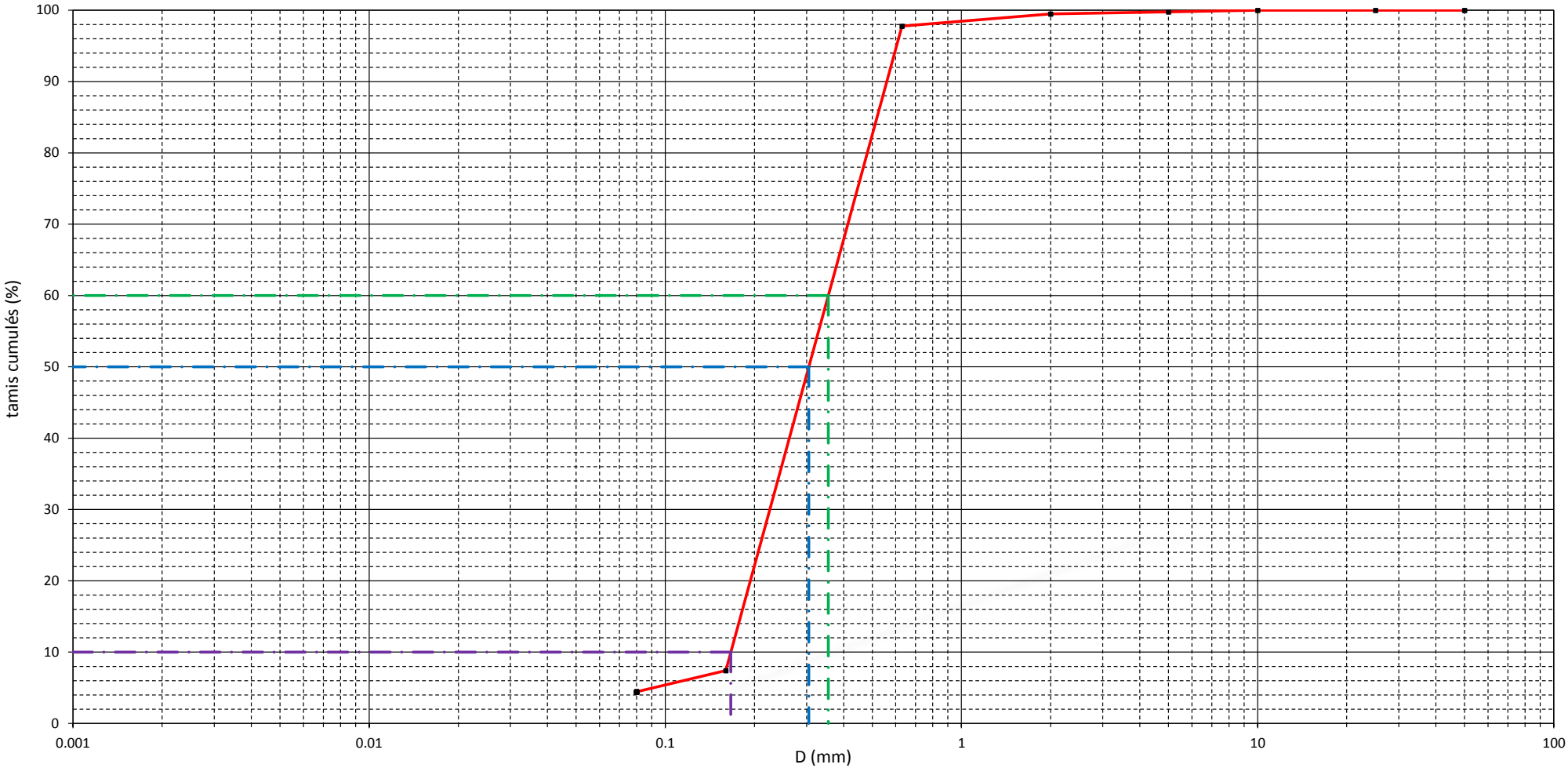
Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

Essais réalisés par : L. CAROUPANAPOULLE

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	REFERENCE : Ca1 / 1 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1811-039		DATE D'ESSAI : 19/12/2018

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE
Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

1



NATURE DE L'ECHANTILLON
Sables bruns fins

D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm
5.00	0.355	0.305	0.166	2.13	SO	4.4 %	99.5 %

Teneur en eau
21 %

LABCO Antilles

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

REFERENCES : **Ca1 / 1 m**	**Dossier n°1811-039**
COMMUNE : SAINT BARTHELEMY	DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm	DATE D'ESSAI : 18/12/2018

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

2

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*356.99*	*208.87*	
Masse parafinée (g)	*364.53*	*214.84*	
Masse immergé (g)	*183.55*	*105.42*	
	20.7	*20.3*	**20.5**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*8.43*	*8.42*	
Masse humide + tare (g)	*112.44*	*130.28*	
Masse sèche + tare (g)	*92.21*	*106.84*	
	24.1%	*23.8%*	**24.0%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*16.7*	*16.4*	**16.5**
Porosité n (%)*	*37.1%*	*38.1%*	**37.6%**
Indice des vides e	*0.59*	*0.61*	**0.60**
Degré de saturation S_r (%)	*100.0%*	*100.0%*	**100.0%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*22.3%*	*23.2%*	**22.7%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*20.4*	*20.2*	**20.3**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : L. CAROUPANAPOULLE

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	REFERENCE : Ca1 / 4 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1811-039		DATE D'ESSAI : 18/12/2018

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL Norme NFP 94-068	2

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*8.43*	*8.42*	
Masse humide + tare (g)	*112.44*	*130.28*	
Masse sèche + tare (g)	*92.21*	*106.84*	
	24.1%	*23.8%*	**24.0%**

Nature du matériau testé	*Sables marins coquillés blancs*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*7*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*51.96*	
Proportion de la fraction 0/5mm	*C*	*100.00%*	
	$VBS = \frac{C.V_{bleu}}{M_{d0}} =$		**0.13**

Remarque : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

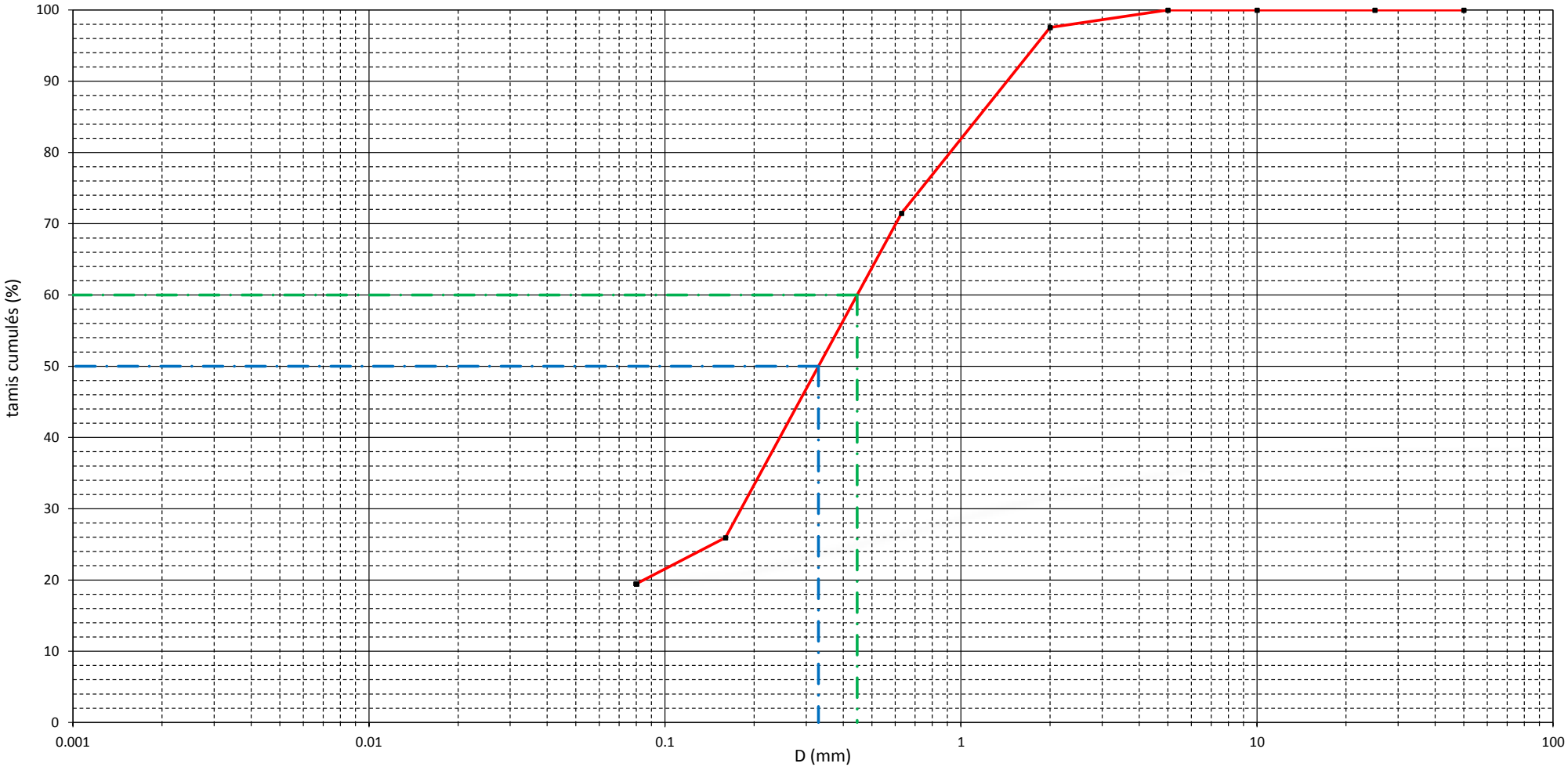
Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

Essais réalisés par : L. CAROUPANAPOULLE

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	REFERENCE : Ca1 / 4 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1811-039		DATE D'ESSAI : 19/12/2018

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE
Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

2



NATURE DE L'ECHANTILLON	D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm	Teneur en eau
Sables marins coquillés blancs	10.00	0.446	0.330	SO	>5.57	SO	19.5 %	97.5 %	24 %

LABCO Antilles

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

REFERENCES : **Ca1 / 4 m**

COMMUNE : SAINT BARTHELEMY

MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm

Dossier n°1811-039

DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018

DATE D'ESSAI : 18/12/2018

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

3

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*424.94*	*305.64*	
Masse parafinée (g)	*430.12*	*311.55*	
Masse immergé (g)	*201.08*	*152.09*	
	19.0	*20.0*	**19.5**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*8.47*	*8.44*	
Masse humide + tare (g)	*110.72*	*108.13*	
Masse sèche + tare (g)	*87.07*	*87.02*	
	30.1%	*26.9%*	**28.5%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*14.6*	*15.8*	**15.2**
Porosité n (%)*	*44.8%*	*40.5%*	**42.7%**
Indice des vides e	*0.81*	*0.68*	**0.75**
Degré de saturation S_r (%)	*98.3%*	*100.0%*	**99.1%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*30.6%*	*25.7%*	**28.2%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*19.1*	*19.8*	**19.5**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : L. CAROUPANAPOULLE

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	REFERENCE : Ca1 / 7 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1811-039		DATE D'ESSAI : 18/12/2018

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL Norme NFP 94-068	3

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*8.47*	*8.44*	
Masse humide + tare (g)	*110.72*	*108.13*	
Masse sèche + tare (g)	*87.07*	*87.02*	
	30.1%	*26.9%*	**28.5%**

Nature du matériau testé	*Sables marins coquillés blancs*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*5*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*53.51*	
Proportion de la fraction 0/5mm	*C*	*99.72%*	
	$VBS = \frac{C.V_{bleu}}{M_{d0}} =$		**0.09**

<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

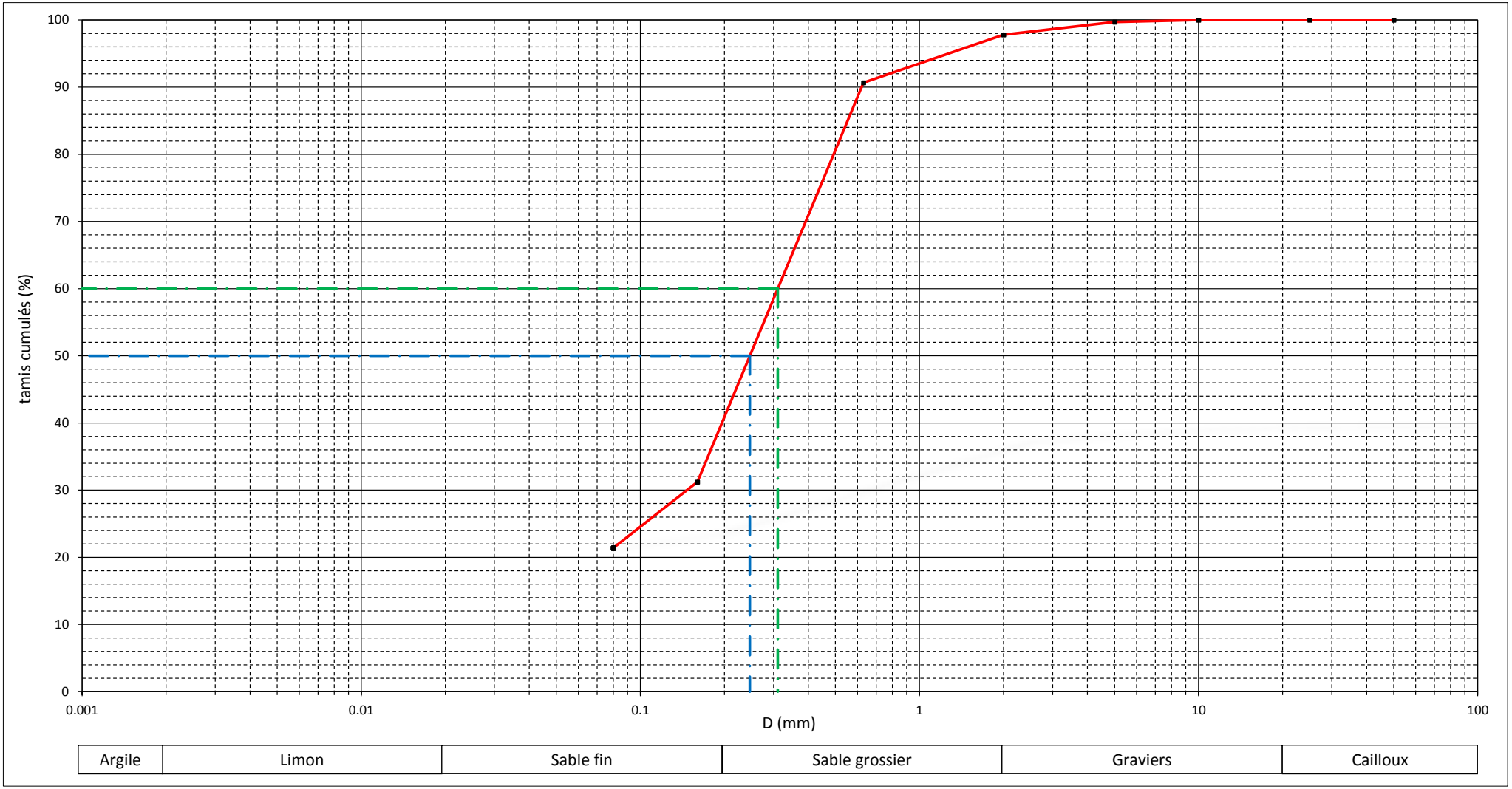
Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

Essais réalisés par : L. CAROUPANAPOULLE

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	REFERENCE : Ca1 / 7 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1811-039		DATE D'ESSAI : 19/12/2018

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE
Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

3



NATURE DE L'ECHANTILLON	D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm	Teneur en eau
Sables marins coquillés blancs	10.00	0.446	0.247	SO	>5.57	SO	21.4 %	97.8 %	28.5 %

LABCO Antilles

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

REFERENCES : Ca1 / 7 m	**Dossier n°1811-039**
COMMUNE : SAINT BARTHELEMY	DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm	DATE D'ESSAI : 18/12/2018

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

4

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*287.08*	*195.09*	
Masse parafinée (g)	*291.83*	*199.01*	
Masse immergé (g)	*142.94*	*93.41*	
	20.0	*19.3*	**19.6**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*8.48*	*8.52*	
Masse humide + tare (g)	*115.45*	*115.76*	
Masse sèche + tare (g)	*93.40*	*95.27*	
	26.0%	*23.6%*	**24.8%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*15.9*	*15.6*	**15.7**
Porosité n (%)*	*40.1%*	*41.2%*	**40.6%**
Indice des vides e	*0.67*	*0.70*	**0.68**
Degré de saturation S_r (%)	*100.0%*	*89.4%*	**94.7%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*25.3%*	*26.4%*	**25.8%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*19.9*	*19.7*	**19.8**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : L. CAROUPANAPOULLE

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	REFERENCE : Ca1 / 9 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1811-039		DATE D'ESSAI : 18/12/2018

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL Norme NFP 94-068	4

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*8.48*	*8.52*	
Masse humide + tare (g)	*115.45*	*115.76*	
Masse sèche + tare (g)	*93.40*	*95.27*	
	26.0%	*23.6%*	**24.8%**

Nature du matériau testé	*Sables marins vasards gris*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*6*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*55.21*	
Proportion de la fraction 0/5mm	*C*	*94.23%*	
	$VBS = \frac{C.V_{bleu}}{M_{d0}} =$		**0.10**

<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

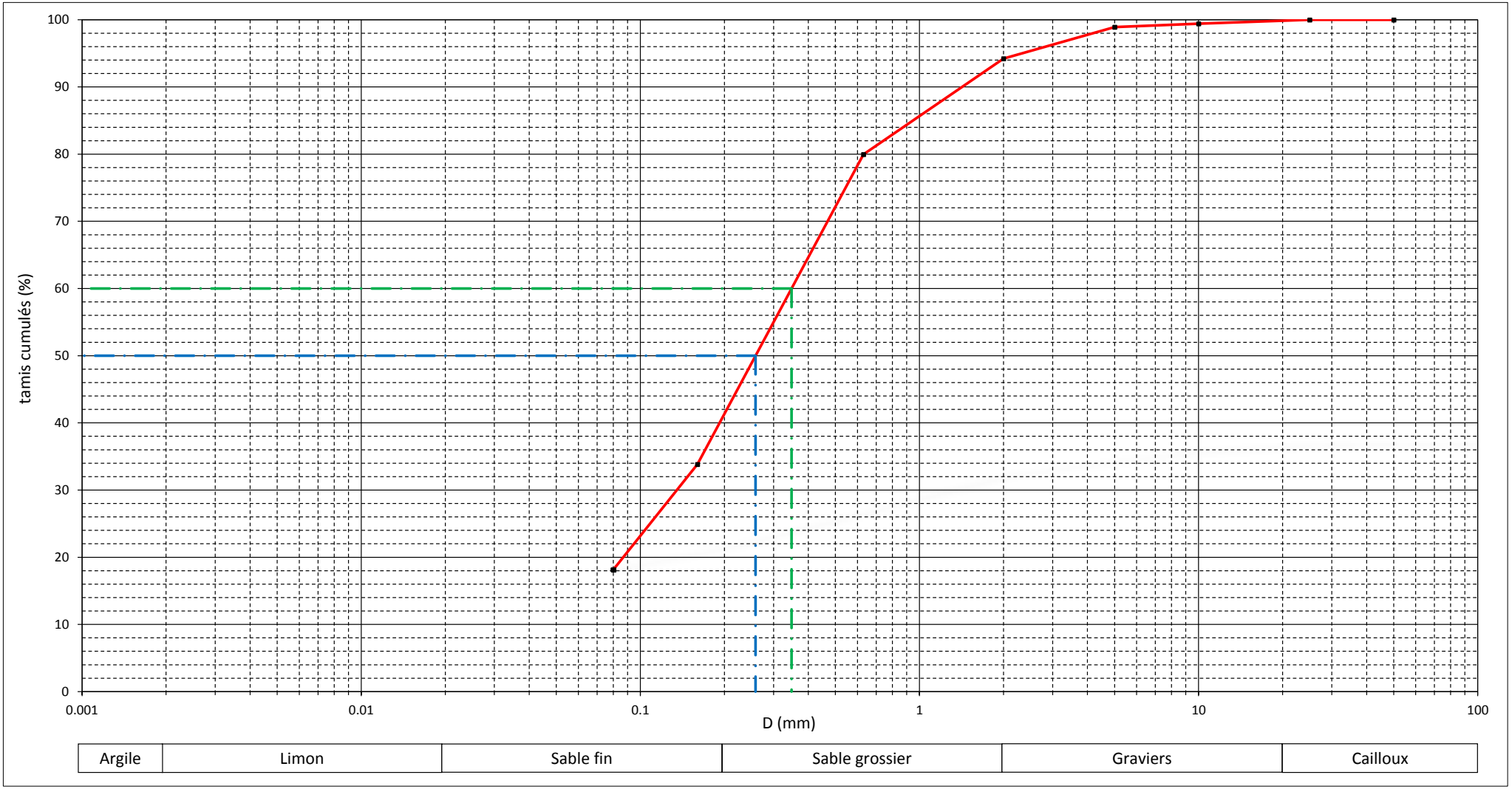
Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

Essais réalisés par : L. CAROUPANAPOULLE

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	REFERENCE : Ca1 / 9 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1811-039		DATE D'ESSAI : 19/12/2018

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE
Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

4



NATURE DE L'ECHANTILLON
Sables marins vasards gris

D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm
25.00	0.348	0.259	SO	>4.35	SO	18.1 %	94.2 %

Teneur en eau
24.8 %

LABCO Antilles

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

REFERENCES : **Ca1 / 9 m**	**Dossier n°1811-039**
COMMUNE : SAINT BARTHELEMY	DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm	DATE D'ESSAI : 18/12/2018

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

5

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*202.03*	*228.82*	
Masse parafinée (g)	*205.22*	*232.02*	
Masse immergé (g)	*105.90*	*119.82*	
	21.1	*21.1*	**21.1**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*8.56*	*8.42*	
Masse humide + tare (g)	*107.35*	*105.69*	
Masse sèche + tare (g)	*91.54*	*90.25*	
	19.1%	*18.9%*	**19.0%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*17.7*	*17.7*	**17.7**
Porosité n (%)*	*33.1%*	*33.1%*	**33.1%**
Indice des vides e	*0.50*	*0.50*	**0.50**
Degré de saturation S_r (%)	*100.0%*	*100.0%*	**100.0%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*18.7%*	*18.7%*	**18.7%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*21.0*	*21.0*	**21.0**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : L. CAROUPANAPOULLE

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	REFERENCE : Ca1 / 10.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1811-039		DATE D'ESSAI : 18/12/2018

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL
Norme NFP 94-068

5

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*8.56*	*8.42*	
Masse humide + tare (g)	*107.35*	*105.69*	
Masse sèche + tare (g)	*91.54*	*90.25*	
	19.1%	*18.9%*	**19.0%**

Nature du matériau testé	*Latérite bune à verte raide*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*62*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*16.53*	
Proportion de la fraction 0/5mm	C	*94.23%*	
	$VBS = \frac{C.V_{bleu}}{M_{d0}} =$		**3.53**

<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

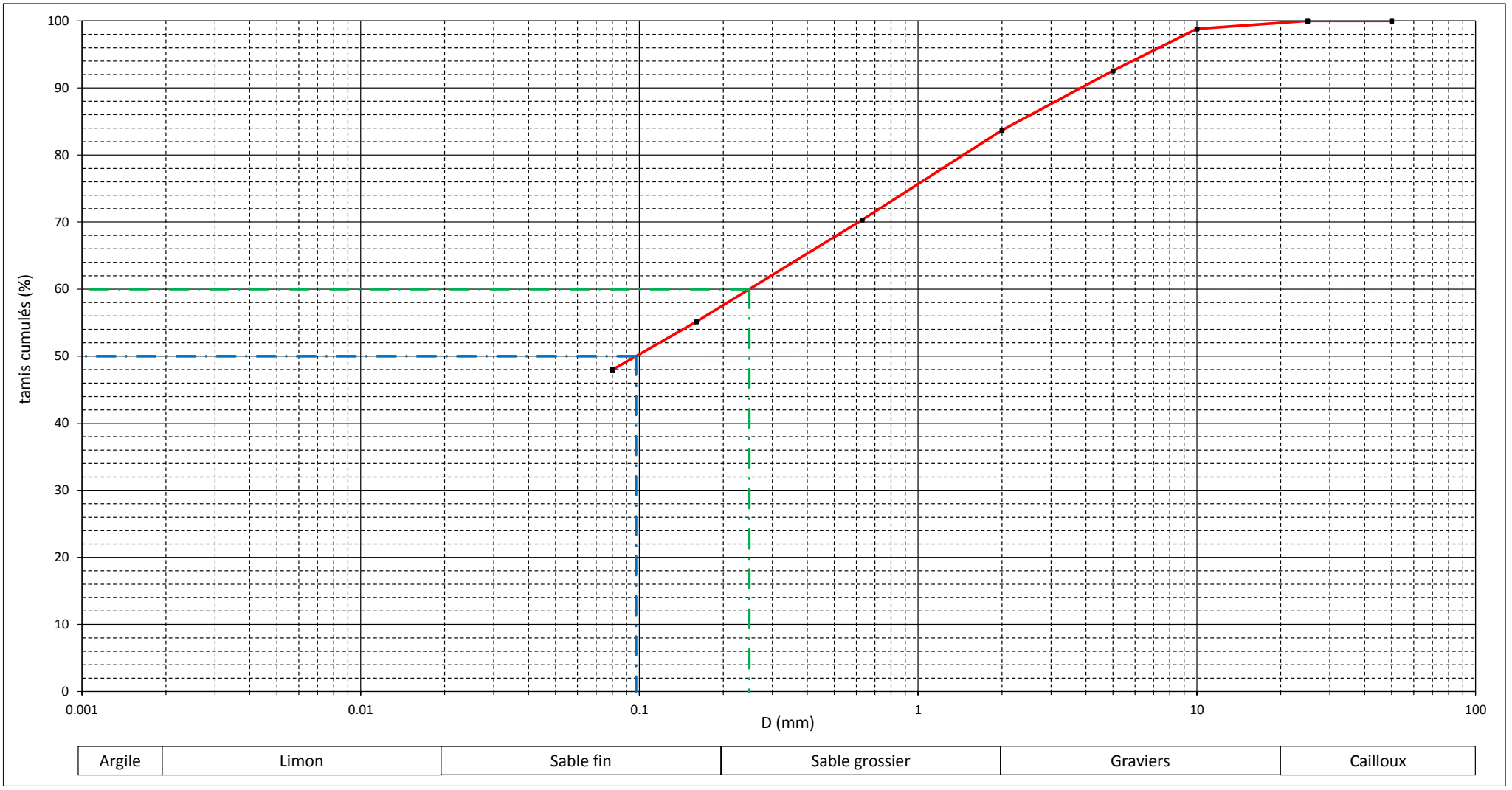
Argilosité du matériau	***Matériau argileux***

Essais réalisés par : L. CAROUPANAPOULLE

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	REFERENCE : Ca1 / 10.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1811-039		DATE D'ESSAI : 19/12/2018

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE
Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

5



NATURE DE L'ECHANTILLON
Latérite bune à verte raide

D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm
25.00	0.248	0.097	SO	>3.1	SO	48 %	83.7 %

Teneur en eau
19 %

LABCO Antilles

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

REFERENCES : **Ca1 / 10.5 m**

COMMUNE : SAINT BARTHELEMY

MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm

Dossier n°1811-039

DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018

DATE D'ESSAI : 18/12/2018

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL Norme NFP 94-068	6

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*8.46*	*8.38*	
Masse humide + tare (g)	*112.28*	*101.20*	
Masse sèche + tare (g)	*104.14*	*95.86*	
	8.5%	*6.1%*	**7.3%**

Nature du matériau testé	*Sables bruns fins*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*10*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*60.06*	
Proportion de la fraction 0/5mm	*C*	*94.23%*	
	$VBS = \frac{C.V_{bleu}}{M_{d0}} =$		**0.16**

<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

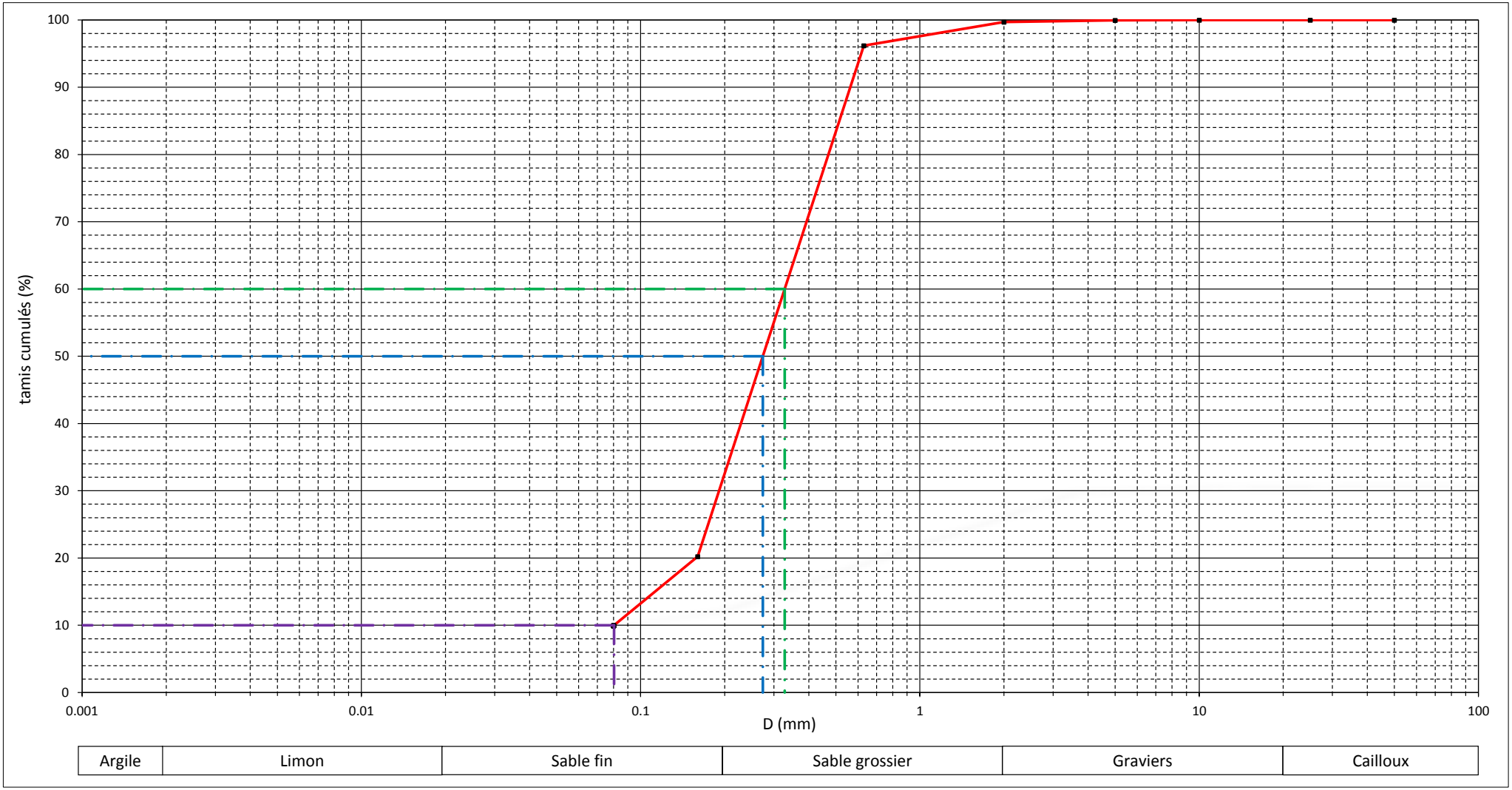
Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

Essais réalisés par : L. CAROUPANAPOULLE

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	REFERENCE : Ca2 / 1 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1811-039		DATE D'ESSAI : 19/12/2018

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE
Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

6



NATURE DE L'ECHANTILLON
Sables bruns fins

D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm
5.00	0.328	0.274	0.080	4.08	SO	9.9 %	99.7 %

Teneur en eau
7.3 %

LABCO Antilles

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

REFERENCES : **Ca2 / 1 m**	**Dossier n°1811-039**
COMMUNE : SAINT BARTHELEMY	DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm	DATE D'ESSAI : 18/12/2018

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

7

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*143.86*	*90.33*	
Masse parafinée (g)	*147.43*	*94.65*	
Masse immergé (g)	*77.61*	*49.35*	
	21.8	*22.3*	**22.1**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*8.28*	*8.46*	
Masse humide + tare (g)	*108.18*	*107.43*	
Masse sèche + tare (g)	*94.96*	*94.48*	
	15.3%	*15.1%*	**15.2%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*19.0*	*19.4*	**19.2**
Porosité n (%)*	*28.5%*	*26.8%*	**27.7%**
Indice des vides e	*0.40*	*0.37*	**0.38**
Degré de saturation S_r (%)	*100.0%*	*100.0%*	**100.0%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*15.0%*	*13.8%*	**14.4%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*21.8*	*22.1*	**21.9**

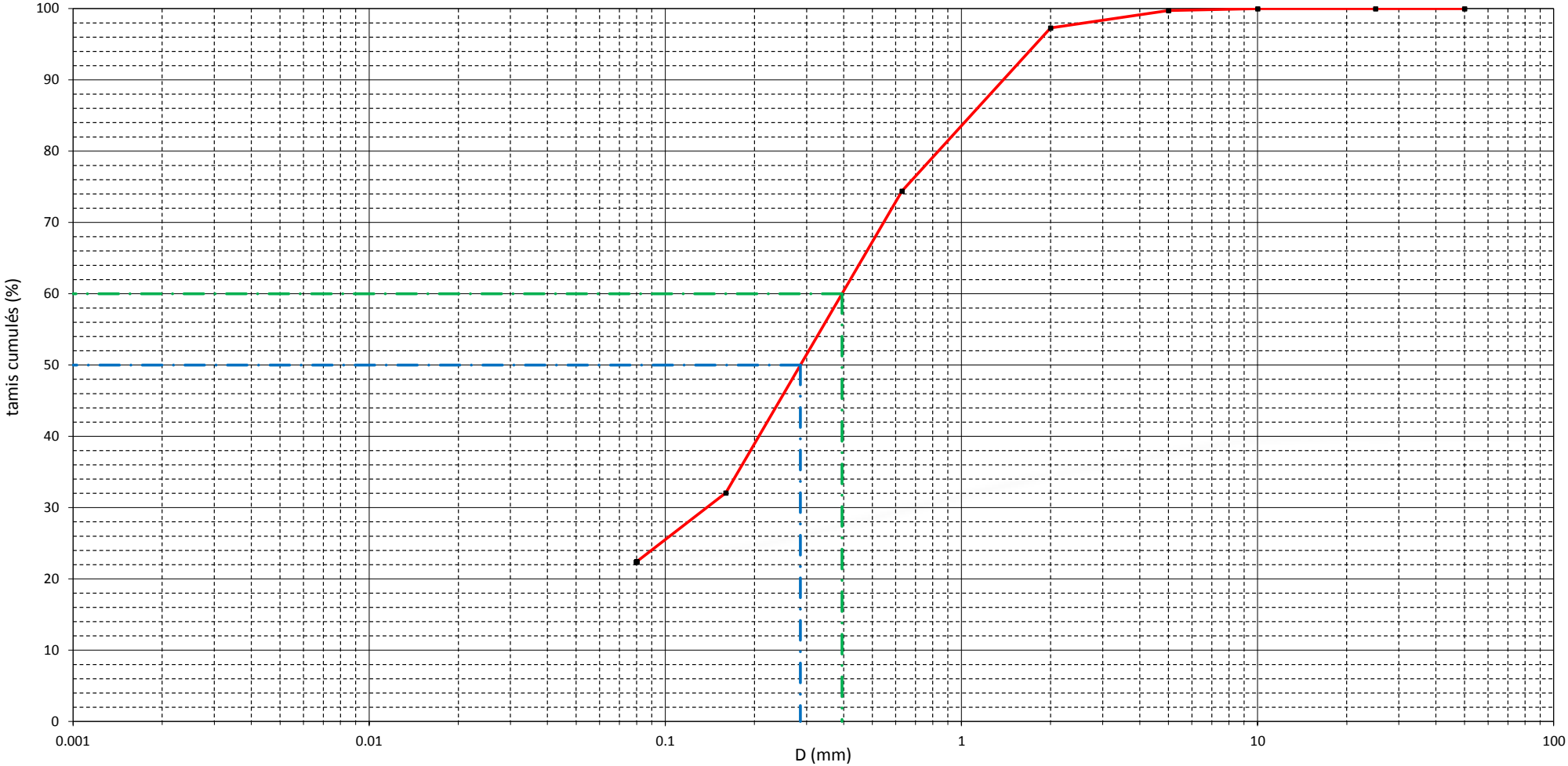
**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : L. CAROUPANAPOULLE

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	REFERENCE : Ca2 / 4 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1811-039		DATE D'ESSAI : 18/12/2018

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE
Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

7



NATURE DE L'ECHANTILLON	D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm	Teneur en eau
Sables marins coquillés blancs	10.00	0.395	0.286	SO	>4.94	SO	22.4 %	97.3 %	15.2 %

LABCO Antilles

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

REFERENCES : Ca2 / 4 m	**Dossier n°1811-039**
COMMUNE : SAINT BARTHELEMY	DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm	DATE D'ESSAI : 18/12/2018

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

8

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*316.35*	*212.73*	
Masse parafinée (g)	*325.98*	*246.56*	
Masse immergé (g)	*163.82*	*101.25*	
	20.9	*19.7*	**20.3**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*8.44*	*8.40*	
Masse humide + tare (g)	*115.28*	*113.48*	
Masse sèche + tare (g)	*98.18*	*95.29*	
	19.1%	*20.9%*	**20.0%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*17.5*	*16.3*	**16.9**
Porosité n (%)*	*33.8%*	*38.4%*	**36.1%**
Indice des vides e	*0.51*	*0.62*	**0.57**
Degré de saturation S_r (%)	*98.9%*	*89.1%*	**94.0%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*19.3%*	*23.5%*	**21.4%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*20.9*	*20.2*	**20.5**

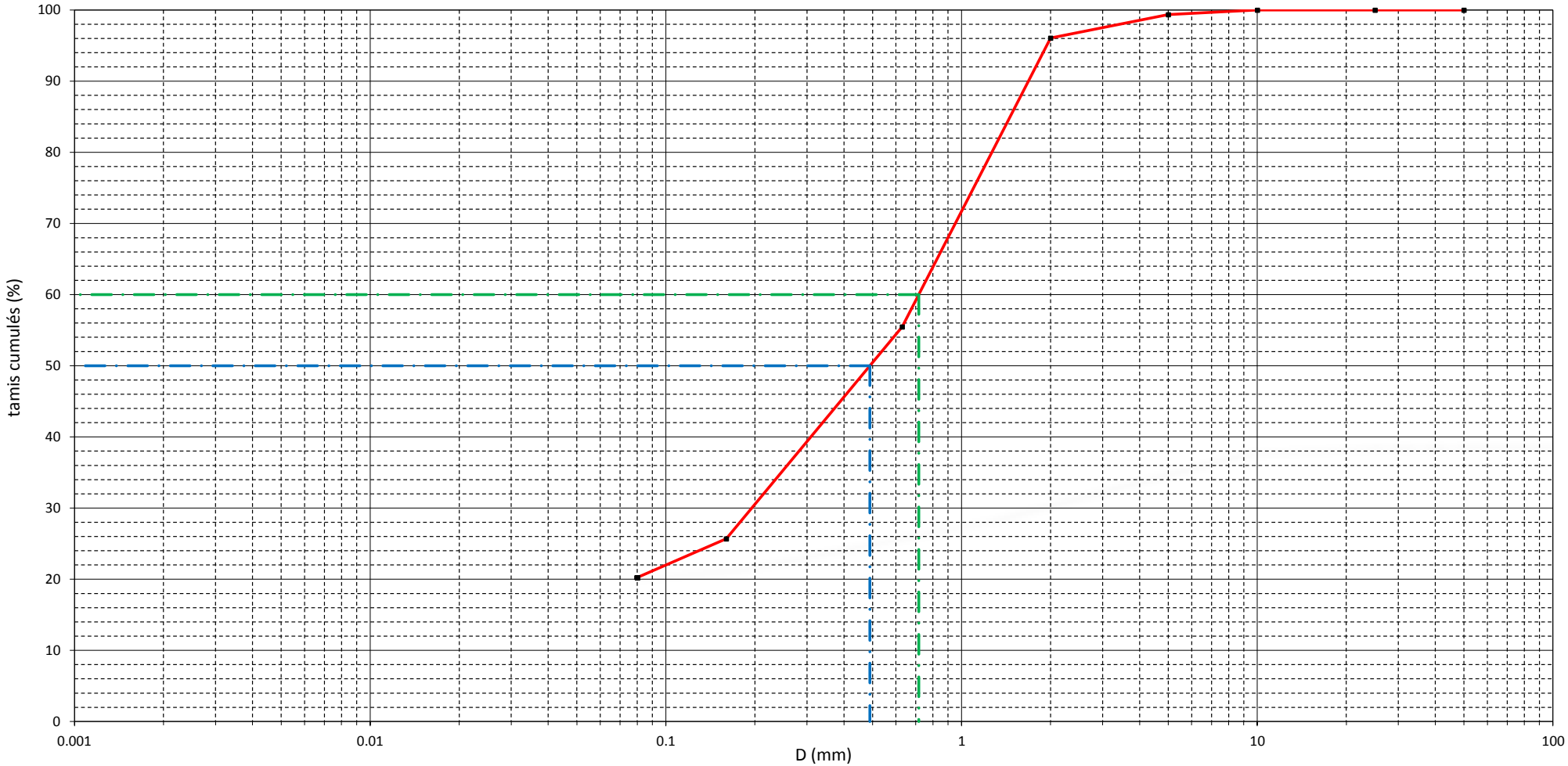
**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : L. CAROUPANAPOULLE

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	REFERENCE : Ca2 / 7 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1811-039		DATE D'ESSAI : 18/12/2018

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE
Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

8



NATURE DE L'ECHANTILLON	D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm	Teneur en eau
Sables marins coquillés blancs	10.00	0.717	0.490	SO	>8.96	SO	20.2 %	96.1 %	20 %

LABCO Antilles

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

REFERENCES : Ca2 / 7 m	**Dossier n°1811-039**
COMMUNE : SAINT BARTHELEMY	DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm	DATE D'ESSAI : 18/12/2018

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

9

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*209.70*	*351.34*	
Masse parafinée (g)	*210.46*	*355.65*	
Masse immergé (g)	*103.36*	*181.02*	
	19.7	*20.7*	**20.2**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*8.46*	*8.43*	
Masse humide + tare (g)	*109.40*	*105.01*	
Masse sèche + tare (g)	*96.62*	*90.34*	
	14.5%	*17.9%*	**16.2%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*17.2*	*17.5*	**17.4**
Porosité n (%)*	*35.0%*	*33.8%*	**34.4%**
Indice des vides e	*0.54*	*0.51*	**0.52**
Degré de saturation S_r (%)	*71.5%*	*93.0%*	**82.2%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*20.3%*	*19.3%*	**19.8%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*20.7*	*20.9*	**20.8**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : L. CAROUPANAPOULLE

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	REFERENCE : Ca2 / 9 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1811-039		DATE D'ESSAI : 18/12/2018

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

10

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*233.98*	*226.91*	
Masse parafinée (g)	*238.85*	*231.29*	
Masse immergé (g)	*118.48*	*114.09*	
	20.4	*20.2*	**20.3**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*8.36*	*8.57*	
Masse humide + tare (g)	*108.91*	*112.53*	
Masse sèche + tare (g)	*94.25*	*96.52*	
	17.1%	*18.2%*	**17.6%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*17.4*	*17.1*	**17.2**
Porosité n (%)*	*34.4%*	*35.5%*	**35.0%**
Indice des vides e	*0.52*	*0.55*	**0.54**
Degré de saturation S_r (%)	*86.3%*	*87.6%*	**86.9%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*19.8%*	*20.8%*	**20.3%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*20.8*	*20.6*	**20.7**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : L. CAROUPANAPOULLE

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	REFERENCE : Ca2 / 10.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 27/11/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1811-039		DATE D'ESSAI : 18/12/2018

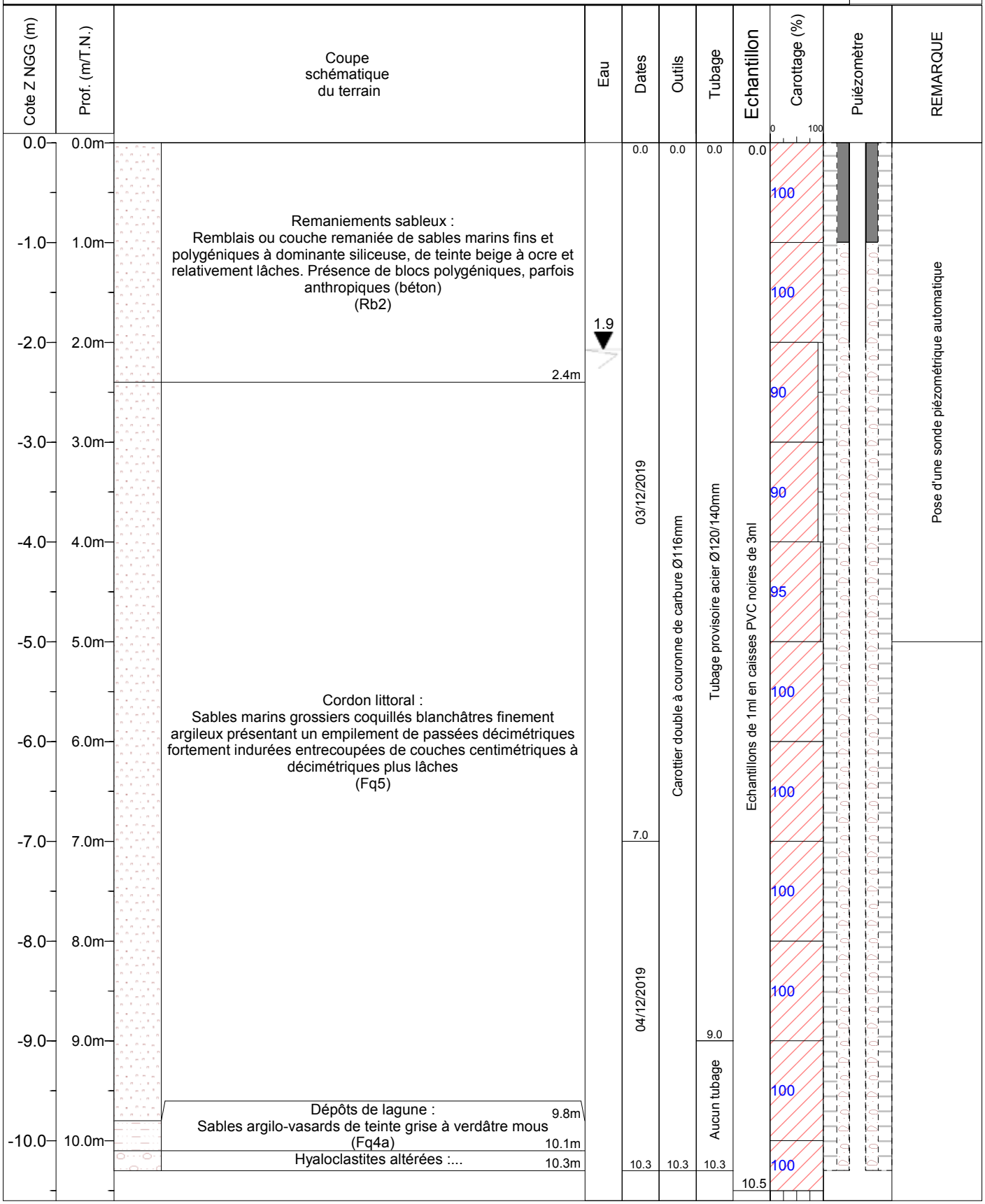
ANNEXE 4 :

Coupes des sondages de reconnaissances géologiques de type carottés Ø116 m

SONDAGE CAROTTE

Norme NF EN ISO 22-475-1

Ca3



LABCO Antilles

DOSSIER N° : 1911-001

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

SAINT BARTHELEMY

Date : 03/12/2019

Niv. d'eau (m/TN) : 1.9

X : 517156

Y : 1979467

Z (NGG) :

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL	Ca3
Planche photographique des échantillons prélevés en caisse	

Sondage carotté en site terrestre Ca3 de 0 à 6 m/TN

0.0	1.0
1.0	2.0
2.0	3.0

3.0	4.0
4.0	5.0
5.0	6.0

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1911-001/SOL1/Ca3

LABCO Antilles
Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

NIVEAU D'EAU : 1.9 m/TN
DATE : 02/12/2019
X : 517156 m
Y : 1979467 m
Z : Non relevé
DOSSIER : 1911-001

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL	Ca3
Planche photographique des échantillons prélevés en caisse	

Sondage carotté en site terrestre Ca3 de 6 m à 10.3 m/TN

6.0		7.0
7.0		8.0
8.0		9.0
9.0		10.0
10.0		11.0
11.0		12.0

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

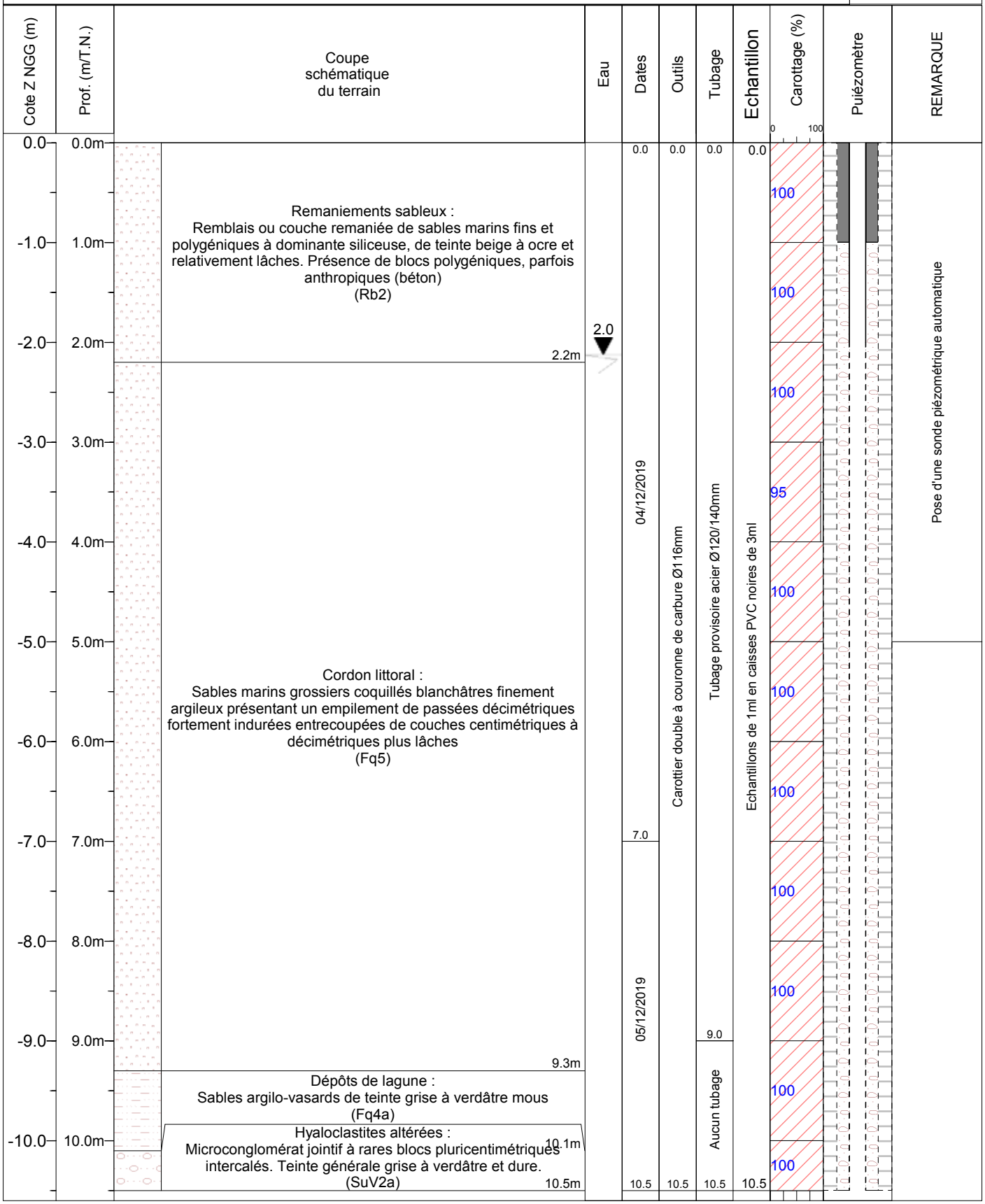
PV n°1911-001/SOL1/Ca3

LABCO Antilles *Laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	**NIVEAU D'EAU : 1.9 m/TN** **DATE :** 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	**X :** 517156 m **Y :** 1979467 m **Z :** Non relevé
		DOSSIER : 1911-001

SONDAGE CAROTTE

Norme NF EN ISO 22-475-1

Ca4



LABCO Antilles

DOSSIER N° : 1911-001

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

SAINT BARTHELEMY

Date : 04/12/2019

Niv. d'eau (m/TN) : 1.95

X : 517124

Y : 1979415

Z (NGG) :

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL	Ca4
Planche photographique des échantillons prélevés en caisse	

Sondage carotté en site terrestre Ca4 de 0 à 6 m/TN

0.0		1.0
1.0		2.0
2.0		3.0
3.0		4.0
4.0		5.0
5.0		6.0

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1911-001/SOL1/Ca4

LABCO Antilles *Laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	**NIVEAU D'EAU : 1.95 m/TN** **DATE :** 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	**X :** 517124 m **Y :** 1979415 m **Z :** Non relevé
		DOSSIER : 1911-001

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL

Planche photographique des échantillons prélevés en caisse

Ca4

Sondage carotté en site terrestre Ca4 de 6 m à 10.5 m/TN

6.0		**7.0**
7.0		**8.0**
8.0		**9.0**

9.0		**10.0**
10.0		**11.0**
11.0		**12.0**

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1911-001/SOL1/Ca4

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

NIVEAU D'EAU : 1.95 m/TN

DATE : 04/12/2019

X : 517124 m

Y : 1979415 m

Z : Non relevé

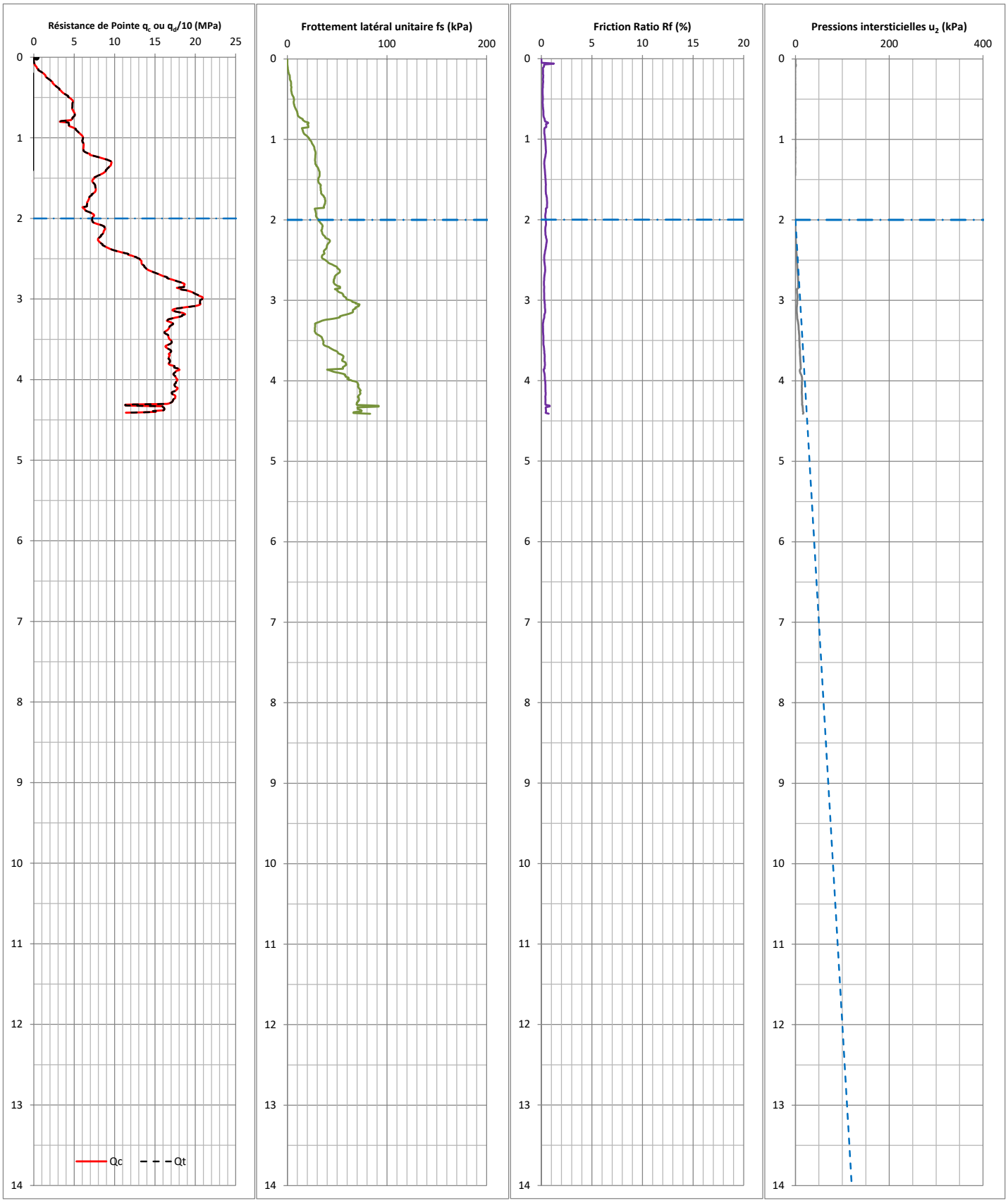
DOSSIER : 1911-001

ANNEXE 5 :

Logs des essais de pénétration statique à pointe électrique

ESSAI DE PENETRATION STATIQUE A POINTE ELECTRIQUE AVEC MESURE DES PRESSIONS INTERSTITIELLES (NFP 94-113 et NFP94-119)

CPTu1



Avant trou	Niveau hydrostatique	Essai	
- Mode : Aucun	- Profondeur : 2 m/TN	- Réalisé par : Willy SYLY	Pointe MKj381
- Profondeur : 0	- Cote : S.O.	- Date : 12/03/2019 08:48	

Remarque : Sur le graphique des résistances de pointe, q_c (Mpa) est en rouge et q_d/10 (Mpa) est en noir.

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

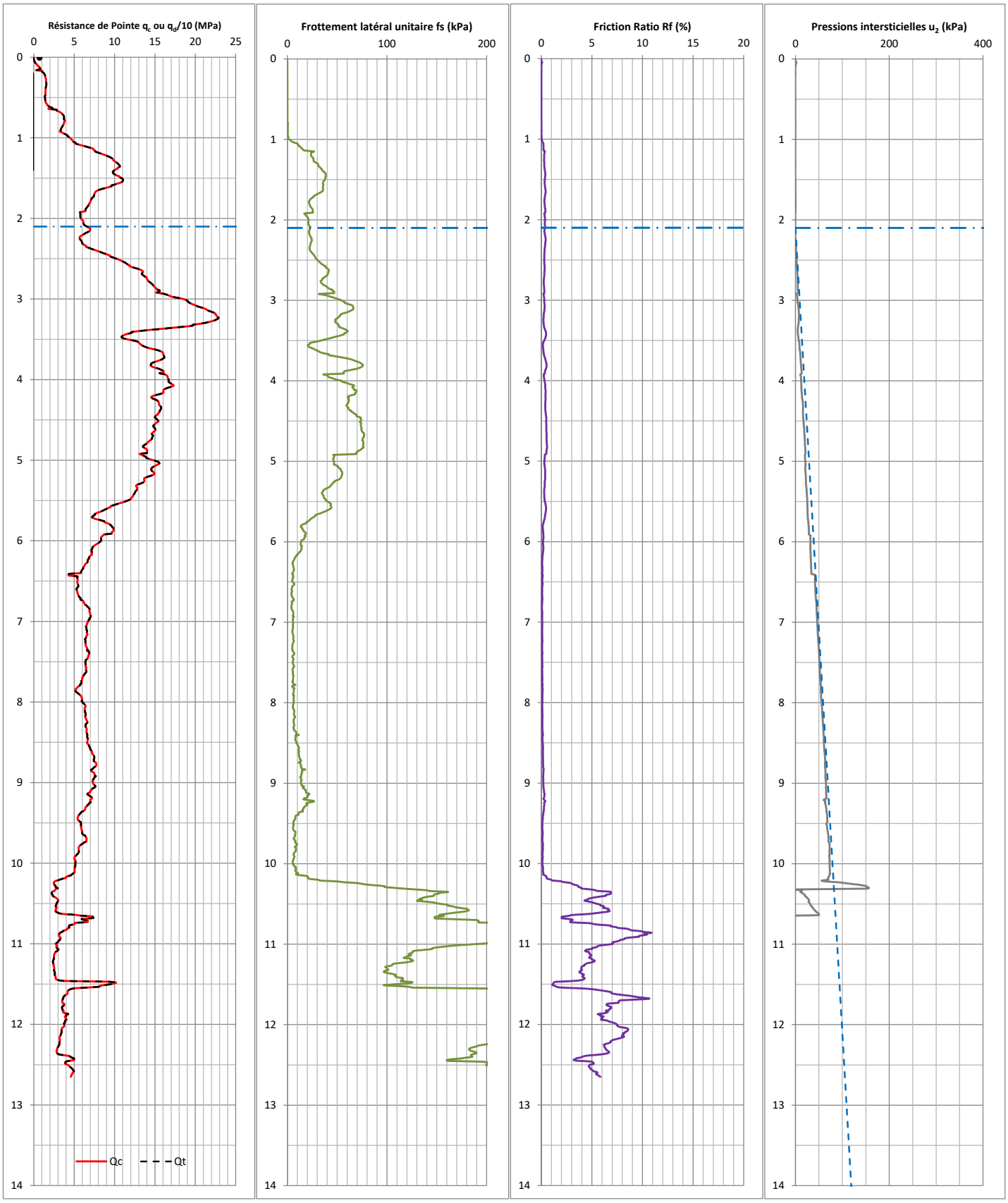
Dossier n°1911-001

Localisation :

X = 517139 m
Y = 1979446 m
Z = Non relevé
WGS84 UTM20 Nord

ESSAI DE PENETRATION STATIQUE A POINTE ELECTRIQUE AVEC MESURE DES PRESSIONS INTERSTITIELLES (NFP 94-113 et NFP94-119)

CPTu2



Avant trou	Niveau hydrostatique	Essai	
- Mode : Aucun	- Profondeur : 2.1 m/TN	- Réalisé par : Willy SYLY	Pointe MKj381
- Profondeur : 0	- Cote : S.O.	- Date : 12/03/2019 10:08	

Remarque : Sur le graphique des résistances de pointe, q_c (Mpa) est en rouge et q_d/10 (Mpa) est en noir.

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

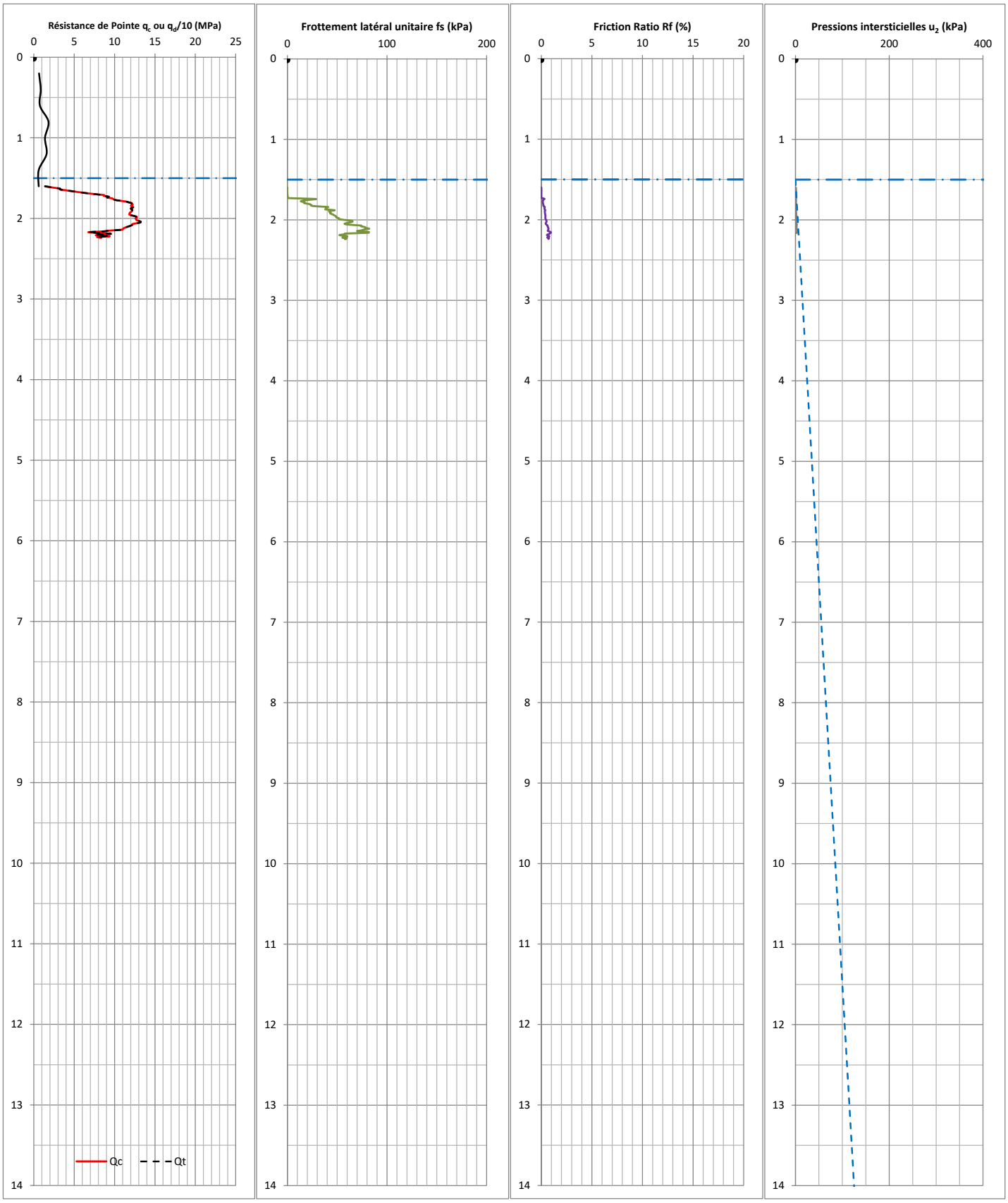
Dossier n°1911-001

Localisation :

X = 517127 m
Y = 1979465 m
Z = Non relevé
WGS84 UTM20 Nord

ESSAI DE PENETRATION STATIQUE A POINTE ELECTRIQUE AVEC MESURE DES PRESSIONS INTERSTITIELLES (NFP 94-113 et NFP94-119)

CPTu3



Avant trou	Niveau hydrostatique	Essai	
- Mode : Dynamique	- Profondeur : 1.5 m/TN	- Réalisé par : Willy SYLY	Pointe MKj475
- Profondeur : 1.6m	- Cote : S.O.	- Date : 01/14/2020 09:11:23	

Remarque : Sur le graphique des résistances de pointe, q_c (Mpa) est en rouge et q_d/10 (Mpa) est en noir.

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

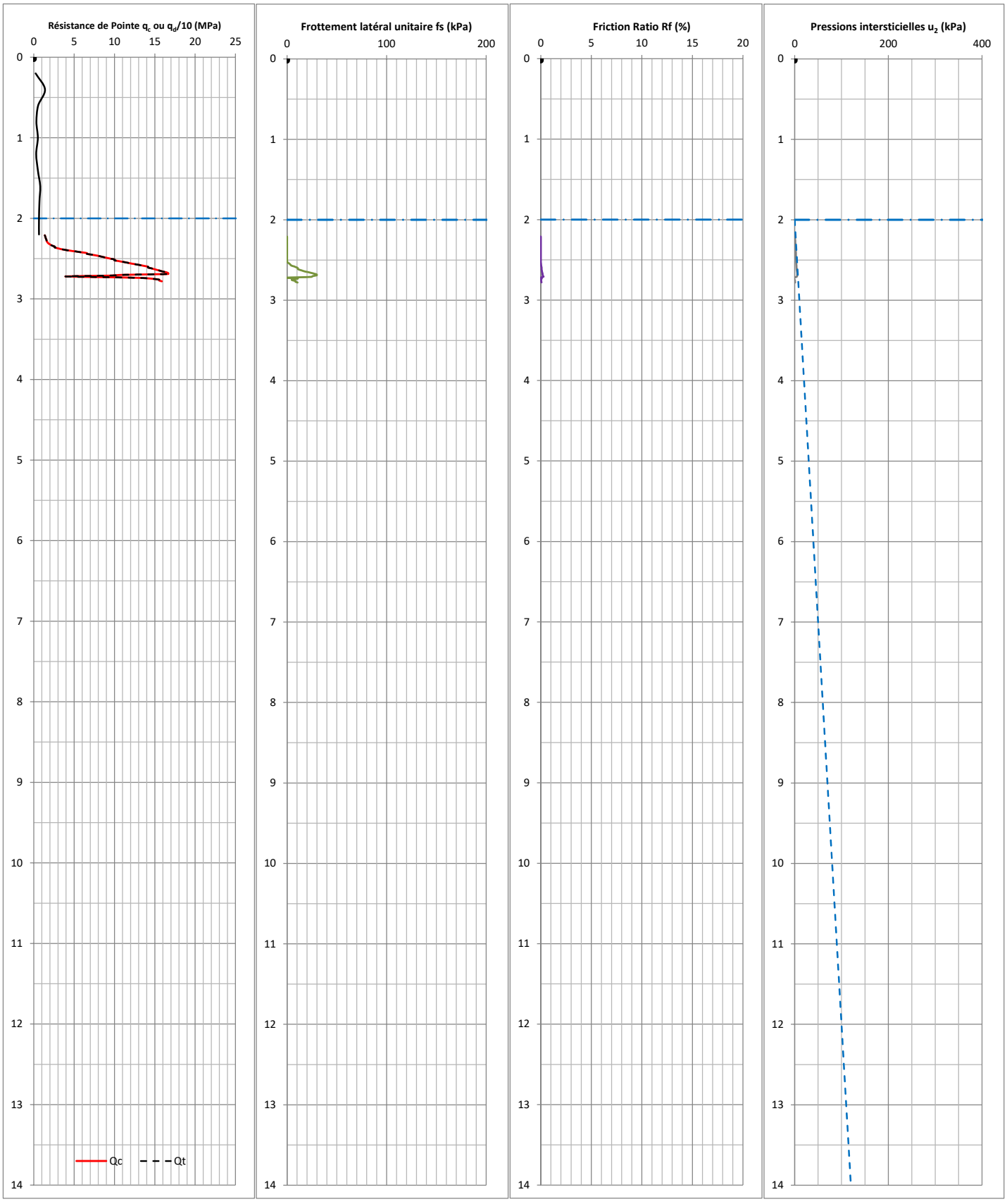
Dossier n°1911-001

Localisation :

X = 517158 m
Y = 1979468 m
Z = Non relevé
WGS84 UTM20 Nord

ESSAI DE PENETRATION STATIQUE A POINTE ELECTRIQUE AVEC MESURE DES PRESSIONS INTERSTITIELLES (NFP 94-113 et NFP94-119)

CPTu4



Avant trou	Niveau hydrostatique	Essai	
- Mode : Dynamique	- Profondeur : 2 m/TN	- Réalisé par : Willy SYLY	Pointe MKj475
- Profondeur : 2m20	- Cote : S.O.	- Date : 01/14/2020 15:19:08	

Remarque : Sur le graphique des résistances de pointe, q_c (Mpa) est en rouge et q_d/10 (Mpa) est en noir.

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

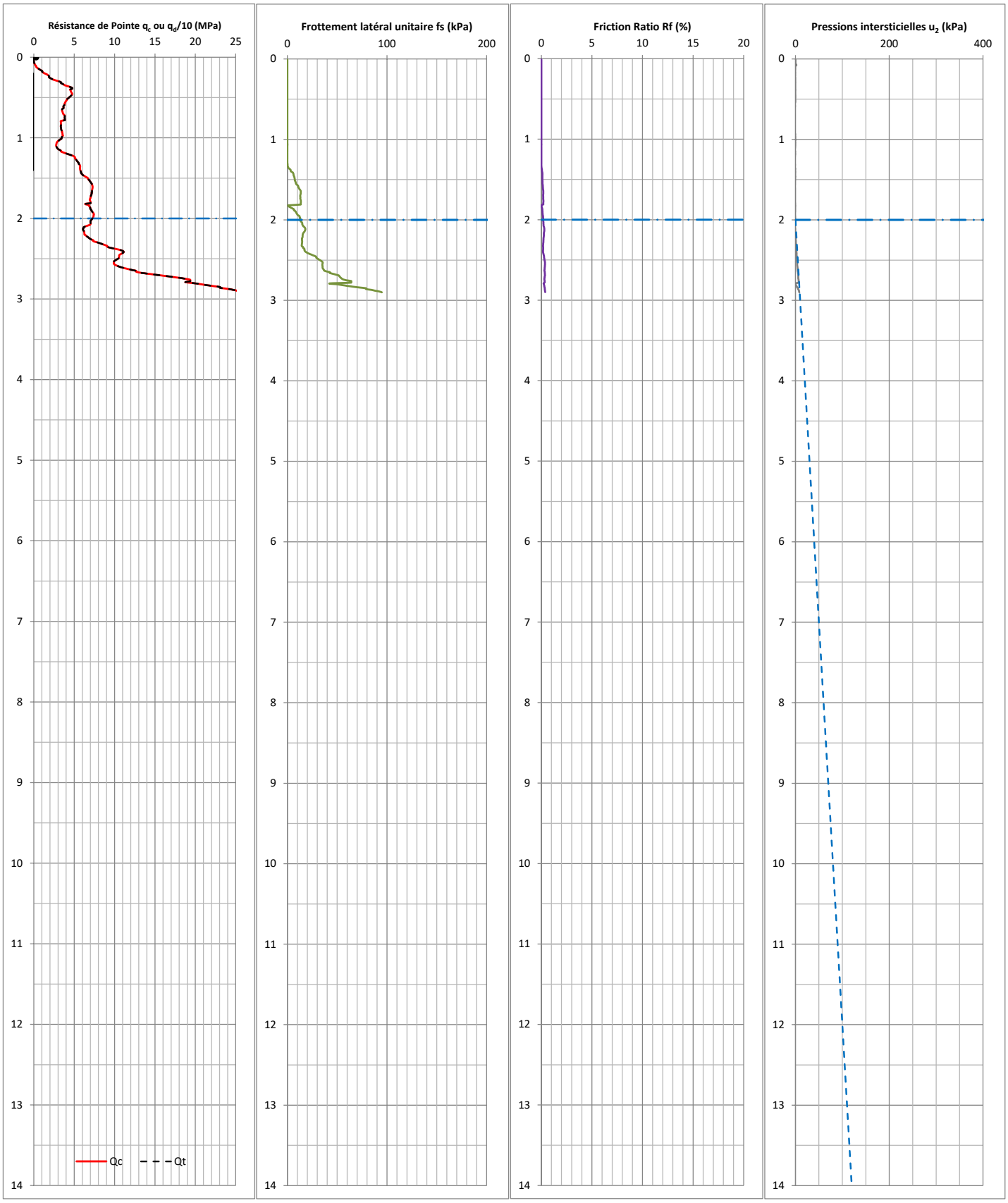
Dossier n°1911-001

Localisation :

X = 517126 m
Y = 1979416 m
Z = Non relevé
WGS84 UTM20 Nord

ESSAI DE PENETRATION STATIQUE A POINTE ELECTRIQUE AVEC MESURE DES PRESSIONS INTERSTITIELLES (NFP 94-113 et NFP94-119)

CPTu5



Avant trou	Niveau hydrostatique	Essai	
- Mode : Aucun	- Profondeur : 2 m/TN	- Réalisé par : Willy SYLY	Pointe MKj475
- Profondeur : 0	- Cote : S.O.	- Date : 12/02/2019 13:44	

Remarque : Sur le graphique des résistances de pointe, q_c (Mpa) est en rouge et q_d/10 (Mpa) est en noir.

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

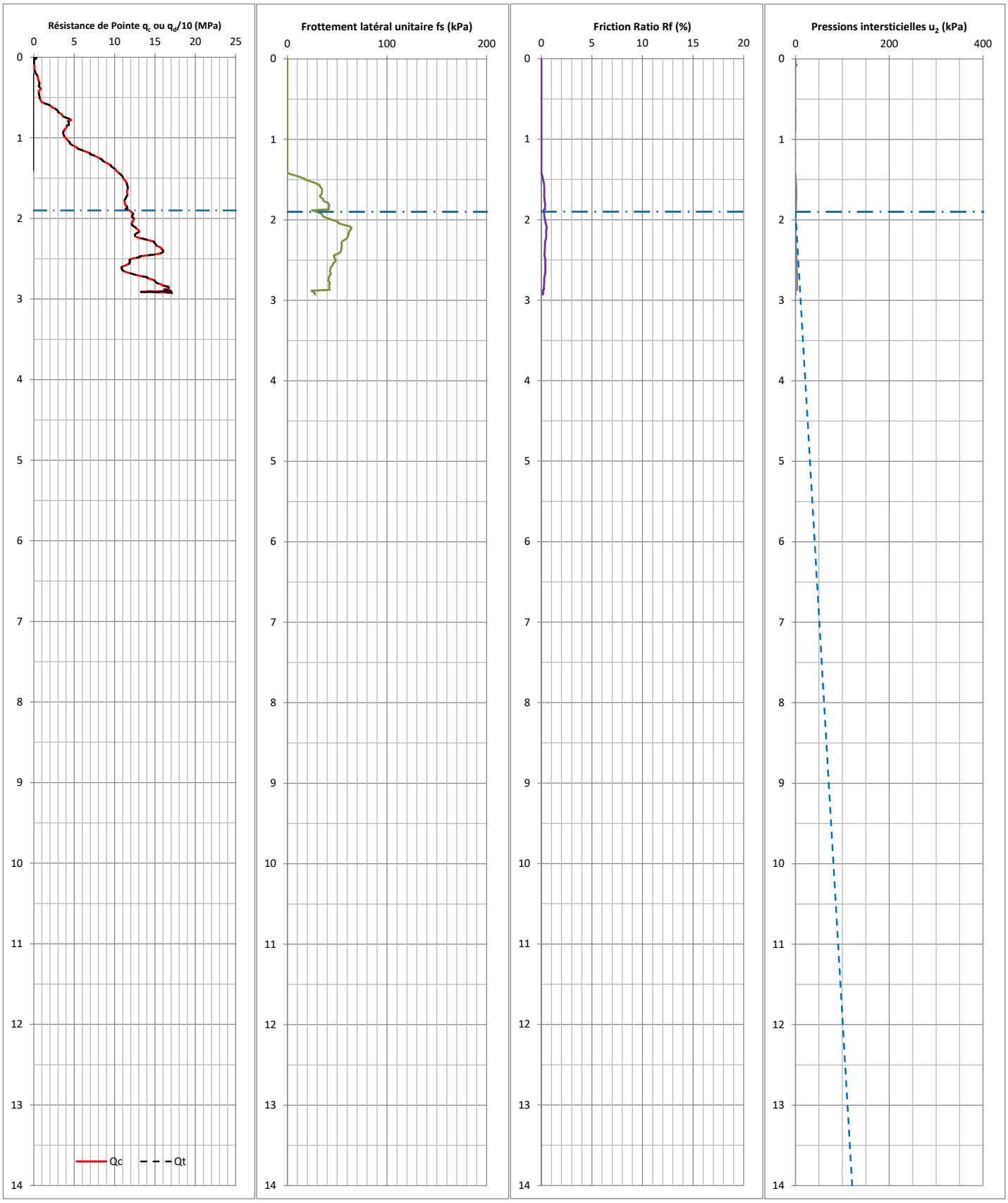
Dossier n°1911-001

Localisation :

X = 517118 m
Y = 1979436 m
Z = Non relevé
WGS84 UTM20 Nord

ESSAI DE PENETRATION STATIQUE A POINTE ELECTRIQUE AVEC MESURE DES PRESSIONS INTERSTITIELLES (NFP 94-113 et NFP94-119)

CPTu6



Avant trou	Niveau hydrostatique	Essai	
- Mode : Aucun	- Profondeur : 1.9 m/TN	- Réalisé par : Willy SYLY	Pointe MKj475
- Profondeur : 0	- Cote : S.O.	- Date : 12/02/2019 12:36	

Remarque : Sur le graphique des résistances de pointe, q_c (Mpa) est en rouge et q_d/10 (Mpa) est en noir.

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

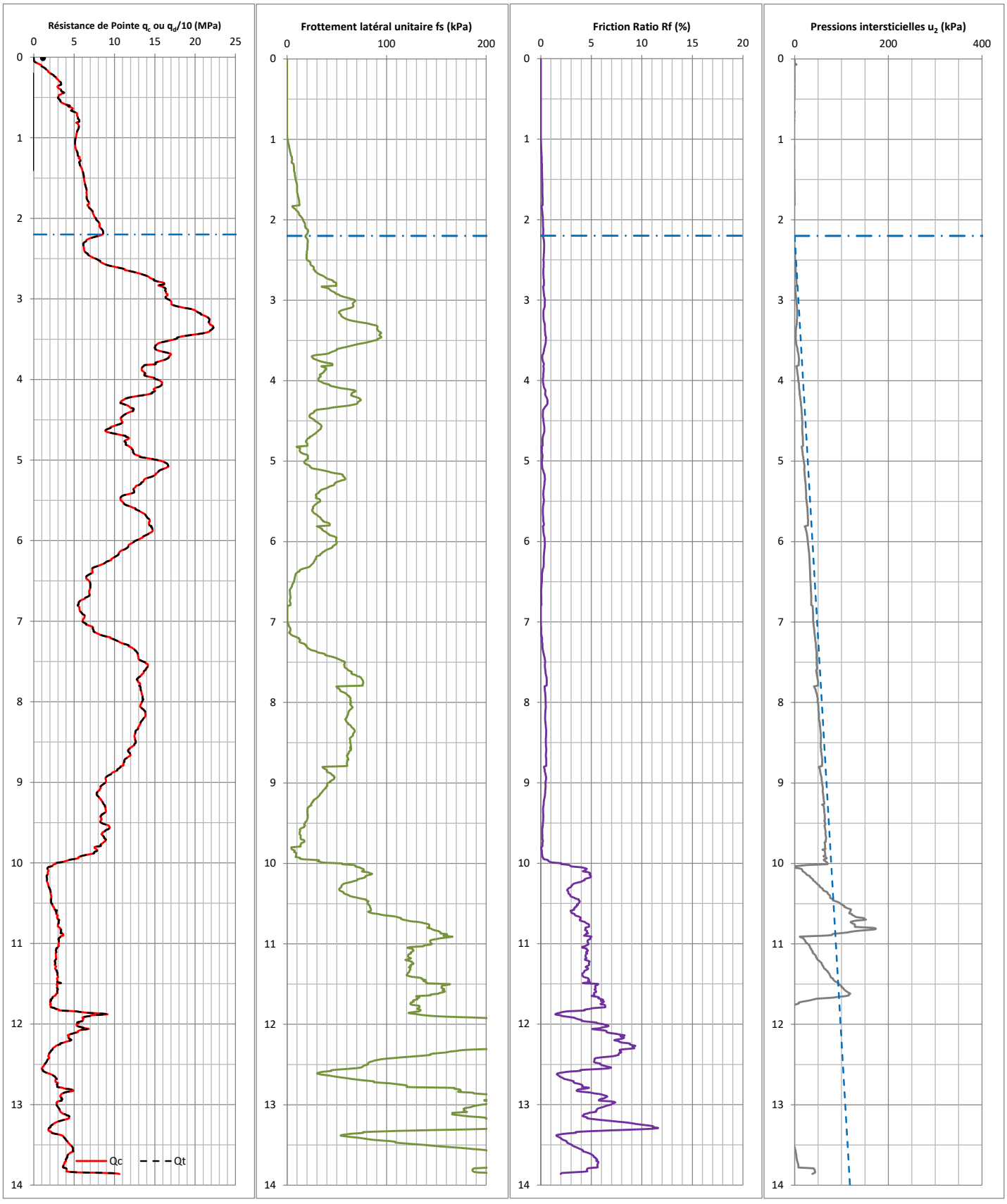
Dossier n°1911-001

Localisation :

X = 517083 m
Y = 1979437 m
Z = Non relevé
WGS84 UTM20 Nord

ESSAI DE PENETRATION STATIQUE A POINTE ELECTRIQUE AVEC MESURE DES PRESSIONS INTERSTITIELLES (NFP 94-113 et NFP94-119)

CPTu7



Avant trou	Niveau hydrostatique	Essai	
- Mode : Aucun	- Profondeur : 2.2 m/TN	- Réalisé par : Willy SYLY	Pointe MKj475
- Profondeur : 0	- Cote : S.O.	- Date : 01/15/2020 12:03:33	

Remarque : Sur le graphique des résistances de pointe, q_c (Mpa) est en rouge et q_d/10 (Mpa) est en noir.

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

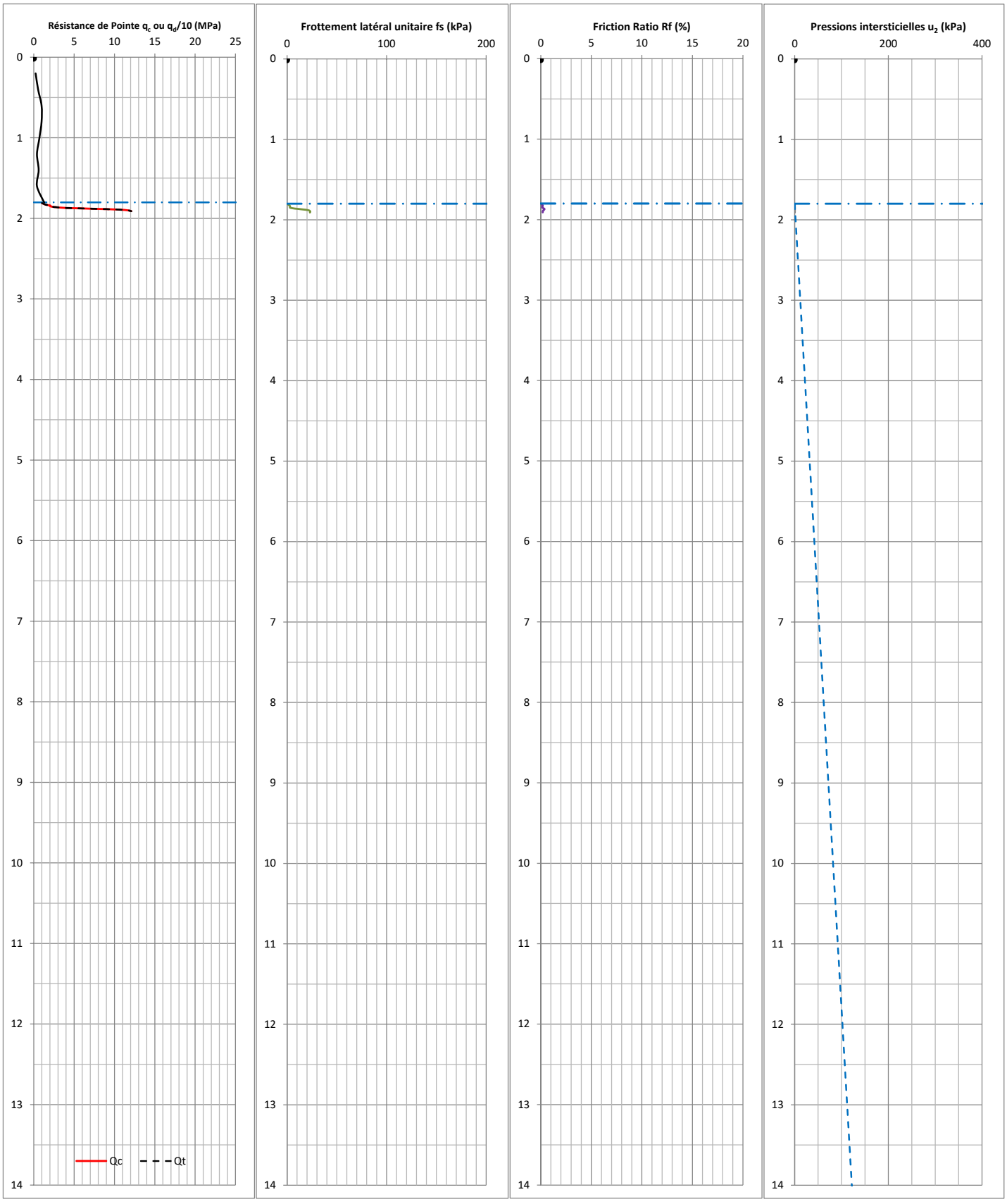
Dossier n°1911-001

Localisation :

X = 517096 m
Y = 1979471 m
Z = Non relevé
WGS84 UTM20 Nord

ESSAI DE PENETRATION STATIQUE A POINTE ELECTRIQUE AVEC MESURE DES PRESSIONS INTERSTITIELLES (NFP 94-113 et NFP94-119)

CPTu8



Avant trou	Niveau hydrostatique	Essai	
- Mode : Dynamique	- Profondeur : 1.8 m/TN	- Réalisé par : Willy SYLY	Pointe MKj475
- Profondeur : 1.8m	- Cote : S.O.	- Date : 01/15/2020 13:57:37	

Remarque : Sur le graphique des résistances de pointe, q_c (Mpa) est en rouge et q_d/10 (Mpa) est en noir.

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

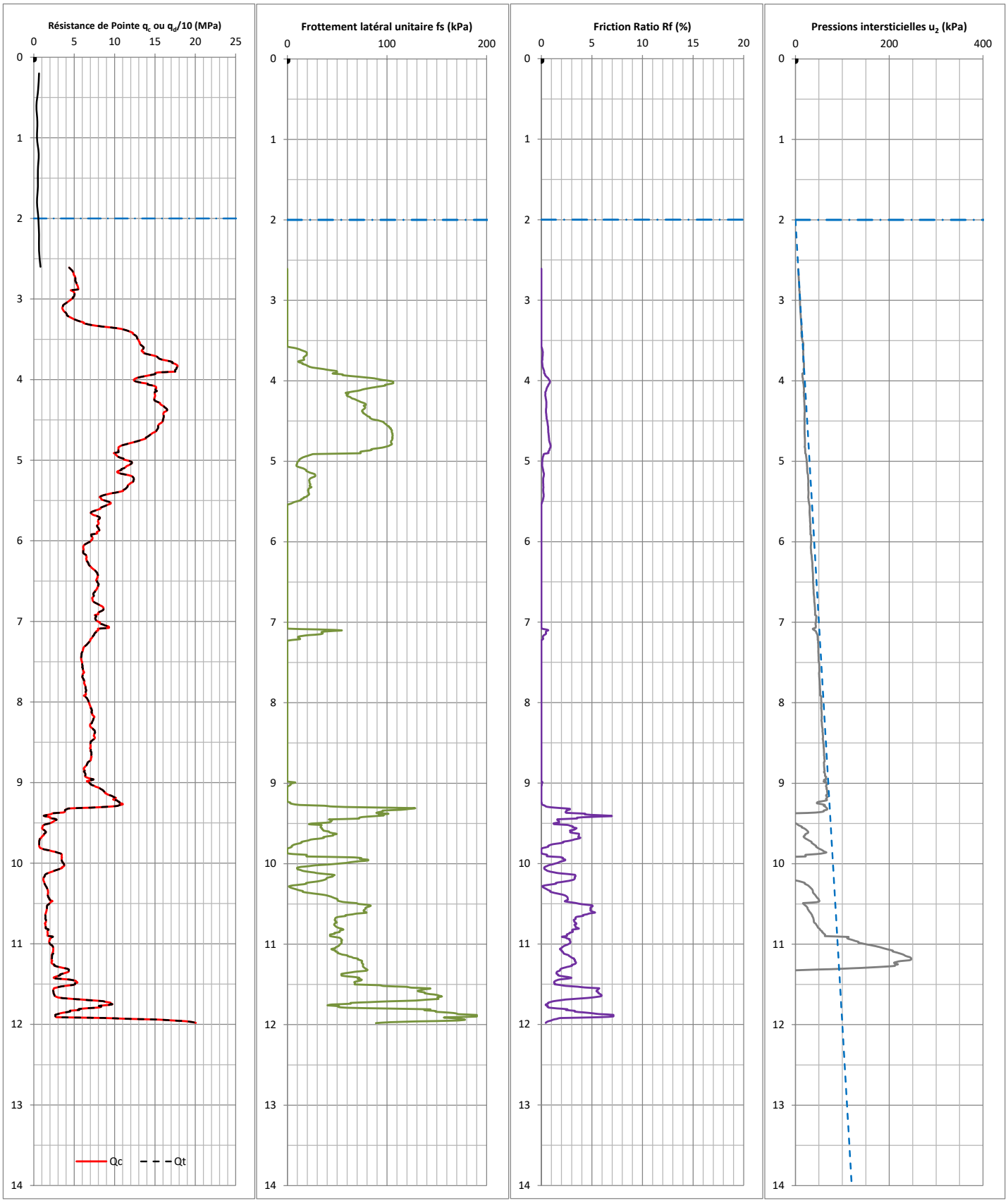
Dossier n°1911-001

Localisation :

X = 517105 m
Y = 1979493 m
Z = Non relevé
WGS84 UTM20 Nord

ESSAI DE PENETRATION STATIQUE A POINTE ELECTRIQUE AVEC MESURE DES PRESSIONS INTERSTITIELLES (NFP 94-113 et NFP94-119)

CPTu9



Avant trou	Niveau hydrostatique	Essai	
- Mode : Dynamique	- Profondeur : 2 m/TN	- Réalisé par : Willy SYLY	Pointe MKj475
- Profondeur : 2.6m	- Cote : S.O.	- Date : 01/14/2020 10:23:21	

Remarque : Sur le graphique des résistances de pointe, q_c (Mpa) est en rouge et q_d/10 (Mpa) est en noir.

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

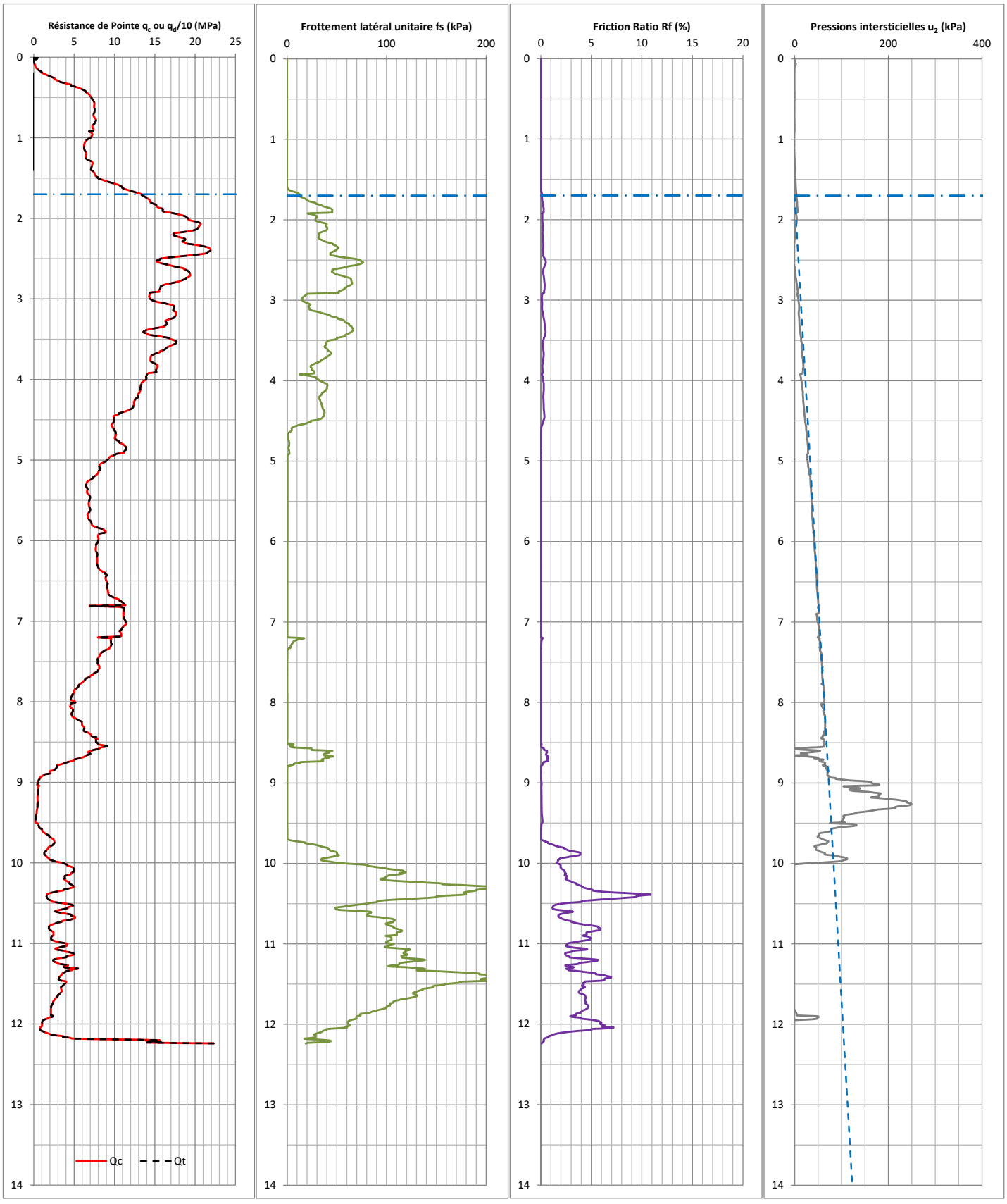
Dossier n°1911-001

Localisation :

X = 517165 m
Y = 1979445 m
Z = Non relevé
WGS84 UTM20 Nord

ESSAI DE PENETRATION STATIQUE A POINTE ELECTRIQUE AVEC MESURE DES PRESSIONS INTERSTITIELLES (NFP 94-113 et NFP94-119)

CPTu10



Avant trou	Niveau hydrostatique	Essai	
- Mode : Aucun	- Profondeur : 1.7 m/TN	- Réalisé par : Willy SYLY	Pointe MKj475
- Profondeur : 0	- Cote : S.O.	- Date : 01/14/2020 13:41:29	

Remarque : Sur le graphique des résistances de pointe, q_c (Mpa) est en rouge et q_d/10 (Mpa) est en noir.

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

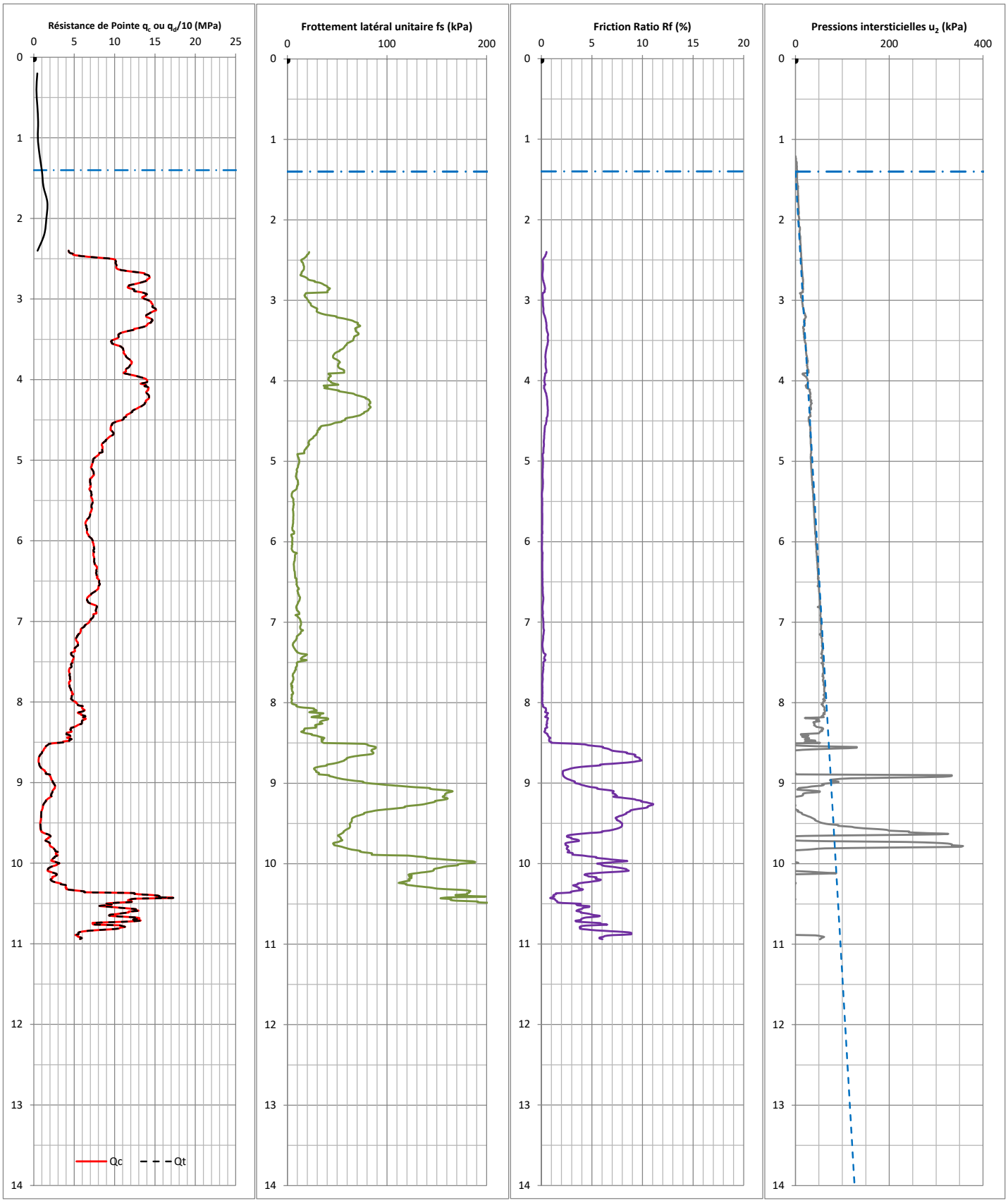
Dossier n°1911-001

Localisation :

X = 517155 m
Y = 1979420 m
Z = Non relevé
WGS84 UTM20 Nord

ESSAI DE PENETRATION STATIQUE A POINTE ELECTRIQUE AVEC MESURE DES PRESSIONS INTERSTITIELLES (NFP 94-113 et NFP94-119)

CPTu11



Avant trou	Niveau hydrostatique	Essai	
- Mode : Dynamique	- Profondeur : 1.4 m/TN	- Réalisé par : Willy SYLY	Pointe MKj475
- Profondeur : 2.4m	- Cote : S.O.	- Date : 01/15/2020 10:31:17	

Remarque : Sur le graphique des résistances de pointe, q_c (Mpa) est en rouge et q_d/10 (Mpa) est en noir.

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

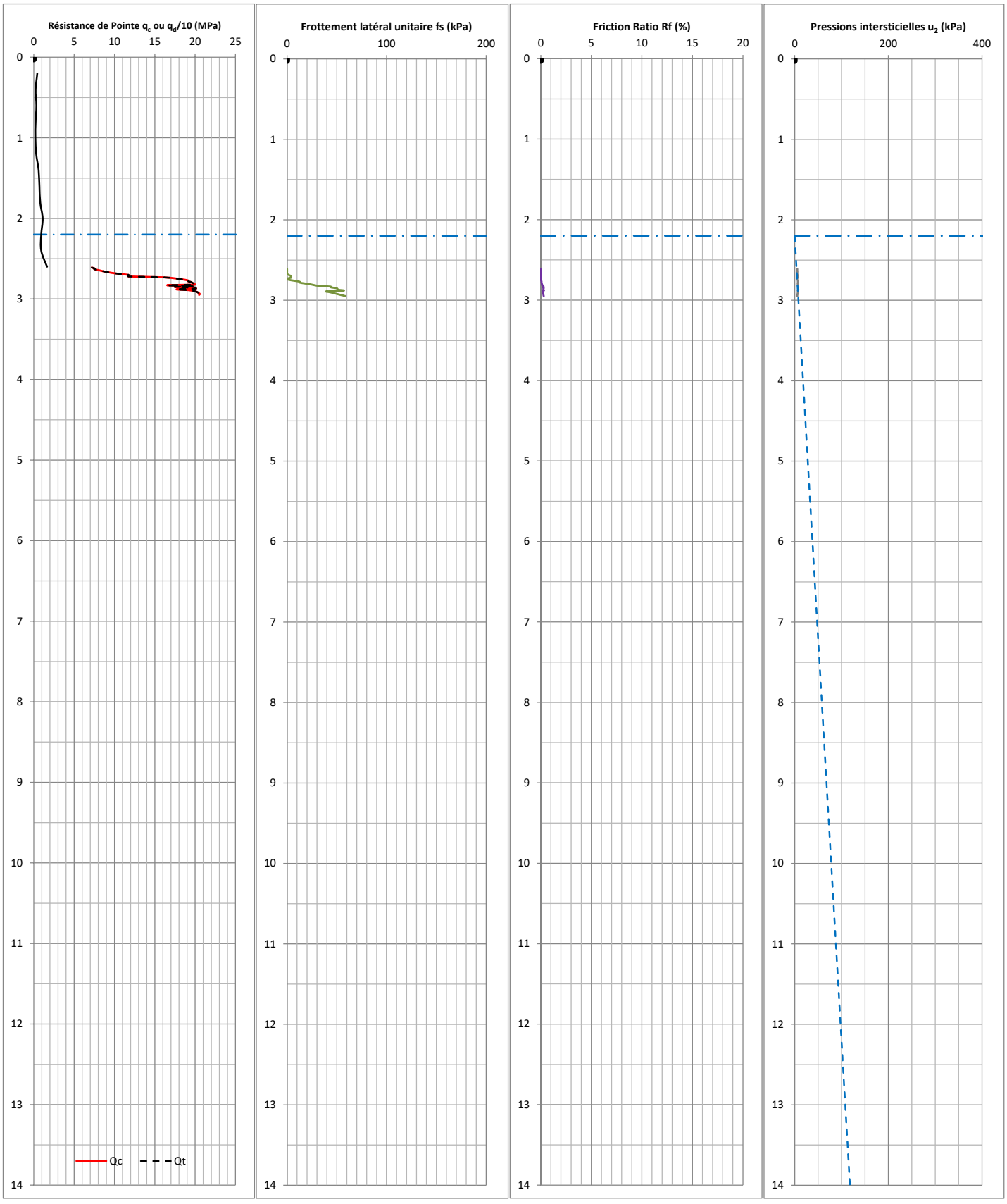
Dossier n°1911-001

Localisation :

X = 517166 m
Y = 1979392 m
Z = Non relevé
WGS84 UTM20 Nord

ESSAI DE PENETRATION STATIQUE A POINTE ELECTRIQUE AVEC MESURE DES PRESSIONS INTERSTITIELLES (NFP 94-113 et NFP94-119)

CPTu12



Avant trou	Niveau hydrostatique	Essai	
- Mode : Aucun	- Profondeur : 2.2 m/TN	- Réalisé par : Willy SYLY	Pointe MKj475
- Profondeur : 2.6m	- Cote : S.O.	- Date : 01/14/2020 12:39:25	

Remarque : Sur le graphique des résistances de pointe, q_c (Mpa) est en rouge et q_d/10 (Mpa) est en noir.

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

Dossier n°1911-001

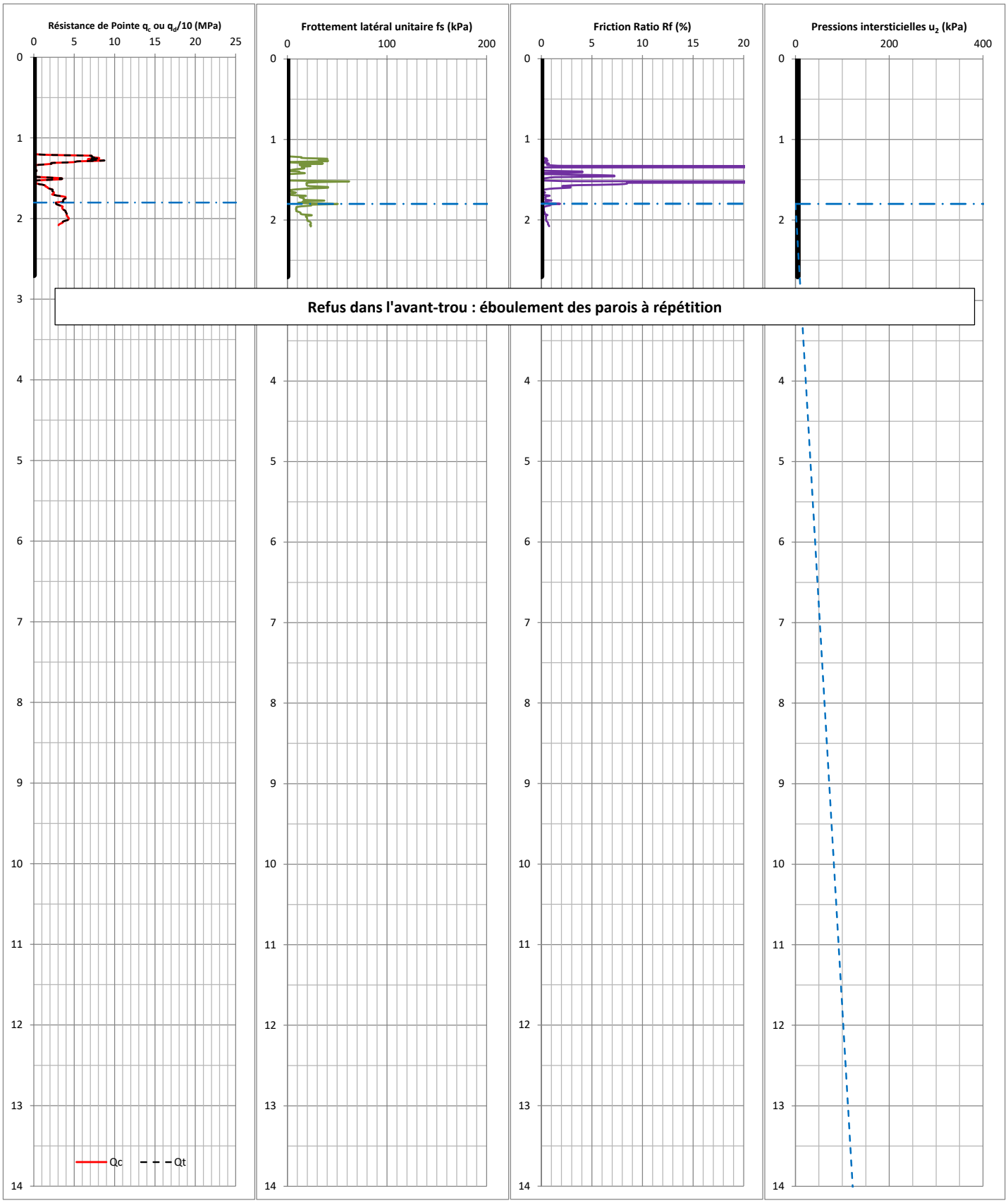
COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Localisation :

X = 517175 m
Y = 1979427 m
Z = Non relevé
WGS84 UTM20 Nord

ESSAI DE PENETRATION STATIQUE A POINTE ELECTRIQUE AVEC MESURE DES PRESSIONS INTERSTITIELLES (NFP 94-113 et NFP94-119)

CPTu13



Avant trou	Niveau hydrostatique	Essai	
- Mode : Forage destructif	- Profondeur : 1.8 m/TN	- Réalisé par : Willy SYLY	Pointe MKj475
- Profondeur : 3m	- Cote : S.O.	- Date : 01/16/2020 10:03:39	

Remarque : Sur le graphique des résistances de pointe, q_c (Mpa) est en rouge et q_d/10 (Mpa) est en noir.

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

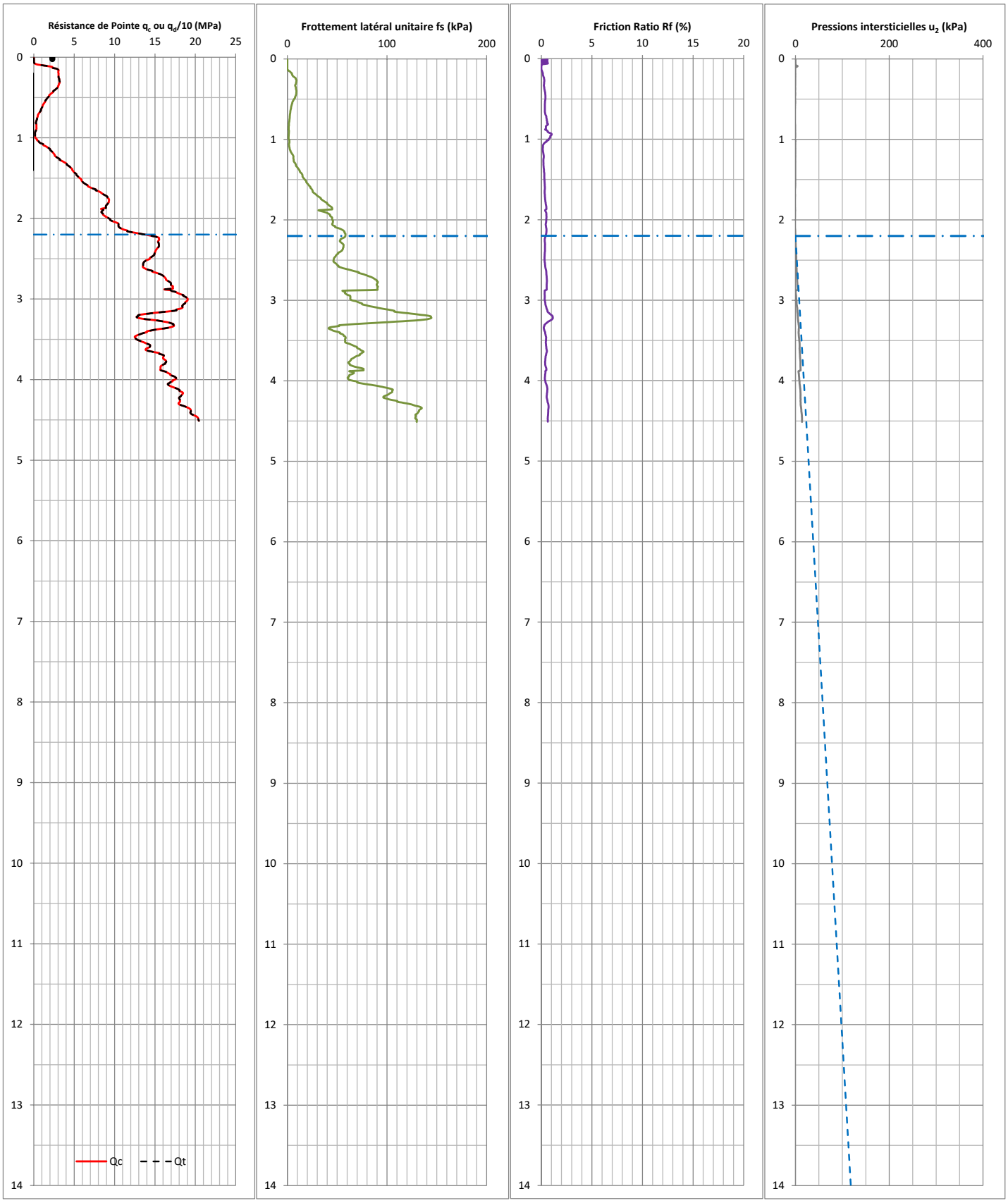
Dossier n°1911-001

Localisation :

X = 517187 m
Y = 1979451 m
Z = Non relevé
WGS84 UTM20 Nord

ESSAI DE PENETRATION STATIQUE A POINTE ELECTRIQUE AVEC MESURE DES PRESSIONS INTERSTITIELLES (NFP 94-113 et NFP94-119)

CPTu14



Avant trou	Niveau hydrostatique	Essai	
- Mode : Aucun	- Profondeur : 2.2 m/TN	- Réalisé par : Willy SYLY	Pointe MKj475
- Profondeur : 0	- Cote : S.O.	- Date : 01/16/2020 11:46:42	

Remarque : Sur le graphique des résistances de pointe, q_c (Mpa) est en rouge et q_d/10 (Mpa) est en noir.

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

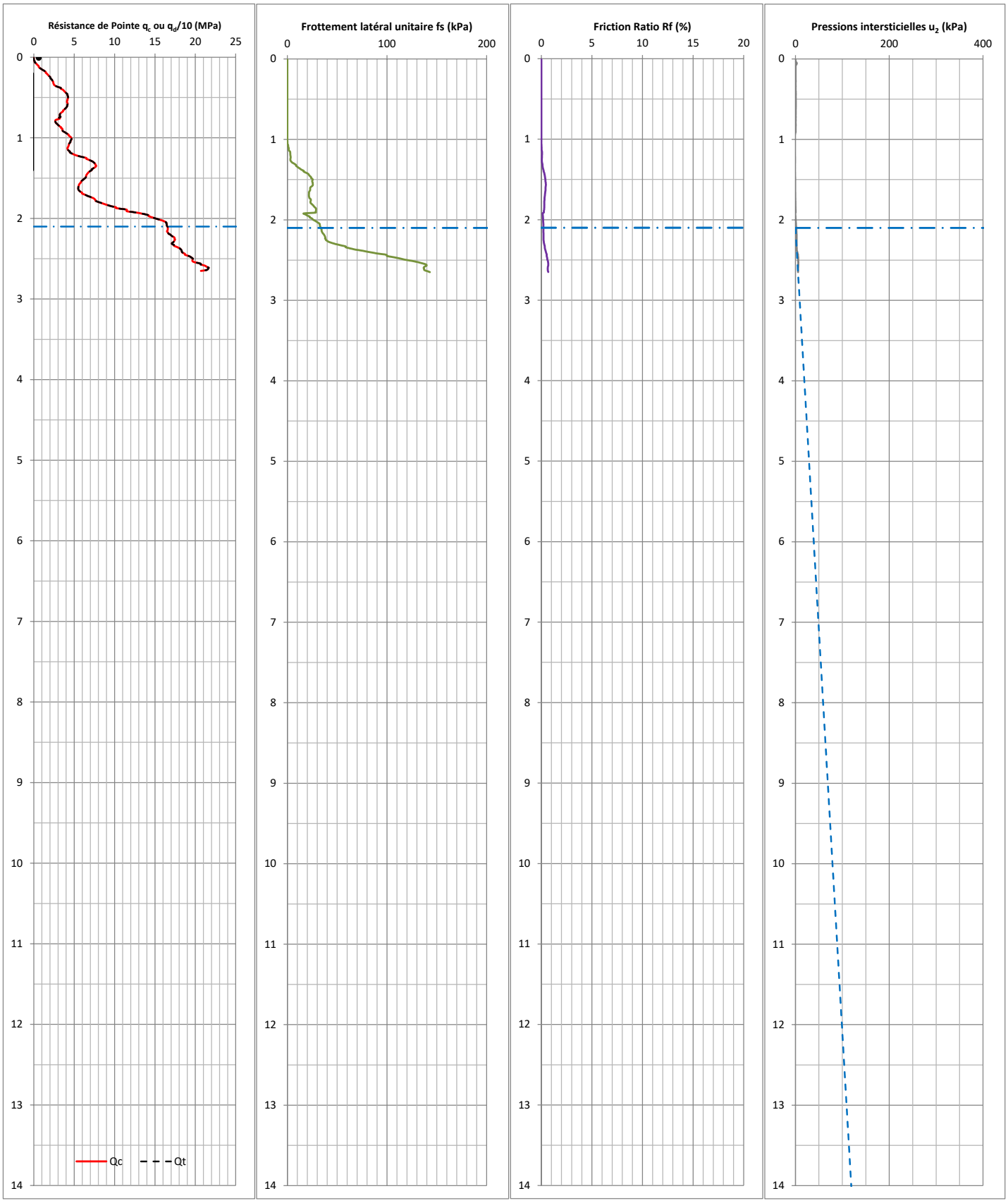
Dossier n°1911-001

Localisation :

X = 517134 m
Y = 1979487 m
Z = Non relevé
WGS84 UTM20 Nord

ESSAI DE PENETRATION STATIQUE A POINTE ELECTRIQUE AVEC MESURE DES PRESSIONS INTERSTITIELLES (NFP 94-113 et NFP94-119)

CPTu15



Avant trou	Niveau hydrostatique	Essai	
- Mode : Aucun	- Profondeur : 2.1 m/TN	- Réalisé par : Willy SYLY	Pointe MKj475
- Profondeur : 0	- Cote : S.O.	- Date : 01/16/2020 11:00:54	

Remarque : Sur le graphique des résistances de pointe, q_c (Mpa) est en rouge et q_d/10 (Mpa) est en noir.

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Dossier n°1911-001

Localisation :

X = 517177 m
Y = 1979468 m
Z = Non relevé
WGS84 UTM20 Nord

ANNEXE 6 :

Procès-Verbaux des mesures piézométriques réalisées

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1911-001

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

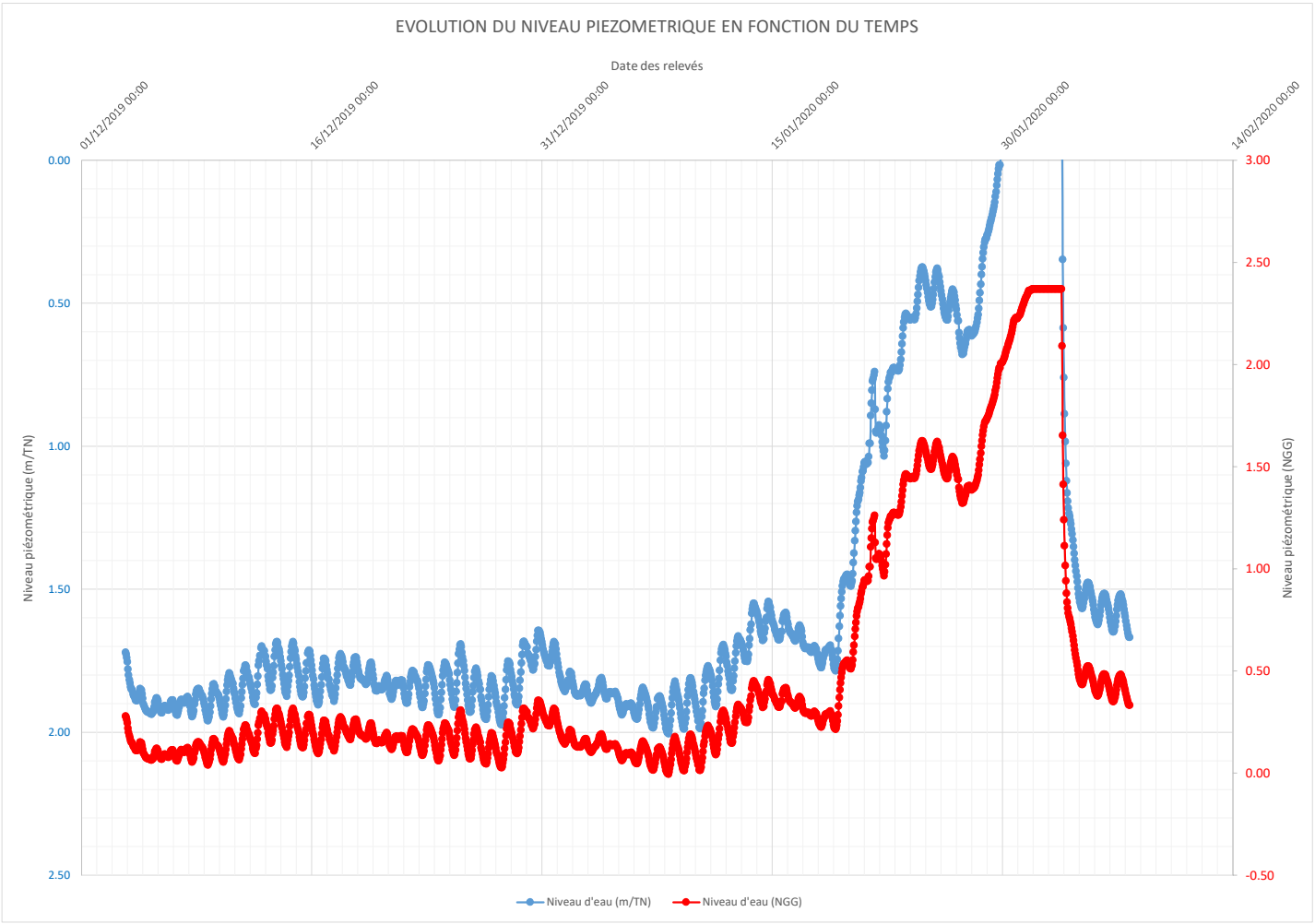
Ca3 : MATERIEL ET MISE EN ŒUVRE

EQUIPEMENT HORS SOL : *Tube principal intérieur en PVC crépiné Ø44/50mm manchonné/collé coiffé en tête par scellé dans un massif en béton*

MATERIEL DE MESURE : *Sonde "GOUDA LogSense TeMe Water Level Meter 19030106" - 5m*

FREQUENCE DE MESURES : *1u/1h (Fréquence théorique demandée : Non indiquée)*

GRAPHIQUE DE SYNTHESE



LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
03/12/19	21:00:00	2.120	32.460	1.72	0.28
03/12/19	22:00:00	2.127	31.380	1.73	0.27
03/12/19	23:00:00	2.139	31.080	1.74	0.26
04/12/19	00:00:00	2.154	30.990	1.75	0.25
04/12/19	01:00:00	2.180	31.110	1.78	0.22
04/12/19	02:00:00	2.200	31.290	1.80	0.20
04/12/19	03:00:00	2.217	31.410	1.82	0.18
04/12/19	04:00:00	2.228	31.410	1.83	0.17
04/12/19	05:00:00	2.241	31.320	1.84	0.16
04/12/19	06:00:00	2.248	31.200	1.85	0.15
04/12/19	07:00:00	2.250	31.080	1.85	0.15
04/12/19	08:00:00	2.255	30.990	1.85	0.15
04/12/19	09:00:00	2.267	30.930	1.87	0.13
04/12/19	10:00:00	2.273	30.900	1.87	0.13
04/12/19	11:00:00	2.273	30.840	1.87	0.13
04/12/19	12:00:00	2.281	30.810	1.88	0.12
04/12/19	13:00:00	2.288	30.750	1.89	0.11
04/12/19	14:00:00	2.290	30.720	1.89	0.11
04/12/19	15:00:00	2.289	30.600	1.89	0.11
04/12/19	16:00:00	2.288	30.510	1.89	0.11
04/12/19	17:00:00	2.277	30.390	1.88	0.12
04/12/19	18:00:00	2.269	30.360	1.87	0.13
04/12/19	19:00:00	2.259	30.300	1.86	0.14
04/12/19	20:00:00	2.248	30.270	1.85	0.15
04/12/19	21:00:00	2.252	30.270	1.85	0.15
04/12/19	22:00:00	2.253	30.300	1.85	0.15
04/12/19	23:00:00	2.267	30.330	1.87	0.13
05/12/19	00:00:00	2.282	30.330	1.88	0.12
05/12/19	01:00:00	2.300	30.330	1.90	0.10
05/12/19	02:00:00	2.306	30.330	1.91	0.09
05/12/19	03:00:00	2.313	30.300	1.91	0.09
05/12/19	04:00:00	2.319	30.270	1.92	0.08
05/12/19	05:00:00	2.324	30.240	1.92	0.08
05/12/19	06:00:00	2.325	30.150	1.93	0.07
05/12/19	07:00:00	2.330	30.120	1.93	0.07
05/12/19	08:00:00	2.328	30.090	1.93	0.07
05/12/19	09:00:00	2.331	30.060	1.93	0.07
05/12/19	10:00:00	2.330	30.060	1.93	0.07
05/12/19	11:00:00	2.331	30.030	1.93	0.07
05/12/19	12:00:00	2.335	30.030	1.94	0.06
05/12/19	13:00:00	2.336	30.030	1.94	0.06
05/12/19	14:00:00	2.337	30.000	1.94	0.06
05/12/19	15:00:00	2.332	29.970	1.93	0.07
05/12/19	16:00:00	2.330	29.940	1.93	0.07
05/12/19	17:00:00	2.321	29.900	1.92	0.08
05/12/19	18:00:00	2.311	29.870	1.91	0.09
05/12/19	19:00:00	2.295	29.870	1.90	0.11
05/12/19	20:00:00	2.290	29.870	1.89	0.11
05/12/19	21:00:00	2.280	29.870	1.88	0.12
05/12/19	22:00:00	2.281	29.840	1.88	0.12
05/12/19	23:00:00	2.285	29.870	1.89	0.11
06/12/19	00:00:00	2.291	29.870	1.89	0.11
06/12/19	01:00:00	2.305	29.870	1.90	0.10
06/12/19	02:00:00	2.316	29.870	1.92	0.08
06/12/19	03:00:00	2.320	29.840	1.92	0.08
06/12/19	04:00:00	2.329	29.840	1.93	0.07
06/12/19	05:00:00	2.332	29.810	1.93	0.07
06/12/19	06:00:00	2.332	29.780	1.93	0.07
06/12/19	07:00:00	2.323	29.750	1.92	0.08
06/12/19	08:00:00	2.316	29.750	1.92	0.08
06/12/19	09:00:00	2.310	29.750	1.91	0.09
06/12/19	10:00:00	2.307	29.750	1.91	0.09
06/12/19	11:00:00	2.309	29.750	1.91	0.09
06/12/19	12:00:00	2.310	29.750	1.91	0.09
06/12/19	13:00:00	2.314	29.720	1.91	0.09
06/12/19	14:00:00	2.319	29.720	1.92	0.08
06/12/19	15:00:00	2.322	29.720	1.92	0.08
06/12/19	16:00:00	2.323	29.720	1.92	0.08
06/12/19	17:00:00	2.316	29.680	1.92	0.08
06/12/19	18:00:00	2.310	29.680	1.91	0.09
06/12/19	19:00:00	2.308	29.680	1.91	0.09
06/12/19	20:00:00	2.292	29.650	1.89	0.11
06/12/19	21:00:00	2.288	29.650	1.89	0.11
06/12/19	22:00:00	2.288	29.680	1.89	0.11
06/12/19	23:00:00	2.288	29.680	1.89	0.11
07/12/19	00:00:00	2.295	29.680	1.89	0.11
07/12/19	01:00:00	2.303	29.650	1.90	0.10
07/12/19	02:00:00	2.315	29.680	1.92	0.08
07/12/19	03:00:00	2.327	29.650	1.93	0.07
07/12/19	04:00:00	2.336	29.650	1.94	0.06
07/12/19	05:00:00	2.339	29.620	1.94	0.06
07/12/19	06:00:00	2.341	29.620	1.94	0.06

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
07/12/19	07:00:00	2.332	29.620	1.93	0.07
07/12/19	08:00:00	2.324	29.590	1.92	0.08
07/12/19	09:00:00	2.311	29.590	1.91	0.09
07/12/19	10:00:00	2.302	29.590	1.90	0.10
07/12/19	11:00:00	2.293	29.590	1.89	0.11
07/12/19	12:00:00	2.285	29.590	1.89	0.11
07/12/19	13:00:00	2.287	29.590	1.89	0.11
07/12/19	14:00:00	2.292	29.590	1.89	0.11
07/12/19	15:00:00	2.292	29.590	1.89	0.11
07/12/19	16:00:00	2.296	29.590	1.90	0.10
07/12/19	17:00:00	2.298	29.590	1.90	0.10
07/12/19	18:00:00	2.290	29.590	1.89	0.11
07/12/19	19:00:00	2.285	29.560	1.89	0.11
07/12/19	20:00:00	2.281	29.560	1.88	0.12
07/12/19	21:00:00	2.278	29.560	1.88	0.12
07/12/19	22:00:00	2.275	29.560	1.88	0.12
07/12/19	23:00:00	2.280	29.560	1.88	0.12
08/12/19	00:00:00	2.287	29.560	1.89	0.11
08/12/19	01:00:00	2.298	29.560	1.90	0.10
08/12/19	02:00:00	2.308	29.560	1.91	0.09
08/12/19	03:00:00	2.325	29.530	1.93	0.07
08/12/19	04:00:00	2.336	29.560	1.94	0.06
08/12/19	05:00:00	2.346	29.530	1.95	0.05
08/12/19	06:00:00	2.342	29.530	1.94	0.06
08/12/19	07:00:00	2.335	29.530	1.94	0.06
08/12/19	08:00:00	2.325	29.500	1.93	0.07
08/12/19	09:00:00	2.301	29.530	1.90	0.10
08/12/19	10:00:00	2.287	29.530	1.89	0.11
08/12/19	11:00:00	2.267	29.500	1.87	0.13
08/12/19	12:00:00	2.257	29.500	1.86	0.14
08/12/19	13:00:00	2.252	29.500	1.85	0.15
08/12/19	14:00:00	2.248	29.500	1.85	0.15
08/12/19	15:00:00	2.248	29.500	1.85	0.15
08/12/19	16:00:00	2.249	29.530	1.85	0.15
08/12/19	17:00:00	2.260	29.530	1.86	0.14
08/12/19	18:00:00	2.259	29.530	1.86	0.14
08/12/19	19:00:00	2.266	29.530	1.87	0.13
08/12/19	20:00:00	2.271	29.500	1.87	0.13
08/12/19	21:00:00	2.273	29.500	1.87	0.13
08/12/19	22:00:00	2.282	29.460	1.88	0.12
08/12/19	23:00:00	2.285	29.500	1.88	0.12
09/12/19	00:00:00	2.298	29.460	1.90	0.10
09/12/19	01:00:00	2.307	29.460	1.91	0.09
09/12/19	02:00:00	2.323	29.500	1.92	0.08
09/12/19	03:00:00	2.336	29.500	1.94	0.06
09/12/19	04:00:00	2.347	29.460	1.95	0.05
09/12/19	05:00:00	2.358	29.460	1.96	0.04
09/12/19	06:00:00	2.360	29.460	1.96	0.04
09/12/19	07:00:00	2.352	29.460	1.95	0.05
09/12/19	08:00:00	2.345	29.460	1.95	0.05
09/12/19	09:00:00	2.331	29.460	1.93	0.07
09/12/19	10:00:00	2.308	29.460	1.91	0.09
09/12/19	11:00:00	2.285	29.460	1.89	0.12
09/12/19	12:00:00	2.266	29.460	1.87	0.13
09/12/19	13:00:00	2.249	29.430	1.85	0.15
09/12/19	14:00:00	2.233	29.460	1.83	0.17
09/12/19	15:00:00	2.232	29.460	1.83	0.17
09/12/19	16:00:00	2.240	29.460	1.84	0.16
09/12/19	17:00:00	2.240	29.460	1.84	0.16
09/12/19	18:00:00	2.255	29.460	1.85	0.15
09/12/19	19:00:00	2.260	29.460	1.86	0.14
09/12/19	20:00:00	2.261	29.460	1.86	0.14
09/12/19	21:00:00	2.267	29.430	1.87	0.13
09/12/19	22:00:00	2.268	29.430	1.87	0.13
09/12/19	23:00:00	2.274	29.430	1.87	0.13
10/12/19	00:00:00	2.282	29.430	1.88	0.12
10/12/19	01:00:00	2.295	29.430	1.89	0.11
10/12/19	02:00:00	2.306	29.430	1.91	0.09
10/12/19	03:00:00	2.320	29.430	1.92	0.08
10/12/19	04:00:00	2.333	29.430	1.93	0.07
10/12/19	05:00:00	2.340	29.430	1.94	0.06
10/12/19	06:00:00	2.347	29.400	1.95	0.05
10/12/19	07:00:00	2.339	29.430	1.94	0.06
10/12/19	08:00:00	2.324	29.430	1.92	0.08
10/12/19	09:00:00	2.307	29.400	1.91	0.09
10/12/19	10:00:00	2.284	29.400	1.88	0.12
10/12/19	11:00:00	2.258	29.400	1.86	0.14
10/12/19	12:00:00	2.235	29.400	1.84	0.16
10/12/19	13:00:00	2.217	29.400	1.82	0.18
10/12/19	14:00:00	2.205	29.400	1.81	0.19
10/12/19	15:00:00	2.193	29.430	1.79	0.21
10/12/19	16:00:00	2.196	29.430	1.80	0.20

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
10/12/19	17:00:00	2.206	29.430	1.81	0.19
10/12/19	18:00:00	2.212	29.430	1.81	0.19
10/12/19	19:00:00	2.217	29.400	1.82	0.18
10/12/19	20:00:00	2.226	29.430	1.83	0.17
10/12/19	21:00:00	2.230	29.430	1.83	0.17
10/12/19	22:00:00	2.247	29.400	1.85	0.15
10/12/19	23:00:00	2.260	29.400	1.86	0.14
11/12/19	00:00:00	2.267	29.430	1.87	0.13
11/12/19	01:00:00	2.282	29.400	1.88	0.12
11/12/19	02:00:00	2.296	29.400	1.90	0.10
11/12/19	03:00:00	2.311	29.400	1.91	0.09
11/12/19	04:00:00	2.320	29.400	1.92	0.08
11/12/19	05:00:00	2.328	29.400	1.93	0.07
11/12/19	06:00:00	2.332	29.400	1.93	0.07
11/12/19	07:00:00	2.335	29.400	1.94	0.06
11/12/19	08:00:00	2.323	29.370	1.92	0.08
11/12/19	09:00:00	2.309	29.400	1.91	0.09
11/12/19	10:00:00	2.281	29.400	1.88	0.12
11/12/19	11:00:00	2.259	29.400	1.86	0.14
11/12/19	12:00:00	2.234	29.400	1.83	0.17
11/12/19	13:00:00	2.212	29.370	1.81	0.19
11/12/19	14:00:00	2.186	29.370	1.79	0.21
11/12/19	15:00:00	2.177	29.370	1.78	0.22
11/12/19	16:00:00	2.166	29.370	1.77	0.23
11/12/19	17:00:00	2.166	29.400	1.77	0.23
11/12/19	18:00:00	2.172	29.370	1.77	0.23
11/12/19	19:00:00	2.186	29.400	1.79	0.21
11/12/19	20:00:00	2.191	29.400	1.79	0.21
11/12/19	21:00:00	2.206	29.370	1.81	0.19
11/12/19	22:00:00	2.209	29.370	1.81	0.19
11/12/19	23:00:00	2.219	29.370	1.82	0.18
12/12/19	00:00:00	2.230	29.370	1.83	0.17
12/12/19	01:00:00	2.236	29.370	1.84	0.16
12/12/19	02:00:00	2.246	29.370	1.85	0.15
12/12/19	03:00:00	2.260	29.370	1.86	0.14
12/12/19	04:00:00	2.278	29.370	1.88	0.12
12/12/19	05:00:00	2.290	29.370	1.89	0.11
12/12/19	06:00:00	2.298	29.370	1.90	0.10
12/12/19	07:00:00	2.302	29.370	1.90	0.10
12/12/19	08:00:00	2.302	29.370	1.90	0.10
12/12/19	09:00:00	2.279	29.370	1.88	0.12
12/12/19	10:00:00	2.263	29.370	1.86	0.14
12/12/19	11:00:00	2.233	29.370	1.83	0.17
12/12/19	12:00:00	2.204	29.340	1.80	0.20
12/12/19	13:00:00	2.166	29.340	1.77	0.23
12/12/19	14:00:00	2.151	29.180	1.75	0.25
12/12/19	15:00:00	2.132	29.210	1.73	0.27
12/12/19	16:00:00	2.132	29.210	1.73	0.27
12/12/19	17:00:00	2.105	29.310	1.70	0.30
12/12/19	18:00:00	2.098	29.340	1.70	0.30
12/12/19	19:00:00	2.108	29.370	1.71	0.29
12/12/19	20:00:00	2.110	29.370	1.71	0.29
12/12/19	21:00:00	2.115	29.340	1.72	0.28
12/12/19	22:00:00	2.116	29.340	1.72	0.28
12/12/19	23:00:00	2.133	29.340	1.73	0.27
13/12/19	00:00:00	2.135	29.340	1.74	0.27
13/12/19	01:00:00	2.153	29.340	1.75	0.25
13/12/19	02:00:00	2.166	29.340	1.77	0.23
13/12/19	03:00:00	2.179	29.340	1.78	0.22
13/12/19	04:00:00	2.204	29.340	1.80	0.20
13/12/19	05:00:00	2.220	29.340	1.82	0.18
13/12/19	06:00:00	2.233	29.340	1.83	0.17
13/12/19	07:00:00	2.249	29.340	1.85	0.15
13/12/19	08:00:00	2.254	29.340	1.85	0.15
13/12/19	09:00:00	2.251	29.340	1.85	0.15
13/12/19	10:00:00	2.238	29.340	1.84	0.16
13/12/19	11:00:00	2.209	29.340	1.81	0.19
13/12/19	12:00:00	2.191	29.340	1.79	0.21
13/12/19	13:00:00	2.168	29.340	1.77	0.23
13/12/19	14:00:00	2.135	29.310	1.74	0.27
13/12/19	15:00:00	2.113	29.310	1.71	0.29
13/12/19	16:00:00	2.091	29.310	1.69	0.31
13/12/19	17:00:00	2.085	29.340	1.68	0.32
13/12/19	18:00:00	2.083	29.340	1.68	0.32
13/12/19	19:00:00	2.088	29.340	1.69	0.31
13/12/19	20:00:00	2.103	29.340	1.70	0.30
13/12/19	21:00:00	2.111	29.340	1.71	0.29
13/12/19	22:00:00	2.122	29.310	1.72	0.28
13/12/19	23:00:00	2.137	29.340	1.74	0.26
14/12/19	00:00:00	2.150	29.340	1.75	0.25
14/12/19	01:00:00	2.166	29.340	1.77	0.23
14/12/19	02:00:00	2.178	29.340	1.78	0.22

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
14/12/19	03:00:00	2.199	29.310	1.80	0.20
14/12/19	04:00:00	2.214	29.340	1.81	0.19
14/12/19	05:00:00	2.230	29.340	1.83	0.17
14/12/19	06:00:00	2.248	29.310	1.85	0.15
14/12/19	07:00:00	2.260	29.310	1.86	0.14
14/12/19	08:00:00	2.265	29.310	1.86	0.14
14/12/19	09:00:00	2.274	29.310	1.87	0.13
14/12/19	10:00:00	2.258	29.310	1.86	0.14
14/12/19	11:00:00	2.238	29.340	1.84	0.16
14/12/19	12:00:00	2.220	29.310	1.82	0.18
14/12/19	13:00:00	2.201	29.310	1.80	0.20
14/12/19	14:00:00	2.171	29.340	1.77	0.23
14/12/19	15:00:00	2.141	29.240	1.74	0.26
14/12/19	16:00:00	2.118	29.240	1.72	0.28
14/12/19	17:00:00	2.100	29.310	1.70	0.30
14/12/19	18:00:00	2.092	29.310	1.69	0.31
14/12/19	19:00:00	2.084	29.310	1.68	0.32
14/12/19	20:00:00	2.090	29.310	1.69	0.31
14/12/19	21:00:00	2.107	29.310	1.71	0.29
14/12/19	22:00:00	2.115	29.310	1.72	0.28
14/12/19	23:00:00	2.134	29.310	1.73	0.27
15/12/19	00:00:00	2.145	29.310	1.75	0.25
15/12/19	01:00:00	2.162	29.310	1.76	0.24
15/12/19	02:00:00	2.174	29.310	1.77	0.23
15/12/19	03:00:00	2.189	29.340	1.79	0.21
15/12/19	04:00:00	2.203	29.310	1.80	0.20
15/12/19	05:00:00	2.224	29.310	1.82	0.18
15/12/19	06:00:00	2.241	29.310	1.84	0.16
15/12/19	07:00:00	2.255	29.310	1.85	0.15
15/12/19	08:00:00	2.268	29.310	1.87	0.13
15/12/19	09:00:00	2.275	29.310	1.87	0.13
15/12/19	10:00:00	2.276	29.310	1.88	0.12
15/12/19	11:00:00	2.274	29.310	1.87	0.13
15/12/19	12:00:00	2.261	29.310	1.86	0.14
15/12/19	13:00:00	2.240	29.310	1.84	0.16
15/12/19	14:00:00	2.212	29.310	1.81	0.19
15/12/19	15:00:00	2.186	29.310	1.79	0.21
15/12/19	16:00:00	2.158	29.280	1.76	0.24
15/12/19	17:00:00	2.158	29.280	1.76	0.24
15/12/19	18:00:00	2.123	29.280	1.72	0.28
15/12/19	19:00:00	2.117	29.310	1.72	0.28
15/12/19	20:00:00	2.113	29.310	1.71	0.29
15/12/19	21:00:00	2.117	29.310	1.72	0.28
15/12/19	22:00:00	2.131	29.310	1.73	0.27
15/12/19	23:00:00	2.148	29.280	1.75	0.25
16/12/19	00:00:00	2.166	29.310	1.77	0.23
16/12/19	01:00:00	2.184	29.310	1.78	0.22
16/12/19	02:00:00	2.202	29.280	1.80	0.20
16/12/19	03:00:00	2.215	29.310	1.81	0.19
16/12/19	04:00:00	2.235	29.280	1.84	0.16
16/12/19	05:00:00	2.248	29.310	1.85	0.15
16/12/19	06:00:00	2.265	29.310	1.86	0.14
16/12/19	07:00:00	2.276	29.280	1.88	0.12
16/12/19	08:00:00	2.290	29.280	1.89	0.11
16/12/19	09:00:00	2.298	29.280	1.90	0.10
16/12/19	10:00:00	2.305	29.280	1.90	0.10
16/12/19	11:00:00	2.301	29.280	1.90	0.10
16/12/19	12:00:00	2.293	29.310	1.89	0.11
16/12/19	13:00:00	2.277	29.310	1.88	0.12
16/12/19	14:00:00	2.257	29.310	1.86	0.14
16/12/19	15:00:00	2.234	29.310	1.83	0.17
16/12/19	16:00:00	2.207	29.310	1.81	0.19
16/12/19	17:00:00	2.178	29.310	1.78	0.22
16/12/19	18:00:00	2.160	29.240	1.76	0.24
16/12/19	19:00:00	2.142	29.280	1.74	0.26
16/12/19	20:00:00	2.142	29.280	1.74	0.26
16/12/19	21:00:00	2.145	29.310	1.75	0.25
16/12/19	22:00:00	2.151	29.280	1.75	0.25
16/12/19	23:00:00	2.167	29.280	1.77	0.23
17/12/19	00:00:00	2.181	29.280	1.78	0.22
17/12/19	01:00:00	2.194	29.280	1.79	0.21
17/12/19	02:00:00	2.211	29.280	1.81	0.19
17/12/19	03:00:00	2.216	29.280	1.82	0.18
17/12/19	04:00:00	2.235	29.280	1.83	0.17
17/12/19	05:00:00	2.239	29.280	1.84	0.16
17/12/19	06:00:00	2.250	29.280	1.85	0.15
17/12/19	07:00:00	2.256	29.280	1.86	0.14
17/12/19	08:00:00	2.269	29.240	1.87	0.13
17/12/19	09:00:00	2.276	29.280	1.88	0.12
17/12/19	10:00:00	2.277	29.280	1.88	0.12
17/12/19	11:00:00	2.292	29.280	1.89	0.11
17/12/19	12:00:00	2.281	29.280	1.88	0.12

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
17/12/19	13:00:00	2.267	29.280	1.87	0.13
17/12/19	14:00:00	2.245	29.280	1.85	0.15
17/12/19	15:00:00	2.222	29.310	1.82	0.18
17/12/19	16:00:00	2.201	29.280	1.80	0.20
17/12/19	17:00:00	2.177	29.310	1.78	0.22
17/12/19	18:00:00	2.157	29.240	1.76	0.24
17/12/19	19:00:00	2.140	29.280	1.74	0.26
17/12/19	20:00:00	2.132	29.280	1.73	0.27
17/12/19	21:00:00	2.125	29.280	1.73	0.27
17/12/19	22:00:00	2.131	29.280	1.73	0.27
17/12/19	23:00:00	2.134	29.280	1.73	0.27
18/12/19	00:00:00	2.142	29.240	1.74	0.26
18/12/19	01:00:00	2.154	29.280	1.75	0.25
18/12/19	02:00:00	2.169	29.280	1.77	0.23
18/12/19	03:00:00	2.175	29.280	1.77	0.23
18/12/19	04:00:00	2.182	29.280	1.78	0.22
18/12/19	05:00:00	2.182	29.280	1.78	0.22
18/12/19	06:00:00	2.195	29.280	1.80	0.20
18/12/19	07:00:00	2.204	29.280	1.80	0.20
18/12/19	08:00:00	2.207	29.240	1.81	0.19
18/12/19	09:00:00	2.219	29.280	1.82	0.18
18/12/19	10:00:00	2.221	29.280	1.82	0.18
18/12/19	11:00:00	2.230	29.240	1.83	0.17
18/12/19	12:00:00	2.236	29.280	1.84	0.16
18/12/19	13:00:00	2.236	29.280	1.84	0.16
18/12/19	14:00:00	2.222	29.280	1.82	0.18
18/12/19	15:00:00	2.205	29.280	1.80	0.20
18/12/19	16:00:00	2.189	29.280	1.79	0.21
18/12/19	17:00:00	2.168	29.280	1.77	0.23
18/12/19	18:00:00	2.155	29.280	1.76	0.24
18/12/19	19:00:00	2.141	29.280	1.74	0.26
18/12/19	20:00:00	2.138	29.280	1.74	0.26
18/12/19	21:00:00	2.137	29.240	1.74	0.26
18/12/19	22:00:00	2.140	29.280	1.74	0.26
18/12/19	23:00:00	2.154	29.240	1.75	0.25
19/12/19	00:00:00	2.167	29.280	1.77	0.23
19/12/19	01:00:00	2.182	29.240	1.78	0.22
19/12/19	02:00:00	2.191	29.280	1.79	0.21
19/12/19	03:00:00	2.204	29.240	1.80	0.20
19/12/19	04:00:00	2.211	29.240	1.81	0.19
19/12/19	05:00:00	2.213	29.280	1.81	0.19
19/12/19	06:00:00	2.216	29.240	1.82	0.18
19/12/19	07:00:00	2.213	29.240	1.81	0.19
19/12/19	08:00:00	2.218	29.240	1.82	0.18
19/12/19	09:00:00	2.221	29.280	1.82	0.18
19/12/19	10:00:00	2.222	29.240	1.82	0.18
19/12/19	11:00:00	2.222	29.240	1.82	0.18
19/12/19	12:00:00	2.229	29.280	1.83	0.17
19/12/19	13:00:00	2.234	29.240	1.83	0.17
19/12/19	14:00:00	2.230	29.240	1.83	0.17
19/12/19	15:00:00	2.226	29.280	1.83	0.17
19/12/19	16:00:00	2.211	29.280	1.81	0.19
19/12/19	17:00:00	2.193	29.280	1.79	0.21
19/12/19	18:00:00	2.179	29.280	1.78	0.22
19/12/19	19:00:00	2.170	29.280	1.77	0.23
19/12/19	20:00:00	2.157	29.280	1.76	0.24
19/12/19	21:00:00	2.156	29.280	1.76	0.24
19/12/19	22:00:00	2.166	29.240	1.77	0.23
19/12/19	23:00:00	2.181	29.240	1.78	0.22
20/12/19	00:00:00	2.199	29.240	1.80	0.20
20/12/19	01:00:00	2.214	29.240	1.81	0.19
20/12/19	02:00:00	2.233	29.240	1.83	0.17
20/12/19	03:00:00	2.243	29.240	1.84	0.16
20/12/19	04:00:00	2.254	29.240	1.85	0.15
20/12/19	05:00:00	2.254	29.240	1.85	0.15
20/12/19	06:00:00	2.256	29.240	1.86	0.14
20/12/19	07:00:00	2.249	29.240	1.85	0.15
20/12/19	08:00:00	2.241	29.240	1.84	0.16
20/12/19	09:00:00	2.238	29.240	1.84	0.16
20/12/19	10:00:00	2.243	29.240	1.84	0.16
20/12/19	11:00:00	2.243	29.240	1.84	0.16
20/12/19	12:00:00	2.247	29.240	1.85	0.15
20/12/19	13:00:00	2.252	29.240	1.85	0.15
20/12/19	14:00:00	2.250	29.240	1.85	0.15
20/12/19	15:00:00	2.250	29.240	1.85	0.15
20/12/19	16:00:00	2.246	29.240	1.85	0.15
20/12/19	17:00:00	2.235	29.240	1.83	0.17
20/12/19	18:00:00	2.223	29.240	1.82	0.18
20/12/19	19:00:00	2.215	29.240	1.82	0.18
20/12/19	20:00:00	2.211	29.240	1.81	0.19
20/12/19	21:00:00	2.202	29.240	1.80	0.20
20/12/19	22:00:00	2.207	29.240	1.81	0.19

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
20/12/19	23:00:00	2.216	29.240	1.82	0.18
21/12/19	00:00:00	2.231	29.240	1.83	0.17
21/12/19	01:00:00	2.243	29.240	1.84	0.16
21/12/19	02:00:00	2.265	29.210	1.87	0.14
21/12/19	03:00:00	2.272	29.210	1.87	0.13
21/12/19	04:00:00	2.280	29.210	1.88	0.12
21/12/19	05:00:00	2.284	29.210	1.88	0.12
21/12/19	06:00:00	2.280	29.240	1.88	0.12
21/12/19	07:00:00	2.273	29.240	1.87	0.13
21/12/19	08:00:00	2.259	29.240	1.86	0.14
21/12/19	09:00:00	2.244	29.240	1.84	0.16
21/12/19	10:00:00	2.232	29.240	1.83	0.17
21/12/19	11:00:00	2.222	29.240	1.82	0.18
21/12/19	12:00:00	2.220	29.240	1.82	0.18
21/12/19	13:00:00	2.221	29.240	1.82	0.18
21/12/19	14:00:00	2.221	29.240	1.82	0.18
21/12/19	15:00:00	2.232	29.240	1.83	0.17
21/12/19	16:00:00	2.235	29.240	1.84	0.16
21/12/19	17:00:00	2.230	29.240	1.83	0.17
21/12/19	18:00:00	2.231	29.280	1.83	0.17
21/12/19	19:00:00	2.219	29.240	1.82	0.18
21/12/19	20:00:00	2.218	29.240	1.82	0.18
21/12/19	21:00:00	2.219	29.240	1.82	0.18
21/12/19	22:00:00	2.219	29.240	1.82	0.18
21/12/19	23:00:00	2.233	29.210	1.83	0.17
22/12/19	00:00:00	2.246	29.210	1.85	0.15
22/12/19	01:00:00	2.265	29.210	1.86	0.14
22/12/19	02:00:00	2.279	29.210	1.88	0.12
22/12/19	03:00:00	2.291	29.210	1.89	0.11
22/12/19	04:00:00	2.298	29.210	1.90	0.10
22/12/19	05:00:00	2.298	29.210	1.90	0.10
22/12/19	06:00:00	2.297	29.210	1.90	0.10
22/12/19	07:00:00	2.282	29.240	1.88	0.12
22/12/19	08:00:00	2.268	29.210	1.87	0.13
22/12/19	09:00:00	2.242	29.210	1.84	0.16
22/12/19	10:00:00	2.223	29.210	1.82	0.18
22/12/19	11:00:00	2.207	29.240	1.81	0.19
22/12/19	12:00:00	2.197	29.210	1.80	0.20
22/12/19	13:00:00	2.188	29.240	1.79	0.21
22/12/19	14:00:00	2.185	29.240	1.79	0.22
22/12/19	15:00:00	2.188	29.240	1.79	0.21
22/12/19	16:00:00	2.190	29.240	1.79	0.21
22/12/19	17:00:00	2.199	29.240	1.80	0.20
22/12/19	18:00:00	2.206	29.240	1.81	0.19
22/12/19	19:00:00	2.207	29.240	1.81	0.19
22/12/19	20:00:00	2.216	29.210	1.82	0.18
22/12/19	21:00:00	2.219	29.240	1.82	0.18
22/12/19	22:00:00	2.225	29.240	1.82	0.18
22/12/19	23:00:00	2.236	29.210	1.84	0.16
23/12/19	00:00:00	2.247	29.210	1.85	0.15
23/12/19	01:00:00	2.264	29.180	1.86	0.14
23/12/19	02:00:00	2.277	29.210	1.88	0.12
23/12/19	03:00:00	2.295	29.210	1.89	0.11
23/12/19	04:00:00	2.308	29.210	1.91	0.09
23/12/19	05:00:00	2.313	29.210	1.91	0.09
23/12/19	06:00:00	2.312	29.210	1.91	0.09
23/12/19	07:00:00	2.301	29.210	1.90	0.10
23/12/19	08:00:00	2.291	29.210	1.89	0.11
23/12/19	09:00:00	2.265	29.210	1.86	0.14
23/12/19	10:00:00	2.239	29.210	1.84	0.16
23/12/19	11:00:00	2.216	29.210	1.82	0.18
23/12/19	12:00:00	2.189	29.210	1.79	0.21
23/12/19	13:00:00	2.176	29.240	1.78	0.22
23/12/19	14:00:00	2.165	29.240	1.77	0.23
23/12/19	15:00:00	2.166	29.210	1.77	0.23
23/12/19	16:00:00	2.170	29.210	1.77	0.23
23/12/19	17:00:00	2.176	29.240	1.78	0.22
23/12/19	18:00:00	2.184	29.240	1.78	0.22
23/12/19	19:00:00	2.190	29.240	1.79	0.21
23/12/19	20:00:00	2.199	29.210	1.80	0.20
23/12/19	21:00:00	2.209	29.210	1.81	0.19
23/12/19	22:00:00	2.219	29.210	1.82	0.18
23/12/19	23:00:00	2.230	29.210	1.83	0.17
24/12/19	00:00:00	2.245	29.180	1.84	0.16
24/12/19	01:00:00	2.265	29.180	1.87	0.14
24/12/19	02:00:00	2.284	29.210	1.88	0.12
24/12/19	03:00:00	2.302	29.210	1.90	0.10
24/12/19	04:00:00	2.321	29.180	1.92	0.08
24/12/19	05:00:00	2.332	29.210	1.93	0.07
24/12/19	06:00:00	2.339	29.210	1.94	0.06
24/12/19	07:00:00	2.339	29.210	1.94	0.06
24/12/19	08:00:00	2.331	29.210	1.93	0.07

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
24/12/19	09:00:00	2.314	29.210	1.91	0.09
24/12/19	10:00:00	2.286	29.210	1.89	0.11
24/12/19	11:00:00	2.261	29.210	1.86	0.14
24/12/19	12:00:00	2.234	29.210	1.83	0.17
24/12/19	13:00:00	2.204	29.210	1.80	0.20
24/12/19	14:00:00	2.183	29.210	1.78	0.22
24/12/19	15:00:00	2.169	29.210	1.77	0.23
24/12/19	16:00:00	2.156	29.210	1.76	0.24
24/12/19	17:00:00	2.157	29.210	1.76	0.24
24/12/19	18:00:00	2.160	29.210	1.76	0.24
24/12/19	19:00:00	2.167	29.210	1.77	0.23
24/12/19	20:00:00	2.175	29.210	1.77	0.23
24/12/19	21:00:00	2.184	29.210	1.78	0.22
24/12/19	22:00:00	2.189	29.210	1.79	0.21
24/12/19	23:00:00	2.197	29.210	1.80	0.20
25/12/19	00:00:00	2.218	29.180	1.82	0.18
25/12/19	01:00:00	2.234	29.210	1.83	0.17
25/12/19	02:00:00	2.251	29.180	1.85	0.15
25/12/19	03:00:00	2.265	29.180	1.87	0.13
25/12/19	04:00:00	2.285	29.180	1.89	0.11
25/12/19	05:00:00	2.294	29.210	1.89	0.11
25/12/19	06:00:00	2.306	29.180	1.91	0.09
25/12/19	07:00:00	2.313	29.180	1.91	0.09
25/12/19	08:00:00	2.307	29.180	1.91	0.09
25/12/19	09:00:00	2.288	29.210	1.89	0.11
25/12/19	10:00:00	2.258	29.210	1.86	0.14
25/12/19	11:00:00	2.228	29.210	1.83	0.17
25/12/19	12:00:00	2.192	29.210	1.79	0.21
25/12/19	13:00:00	2.158	29.060	1.76	0.24
25/12/19	14:00:00	2.126	28.930	1.73	0.27
25/12/19	15:00:00	2.111	28.960	1.71	0.29
25/12/19	16:00:00	2.094	29.060	1.69	0.31
25/12/19	17:00:00	2.091	29.120	1.69	0.31
25/12/19	18:00:00	2.101	29.060	1.70	0.30
25/12/19	19:00:00	2.120	29.020	1.72	0.28
25/12/19	20:00:00	2.137	29.120	1.74	0.26
25/12/19	21:00:00	2.151	29.150	1.75	0.25
25/12/19	22:00:00	2.168	29.150	1.77	0.23
25/12/19	23:00:00	2.185	29.150	1.78	0.22
26/12/19	00:00:00	2.208	29.150	1.81	0.19
26/12/19	01:00:00	2.230	29.150	1.83	0.17
26/12/19	02:00:00	2.248	29.150	1.85	0.15
26/12/19	03:00:00	2.269	29.150	1.87	0.13
26/12/19	04:00:00	2.287	29.180	1.89	0.11
26/12/19	05:00:00	2.306	29.180	1.91	0.09
26/12/19	06:00:00	2.317	29.180	1.92	0.08
26/12/19	07:00:00	2.329	29.180	1.93	0.07
26/12/19	08:00:00	2.330	29.180	1.93	0.07
26/12/19	09:00:00	2.327	29.210	1.93	0.07
26/12/19	10:00:00	2.310	29.180	1.91	0.09
26/12/19	11:00:00	2.288	29.180	1.89	0.11
26/12/19	12:00:00	2.259	29.180	1.86	0.14
26/12/19	13:00:00	2.238	29.180	1.84	0.16
26/12/19	14:00:00	2.210	29.180	1.81	0.19
26/12/19	15:00:00	2.188	29.210	1.79	0.21
26/12/19	16:00:00	2.184	29.210	1.78	0.22
26/12/19	17:00:00	2.176	29.210	1.78	0.22
26/12/19	18:00:00	2.182	29.180	1.78	0.22
26/12/19	19:00:00	2.191	29.180	1.79	0.21
26/12/19	20:00:00	2.203	29.180	1.80	0.20
26/12/19	21:00:00	2.221	29.180	1.82	0.18
26/12/19	22:00:00	2.231	29.180	1.83	0.17
26/12/19	23:00:00	2.250	29.180	1.85	0.15
27/12/19	00:00:00	2.250	29.180	1.85	0.15
27/12/19	01:00:00	2.276	29.150	1.88	0.12
27/12/19	02:00:00	2.288	29.150	1.89	0.11
27/12/19	03:00:00	2.304	29.150	1.90	0.10
27/12/19	04:00:00	2.320	29.150	1.92	0.08
27/12/19	05:00:00	2.335	29.180	1.94	0.06
27/12/19	06:00:00	2.344	29.150	1.94	0.06
27/12/19	07:00:00	2.350	29.180	1.95	0.05
27/12/19	08:00:00	2.354	29.150	1.95	0.05
27/12/19	09:00:00	2.355	29.180	1.95	0.05
27/12/19	10:00:00	2.345	29.180	1.94	0.06
27/12/19	11:00:00	2.326	29.180	1.93	0.07
27/12/19	12:00:00	2.304	29.180	1.90	0.10
27/12/19	13:00:00	2.276	29.180	1.88	0.12
27/12/19	14:00:00	2.251	29.180	1.85	0.15
27/12/19	15:00:00	2.232	29.180	1.83	0.17
27/12/19	16:00:00	2.216	29.180	1.82	0.18
27/12/19	17:00:00	2.203	29.180	1.80	0.20
27/12/19	18:00:00	2.207	29.180	1.81	0.19

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
27/12/19	19:00:00	2.208	29.150	1.81	0.19
27/12/19	20:00:00	2.220	29.150	1.82	0.18
27/12/19	21:00:00	2.237	29.150	1.84	0.16
27/12/19	22:00:00	2.251	29.150	1.85	0.15
27/12/19	23:00:00	2.263	29.150	1.86	0.14
28/12/19	00:00:00	2.278	29.150	1.88	0.12
28/12/19	01:00:00	2.295	29.150	1.90	0.10
28/12/19	02:00:00	2.306	29.150	1.91	0.09
28/12/19	03:00:00	2.316	29.150	1.92	0.08
28/12/19	04:00:00	2.330	29.150	1.93	0.07
28/12/19	05:00:00	2.345	29.150	1.95	0.05
28/12/19	06:00:00	2.357	29.150	1.96	0.04
28/12/19	07:00:00	2.366	29.150	1.97	0.03
28/12/19	08:00:00	2.372	29.150	1.97	0.03
28/12/19	09:00:00	2.374	29.180	1.97	0.03
28/12/19	10:00:00	2.368	29.180	1.97	0.03
28/12/19	11:00:00	2.349	29.180	1.95	0.05
28/12/19	12:00:00	2.332	29.180	1.93	0.07
28/12/19	13:00:00	2.308	29.180	1.91	0.09
28/12/19	14:00:00	2.279	29.180	1.88	0.12
28/12/19	15:00:00	2.250	29.180	1.85	0.15
28/12/19	16:00:00	2.216	29.210	1.82	0.18
28/12/19	17:00:00	2.183	29.180	1.78	0.22
28/12/19	18:00:00	2.166	29.180	1.77	0.23
28/12/19	19:00:00	2.152	29.120	1.75	0.25
28/12/19	20:00:00	2.153	29.150	1.75	0.25
28/12/19	21:00:00	2.156	29.120	1.76	0.24
28/12/19	22:00:00	2.163	29.150	1.76	0.24
28/12/19	23:00:00	2.181	29.120	1.78	0.22
29/12/19	00:00:00	2.195	29.150	1.79	0.21
29/12/19	01:00:00	2.205	29.150	1.80	0.20
29/12/19	02:00:00	2.221	29.150	1.82	0.18
29/12/19	03:00:00	2.234	29.150	1.83	0.17
29/12/19	04:00:00	2.249	29.150	1.85	0.15
29/12/19	05:00:00	2.268	29.150	1.87	0.13
29/12/19	06:00:00	2.277	29.150	1.88	0.12
29/12/19	07:00:00	2.294	29.150	1.89	0.11
29/12/19	08:00:00	2.300	29.150	1.90	0.10
29/12/19	09:00:00	2.305	29.150	1.90	0.10
29/12/19	10:00:00	2.302	29.150	1.90	0.10
29/12/19	11:00:00	2.292	29.150	1.89	0.11
29/12/19	12:00:00	2.276	29.150	1.88	0.12
29/12/19	13:00:00	2.246	29.150	1.85	0.15
29/12/19	14:00:00	2.219	29.180	1.82	0.18
29/12/19	15:00:00	2.189	29.180	1.79	0.21
29/12/19	16:00:00	2.158	29.180	1.76	0.24
29/12/19	17:00:00	2.128	29.020	1.73	0.27
29/12/19	18:00:00	2.097	28.930	1.70	0.30
29/12/19	19:00:00	2.085	28.990	1.68	0.32
29/12/19	20:00:00	2.083	29.090	1.68	0.32
29/12/19	21:00:00	2.088	29.060	1.69	0.31
29/12/19	22:00:00	2.094	28.990	1.69	0.31
29/12/19	23:00:00	2.097	29.060	1.70	0.30
30/12/19	00:00:00	2.102	29.090	1.70	0.30
30/12/19	01:00:00	2.102	29.090	1.70	0.30
30/12/19	02:00:00	2.124	29.120	1.72	0.28
30/12/19	03:00:00	2.130	29.120	1.73	0.27
30/12/19	04:00:00	2.136	29.120	1.74	0.26
30/12/19	05:00:00	2.134	29.150	1.73	0.27
30/12/19	06:00:00	2.146	29.120	1.75	0.25
30/12/19	07:00:00	2.152	29.120	1.75	0.25
30/12/19	08:00:00	2.166	29.120	1.77	0.23
30/12/19	09:00:00	2.172	29.120	1.77	0.23
30/12/19	10:00:00	2.183	29.150	1.78	0.22
30/12/19	11:00:00	2.179	29.150	1.78	0.22
30/12/19	12:00:00	2.165	29.150	1.76	0.24
30/12/19	13:00:00	2.160	29.150	1.76	0.24
30/12/19	14:00:00	2.137	29.180	1.74	0.26
30/12/19	15:00:00	2.111	29.150	1.71	0.29
30/12/19	16:00:00	2.082	29.180	1.68	0.32
30/12/19	17:00:00	2.061	29.150	1.66	0.34
30/12/19	18:00:00	2.045	29.150	1.64	0.36
30/12/19	19:00:00	2.045	29.120	1.65	0.35
30/12/19	20:00:00	2.045	29.150	1.65	0.35
30/12/19	21:00:00	2.051	29.120	1.65	0.35
30/12/19	22:00:00	2.062	29.120	1.66	0.34
30/12/19	23:00:00	2.074	29.120	1.67	0.33
31/12/19	00:00:00	2.084	29.120	1.68	0.32
31/12/19	01:00:00	2.096	29.120	1.70	0.30
31/12/19	02:00:00	2.109	29.120	1.71	0.29
31/12/19	03:00:00	2.121	29.150	1.72	0.28
31/12/19	04:00:00	2.129	29.120	1.73	0.27

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
31/12/19	05:00:00	2.135	29.120	1.73	0.27
31/12/19	06:00:00	2.142	29.120	1.74	0.26
31/12/19	07:00:00	2.149	29.150	1.75	0.25
31/12/19	08:00:00	2.154	29.150	1.75	0.25
31/12/19	09:00:00	2.166	29.120	1.77	0.23
31/12/19	10:00:00	2.167	29.120	1.77	0.23
31/12/19	11:00:00	2.165	29.150	1.76	0.24
31/12/19	12:00:00	2.168	29.150	1.77	0.23
31/12/19	13:00:00	2.156	29.150	1.76	0.24
31/12/19	14:00:00	2.152	29.150	1.75	0.25
31/12/19	15:00:00	2.132	29.180	1.73	0.27
31/12/19	16:00:00	2.118	29.150	1.72	0.28
31/12/19	17:00:00	2.103	29.180	1.70	0.30
31/12/19	18:00:00	2.090	29.150	1.69	0.31
31/12/19	19:00:00	2.083	29.150	1.68	0.32
31/12/19	20:00:00	2.088	29.120	1.69	0.31
31/12/19	21:00:00	2.092	29.120	1.69	0.31
31/12/19	22:00:00	2.109	29.120	1.71	0.29
31/12/19	23:00:00	2.126	29.120	1.73	0.27
01/01/20	00:00:00	2.145	29.120	1.75	0.25
01/01/20	01:00:00	2.159	29.120	1.76	0.24
01/01/20	02:00:00	2.174	29.120	1.77	0.23
01/01/20	03:00:00	2.190	29.120	1.79	0.21
01/01/20	04:00:00	2.201	29.120	1.80	0.20
01/01/20	05:00:00	2.208	29.120	1.81	0.19
01/01/20	06:00:00	2.221	29.120	1.82	0.18
01/01/20	07:00:00	2.229	29.120	1.83	0.17
01/01/20	08:00:00	2.238	29.120	1.84	0.16
01/01/20	09:00:00	2.246	29.150	1.85	0.15
01/01/20	10:00:00	2.250	29.150	1.85	0.15
01/01/20	11:00:00	2.251	29.120	1.85	0.15
01/01/20	12:00:00	2.258	29.120	1.86	0.14
01/01/20	13:00:00	2.253	29.120	1.85	0.15
01/01/20	14:00:00	2.243	29.120	1.84	0.16
01/01/20	15:00:00	2.241	29.150	1.84	0.16
01/01/20	16:00:00	2.231	29.150	1.83	0.17
01/01/20	17:00:00	2.218	29.180	1.82	0.18
01/01/20	18:00:00	2.218	29.180	1.82	0.18
01/01/20	19:00:00	2.193	29.150	1.79	0.21
01/01/20	20:00:00	2.188	29.150	1.79	0.21
01/01/20	21:00:00	2.193	29.150	1.79	0.21
01/01/20	22:00:00	2.193	29.120	1.79	0.21
01/01/20	23:00:00	2.206	29.120	1.81	0.19
02/01/20	00:00:00	2.222	29.120	1.82	0.18
02/01/20	01:00:00	2.233	29.120	1.83	0.17
02/01/20	02:00:00	2.245	29.120	1.84	0.16
02/01/20	03:00:00	2.259	29.120	1.86	0.14
02/01/20	04:00:00	2.263	29.120	1.86	0.14
02/01/20	05:00:00	2.269	29.120	1.87	0.13
02/01/20	06:00:00	2.267	29.120	1.87	0.13
02/01/20	07:00:00	2.272	29.120	1.87	0.13
02/01/20	08:00:00	2.273	29.120	1.87	0.13
02/01/20	09:00:00	2.268	29.120	1.87	0.13
02/01/20	10:00:00	2.270	29.120	1.87	0.13
02/01/20	11:00:00	2.266	29.120	1.87	0.13
02/01/20	12:00:00	2.272	29.120	1.87	0.13
02/01/20	13:00:00	2.271	29.120	1.87	0.13
02/01/20	14:00:00	2.268	29.150	1.87	0.13
02/01/20	15:00:00	2.260	29.120	1.86	0.14
02/01/20	16:00:00	2.256	29.150	1.86	0.14
02/01/20	17:00:00	2.250	29.150	1.85	0.15
02/01/20	18:00:00	2.240	29.150	1.84	0.16
02/01/20	19:00:00	2.236	29.120	1.84	0.16
02/01/20	20:00:00	2.232	29.120	1.83	0.17
02/01/20	21:00:00	2.233	29.090	1.83	0.17
02/01/20	22:00:00	2.239	29.120	1.84	0.16
02/01/20	23:00:00	2.254	29.120	1.85	0.15
03/01/20	00:00:00	2.266	29.120	1.87	0.13
03/01/20	01:00:00	2.277	29.120	1.88	0.12
03/01/20	02:00:00	2.283	29.120	1.88	0.12
03/01/20	03:00:00	2.291	29.120	1.89	0.11
03/01/20	04:00:00	2.296	29.090	1.90	0.10
03/01/20	05:00:00	2.298	29.120	1.90	0.10
03/01/20	06:00:00	2.295	29.120	1.90	0.11
03/01/20	07:00:00	2.291	29.120	1.89	0.11
03/01/20	08:00:00	2.285	29.120	1.88	0.12
03/01/20	09:00:00	2.278	29.120	1.88	0.12
03/01/20	10:00:00	2.271	29.120	1.87	0.13
03/01/20	11:00:00	2.271	29.120	1.87	0.13
03/01/20	12:00:00	2.268	29.090	1.87	0.13
03/01/20	13:00:00	2.265	29.090	1.87	0.14
03/01/20	14:00:00	2.256	29.120	1.86	0.14

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
03/01/20	15:00:00	2.251	29.120	1.85	0.15
03/01/20	16:00:00	2.246	29.120	1.85	0.15
03/01/20	17:00:00	2.234	29.150	1.83	0.17
03/01/20	18:00:00	2.221	29.120	1.82	0.18
03/01/20	19:00:00	2.215	29.120	1.82	0.18
03/01/20	20:00:00	2.212	29.120	1.81	0.19
03/01/20	21:00:00	2.209	29.120	1.81	0.19
03/01/20	22:00:00	2.217	29.090	1.82	0.18
03/01/20	23:00:00	2.226	29.090	1.83	0.17
04/01/20	00:00:00	2.239	29.090	1.84	0.16
04/01/20	01:00:00	2.253	29.120	1.85	0.15
04/01/20	02:00:00	2.264	29.090	1.86	0.14
04/01/20	03:00:00	2.275	29.090	1.87	0.13
04/01/20	04:00:00	2.283	29.120	1.88	0.12
04/01/20	05:00:00	2.281	29.120	1.88	0.12
04/01/20	06:00:00	2.282	29.120	1.88	0.12
04/01/20	07:00:00	2.272	29.120	1.87	0.13
04/01/20	08:00:00	2.267	29.120	1.87	0.13
04/01/20	09:00:00	2.264	29.120	1.86	0.14
04/01/20	10:00:00	2.259	29.090	1.86	0.14
04/01/20	11:00:00	2.259	29.090	1.86	0.14
04/01/20	12:00:00	2.261	29.090	1.86	0.14
04/01/20	13:00:00	2.263	29.090	1.86	0.14
04/01/20	14:00:00	2.265	29.090	1.87	0.13
04/01/20	15:00:00	2.264	29.090	1.86	0.14
04/01/20	16:00:00	2.263	29.120	1.86	0.14
04/01/20	17:00:00	2.262	29.120	1.86	0.14
04/01/20	18:00:00	2.259	29.120	1.86	0.14
04/01/20	19:00:00	2.258	29.120	1.86	0.14
04/01/20	20:00:00	2.263	29.120	1.86	0.14
04/01/20	21:00:00	2.270	29.090	1.87	0.13
04/01/20	22:00:00	2.277	29.090	1.88	0.12
04/01/20	23:00:00	2.283	29.090	1.88	0.12
05/01/20	00:00:00	2.295	29.090	1.90	0.11
05/01/20	01:00:00	2.307	29.090	1.91	0.09
05/01/20	02:00:00	2.318	29.090	1.92	0.08
05/01/20	03:00:00	2.327	29.090	1.93	0.07
05/01/20	04:00:00	2.335	29.090	1.93	0.07
05/01/20	05:00:00	2.339	29.090	1.94	0.06
05/01/20	06:00:00	2.335	29.120	1.94	0.06
05/01/20	07:00:00	2.332	29.090	1.93	0.07
05/01/20	08:00:00	2.322	29.120	1.92	0.08
05/01/20	09:00:00	2.317	29.090	1.92	0.08
05/01/20	10:00:00	2.310	29.090	1.91	0.09
05/01/20	11:00:00	2.304	29.090	1.90	0.10
05/01/20	12:00:00	2.301	29.090	1.90	0.10
05/01/20	13:00:00	2.305	29.090	1.90	0.10
05/01/20	14:00:00	2.306	29.120	1.91	0.09
05/01/20	15:00:00	2.308	29.120	1.91	0.09
05/01/20	16:00:00	2.309	29.120	1.91	0.09
05/01/20	17:00:00	2.310	29.120	1.91	0.09
05/01/20	18:00:00	2.301	29.120	1.90	0.10
05/01/20	19:00:00	2.300	29.120	1.90	0.10
05/01/20	20:00:00	2.299	29.120	1.90	0.10
05/01/20	21:00:00	2.305	29.090	1.91	0.09
05/01/20	22:00:00	2.307	29.090	1.91	0.09
05/01/20	23:00:00	2.319	29.090	1.92	0.08
06/01/20	00:00:00	2.331	29.090	1.93	0.07
06/01/20	01:00:00	2.338	29.090	1.94	0.06
06/01/20	02:00:00	2.348	29.090	1.95	0.05
06/01/20	03:00:00	2.352	29.090	1.95	0.05
06/01/20	04:00:00	2.353	29.090	1.95	0.05
06/01/20	05:00:00	2.354	29.090	1.95	0.05
06/01/20	06:00:00	2.348	29.090	1.95	0.05
06/01/20	07:00:00	2.334	29.090	1.93	0.07
06/01/20	08:00:00	2.321	29.090	1.92	0.08
06/01/20	09:00:00	2.302	29.090	1.90	0.10
06/01/20	10:00:00	2.283	29.090	1.88	0.12
06/01/20	11:00:00	2.271	29.090	1.87	0.13
06/01/20	12:00:00	2.258	29.090	1.86	0.14
06/01/20	13:00:00	2.249	29.060	1.85	0.15
06/01/20	14:00:00	2.244	29.060	1.84	0.16
06/01/20	15:00:00	2.250	29.120	1.85	0.15
06/01/20	16:00:00	2.255	29.120	1.86	0.14
06/01/20	17:00:00	2.263	29.120	1.86	0.14
06/01/20	18:00:00	2.269	29.090	1.87	0.13
06/01/20	19:00:00	2.275	29.120	1.87	0.13
06/01/20	20:00:00	2.284	29.120	1.88	0.12
06/01/20	21:00:00	2.295	29.120	1.90	0.10
06/01/20	22:00:00	2.308	29.090	1.91	0.09
06/01/20	23:00:00	2.319	29.060	1.92	0.08
07/01/20	00:00:00	2.337	29.060	1.94	0.06

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
07/01/20	01:00:00	2.351	29.060	1.95	0.05
07/01/20	02:00:00	2.364	29.060	1.96	0.04
07/01/20	03:00:00	2.372	29.060	1.97	0.03
07/01/20	04:00:00	2.381	29.060	1.98	0.02
07/01/20	05:00:00	2.384	29.090	1.98	0.02
07/01/20	06:00:00	2.385	29.090	1.98	0.02
07/01/20	07:00:00	2.381	29.090	1.98	0.02
07/01/20	08:00:00	2.369	29.090	1.97	0.03
07/01/20	09:00:00	2.351	29.090	1.95	0.05
07/01/20	10:00:00	2.330	29.090	1.93	0.07
07/01/20	11:00:00	2.312	29.090	1.91	0.09
07/01/20	12:00:00	2.312	29.090	1.91	0.09
07/01/20	13:00:00	2.284	29.090	1.88	0.12
07/01/20	14:00:00	2.278	29.090	1.88	0.12
07/01/20	15:00:00	2.275	29.090	1.88	0.12
07/01/20	16:00:00	2.273	29.090	1.87	0.13
07/01/20	17:00:00	2.276	29.120	1.88	0.12
07/01/20	18:00:00	2.283	29.120	1.88	0.12
07/01/20	19:00:00	2.292	29.120	1.89	0.11
07/01/20	20:00:00	2.299	29.120	1.90	0.10
07/01/20	21:00:00	2.311	29.090	1.91	0.09
07/01/20	22:00:00	2.323	29.090	1.92	0.08
07/01/20	23:00:00	2.341	29.060	1.94	0.06
08/01/20	00:00:00	2.354	29.090	1.95	0.05
08/01/20	01:00:00	2.369	29.060	1.97	0.03
08/01/20	02:00:00	2.386	29.060	1.99	0.01
08/01/20	03:00:00	2.394	29.060	1.99	0.01
08/01/20	04:00:00	2.402	29.060	2.00	0.00
08/01/20	05:00:00	2.402	29.060	2.00	0.00
08/01/20	06:00:00	2.405	29.060	2.01	-0.01
08/01/20	07:00:00	2.394	29.090	1.99	0.01
08/01/20	08:00:00	2.377	29.090	1.98	0.02
08/01/20	09:00:00	2.358	29.090	1.96	0.04
08/01/20	10:00:00	2.333	29.090	1.93	0.07
08/01/20	11:00:00	2.305	29.090	1.90	0.10
08/01/20	12:00:00	2.281	29.090	1.88	0.12
08/01/20	13:00:00	2.259	29.090	1.86	0.14
08/01/20	14:00:00	2.243	29.090	1.84	0.16
08/01/20	15:00:00	2.231	29.090	1.83	0.17
08/01/20	16:00:00	2.222	29.090	1.82	0.18
08/01/20	17:00:00	2.232	29.120	1.83	0.17
08/01/20	18:00:00	2.245	29.120	1.84	0.16
08/01/20	19:00:00	2.254	29.120	1.85	0.15
08/01/20	20:00:00	2.266	29.090	1.87	0.13
08/01/20	21:00:00	2.277	29.090	1.88	0.12
08/01/20	22:00:00	2.289	29.060	1.89	0.11
08/01/20	23:00:00	2.304	29.060	1.90	0.10
09/01/20	00:00:00	2.316	29.060	1.92	0.08
09/01/20	01:00:00	2.334	29.060	1.93	0.07
09/01/20	02:00:00	2.349	29.060	1.95	0.05
09/01/20	03:00:00	2.364	29.060	1.96	0.04
09/01/20	04:00:00	2.376	29.060	1.98	0.02
09/01/20	05:00:00	2.386	29.060	1.99	0.01
09/01/20	06:00:00	2.389	29.060	1.99	0.01
09/01/20	07:00:00	2.387	29.060	1.99	0.01
09/01/20	08:00:00	2.368	29.090	1.97	0.03
09/01/20	09:00:00	2.351	29.090	1.95	0.05
09/01/20	10:00:00	2.328	29.090	1.93	0.07
09/01/20	11:00:00	2.299	29.090	1.90	0.10
09/01/20	12:00:00	2.274	29.060	1.87	0.13
09/01/20	13:00:00	2.252	29.090	1.85	0.15
09/01/20	14:00:00	2.231	29.090	1.83	0.17
09/01/20	15:00:00	2.215	29.090	1.82	0.19
09/01/20	16:00:00	2.211	29.120	1.81	0.19
09/01/20	17:00:00	2.212	29.090	1.81	0.19
09/01/20	18:00:00	2.219	29.090	1.82	0.18
09/01/20	19:00:00	2.227	29.090	1.83	0.17
09/01/20	20:00:00	2.239	29.090	1.84	0.16
09/01/20	21:00:00	2.259	29.090	1.86	0.14
09/01/20	22:00:00	2.271	29.060	1.87	0.13
09/01/20	23:00:00	2.283	29.060	1.88	0.12
10/01/20	00:00:00	2.297	29.060	1.90	0.10
10/01/20	01:00:00	2.311	29.060	1.91	0.09
10/01/20	02:00:00	2.327	29.060	1.93	0.07
10/01/20	03:00:00	2.342	29.060	1.94	0.06
10/01/20	04:00:00	2.360	29.060	1.96	0.04
10/01/20	05:00:00	2.360	29.060	1.96	0.04
10/01/20	06:00:00	2.383	29.060	1.98	0.02
10/01/20	07:00:00	2.387	29.060	1.99	0.01
10/01/20	08:00:00	2.386	29.060	1.99	0.01
10/01/20	09:00:00	2.371	29.060	1.97	0.03
10/01/20	10:00:00	2.345	29.060	1.95	0.05

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
10/01/20	11:00:00	2.325	29.060	1.93	0.07
10/01/20	12:00:00	2.294	29.090	1.89	0.11
10/01/20	13:00:00	2.264	29.060	1.86	0.14
10/01/20	14:00:00	2.247	29.090	1.85	0.15
10/01/20	15:00:00	2.219	29.090	1.82	0.18
10/01/20	16:00:00	2.201	29.090	1.80	0.20
10/01/20	17:00:00	2.190	29.090	1.79	0.21
10/01/20	18:00:00	2.179	29.090	1.78	0.22
10/01/20	19:00:00	2.172	29.090	1.77	0.23
10/01/20	20:00:00	2.168	29.120	1.77	0.23
10/01/20	21:00:00	2.177	29.090	1.78	0.22
10/01/20	22:00:00	2.181	29.060	1.78	0.22
10/01/20	23:00:00	2.188	29.060	1.79	0.21
11/01/20	00:00:00	2.197	29.060	1.80	0.20
11/01/20	01:00:00	2.205	29.060	1.81	0.19
11/01/20	02:00:00	2.219	29.020	1.82	0.18
11/01/20	03:00:00	2.239	29.020	1.84	0.16
11/01/20	04:00:00	2.260	29.020	1.86	0.14
11/01/20	05:00:00	2.277	29.020	1.88	0.12
11/01/20	06:00:00	2.293	29.020	1.89	0.11
11/01/20	07:00:00	2.303	29.020	1.90	0.10
11/01/20	08:00:00	2.311	29.020	1.91	0.09
11/01/20	09:00:00	2.303	29.060	1.90	0.10
11/01/20	10:00:00	2.284	29.020	1.88	0.12
11/01/20	11:00:00	2.258	29.060	1.86	0.14
11/01/20	12:00:00	2.232	29.060	1.83	0.17
11/01/20	13:00:00	2.212	29.060	1.81	0.19
11/01/20	14:00:00	2.183	29.060	1.78	0.22
11/01/20	15:00:00	2.148	29.090	1.75	0.25
11/01/20	16:00:00	2.123	29.090	1.72	0.28
11/01/20	17:00:00	2.109	28.990	1.71	0.29
11/01/20	18:00:00	2.103	29.020	1.70	0.30
11/01/20	19:00:00	2.096	29.020	1.70	0.30
11/01/20	20:00:00	2.093	28.930	1.69	0.31
11/01/20	21:00:00	2.103	28.990	1.70	0.30
11/01/20	22:00:00	2.112	28.990	1.71	0.29
11/01/20	23:00:00	2.125	29.020	1.73	0.27
12/01/20	00:00:00	2.135	29.020	1.74	0.26
12/01/20	01:00:00	2.155	29.020	1.76	0.24
12/01/20	02:00:00	2.167	29.020	1.77	0.23
12/01/20	03:00:00	2.186	29.020	1.79	0.21
12/01/20	04:00:00	2.199	29.020	1.80	0.20
12/01/20	05:00:00	2.211	29.020	1.81	0.19
12/01/20	06:00:00	2.232	29.020	1.83	0.17
12/01/20	07:00:00	2.246	29.020	1.85	0.15
12/01/20	08:00:00	2.253	29.020	1.85	0.15
12/01/20	09:00:00	2.254	29.020	1.85	0.15
12/01/20	10:00:00	2.247	29.020	1.85	0.15
12/01/20	11:00:00	2.221	29.020	1.82	0.18
12/01/20	12:00:00	2.203	29.060	1.80	0.20
12/01/20	13:00:00	2.177	29.060	1.78	0.22
12/01/20	14:00:00	2.152	29.060	1.75	0.25
12/01/20	15:00:00	2.123	29.090	1.72	0.28
12/01/20	16:00:00	2.099	29.020	1.70	0.30
12/01/20	17:00:00	2.082	29.060	1.68	0.32
12/01/20	18:00:00	2.071	28.990	1.67	0.33
12/01/20	19:00:00	2.064	28.960	1.66	0.34
12/01/20	20:00:00	2.070	28.930	1.67	0.33
12/01/20	21:00:00	2.076	28.990	1.68	0.32
12/01/20	22:00:00	2.076	28.990	1.68	0.32
12/01/20	23:00:00	2.082	29.020	1.68	0.32
13/01/20	00:00:00	2.086	29.020	1.69	0.31
13/01/20	01:00:00	2.093	29.020	1.69	0.31
13/01/20	02:00:00	2.102	29.020	1.70	0.30
13/01/20	03:00:00	2.114	29.020	1.71	0.29
13/01/20	04:00:00	2.130	29.020	1.73	0.27
13/01/20	05:00:00	2.142	29.020	1.74	0.26
13/01/20	06:00:00	2.152	29.020	1.75	0.25
13/01/20	07:00:00	2.151	29.020	1.75	0.25
13/01/20	08:00:00	2.146	29.020	1.75	0.25
13/01/20	09:00:00	2.152	29.020	1.75	0.25
13/01/20	10:00:00	2.143	29.020	1.74	0.26
13/01/20	11:00:00	2.128	29.060	1.73	0.27
13/01/20	12:00:00	2.095	29.060	1.70	0.30
13/01/20	13:00:00	2.073	29.060	1.67	0.33
13/01/20	14:00:00	2.042	29.060	1.64	0.36
13/01/20	15:00:00	2.022	28.960	1.62	0.38
13/01/20	16:00:00	1.984	28.900	1.58	0.42
13/01/20	17:00:00	1.969	28.870	1.57	0.43
13/01/20	18:00:00	1.957	28.930	1.56	0.44
13/01/20	19:00:00	1.949	28.900	1.55	0.45
13/01/20	20:00:00	1.951	28.930	1.55	0.45
13/01/20	21:00:00	1.960	28.900	1.56	0.44
13/01/20	22:00:00	1.967	28.960	1.57	0.43
13/01/20	23:00:00	1.974	28.990	1.57	0.43
14/01/20	00:00:00	1.977	28.990	1.58	0.42

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
14/01/20	01:00:00	1.987	28.960	1.59	0.41
14/01/20	02:00:00	1.995	28.960	1.60	0.41
14/01/20	03:00:00	2.007	28.990	1.61	0.39
14/01/20	04:00:00	2.016	28.990	1.62	0.38
14/01/20	05:00:00	2.031	28.990	1.63	0.37
14/01/20	06:00:00	2.046	28.990	1.65	0.35
14/01/20	07:00:00	2.056	28.990	1.66	0.34
14/01/20	08:00:00	2.064	29.020	1.66	0.34
14/01/20	09:00:00	2.079	28.990	1.68	0.32
14/01/20	10:00:00	2.075	28.990	1.68	0.32
14/01/20	11:00:00	2.074	29.020	1.67	0.33
14/01/20	12:00:00	2.052	29.020	1.65	0.35
14/01/20	13:00:00	2.037	29.020	1.64	0.36
14/01/20	14:00:00	2.012	29.020	1.61	0.39
14/01/20	15:00:00	1.999	29.020	1.60	0.40
14/01/20	16:00:00	1.967	29.020	1.57	0.43
14/01/20	17:00:00	1.953	28.990	1.55	0.45
14/01/20	18:00:00	1.943	29.020	1.54	0.46
14/01/20	19:00:00	1.946	29.020	1.55	0.45
14/01/20	20:00:00	1.955	28.990	1.56	0.44
14/01/20	21:00:00	1.964	28.990	1.56	0.44
14/01/20	22:00:00	1.981	28.990	1.58	0.42
14/01/20	23:00:00	1.992	28.990	1.59	0.41
15/01/20	00:00:00	2.007	28.990	1.61	0.39
15/01/20	01:00:00	2.017	28.990	1.62	0.38
15/01/20	02:00:00	2.020	28.990	1.62	0.38
15/01/20	03:00:00	2.029	28.990	1.63	0.37
15/01/20	04:00:00	2.040	28.990	1.64	0.36
15/01/20	05:00:00	2.046	28.990	1.65	0.35
15/01/20	06:00:00	2.049	28.990	1.65	0.35
15/01/20	07:00:00	2.059	28.990	1.66	0.34
15/01/20	08:00:00	2.063	28.990	1.66	0.34
15/01/20	09:00:00	2.075	28.990	1.67	0.33
15/01/20	10:00:00	2.077	28.990	1.68	0.32
15/01/20	11:00:00	2.076	28.990	1.68	0.32
15/01/20	12:00:00	2.076	28.990	1.68	0.32
15/01/20	13:00:00	2.065	28.990	1.67	0.33
15/01/20	14:00:00	2.049	29.020	1.65	0.35
15/01/20	15:00:00	2.049	29.020	1.65	0.35
15/01/20	16:00:00	2.012	29.020	1.61	0.39
15/01/20	17:00:00	2.004	29.060	1.60	0.40
15/01/20	18:00:00	1.992	29.060	1.59	0.41
15/01/20	19:00:00	1.986	29.020	1.59	0.41
15/01/20	20:00:00	1.985	29.020	1.58	0.42
15/01/20	21:00:00	1.982	29.020	1.58	0.42
15/01/20	22:00:00	1.986	28.990	1.59	0.41
15/01/20	23:00:00	1.998	28.990	1.60	0.40
16/01/20	00:00:00	2.015	28.990	1.61	0.39
16/01/20	01:00:00	2.023	28.990	1.62	0.38
16/01/20	02:00:00	2.037	28.990	1.64	0.36
16/01/20	03:00:00	2.045	28.990	1.65	0.35
16/01/20	04:00:00	2.052	28.990	1.65	0.35
16/01/20	05:00:00	2.053	28.990	1.65	0.35
16/01/20	06:00:00	2.056	28.990	1.66	0.34
16/01/20	07:00:00	2.058	28.990	1.66	0.34
16/01/20	08:00:00	2.064	28.990	1.66	0.34
16/01/20	09:00:00	2.067	28.990	1.67	0.33
16/01/20	10:00:00	2.074	28.990	1.67	0.33
16/01/20	11:00:00	2.079	28.990	1.68	0.32
16/01/20	12:00:00	2.082	28.990	1.68	0.32
16/01/20	13:00:00	2.077	28.990	1.68	0.32
16/01/20	14:00:00	2.075	28.990	1.68	0.32
16/01/20	15:00:00	2.064	29.020	1.66	0.34
16/01/20	16:00:00	2.051	29.020	1.65	0.35
16/01/20	17:00:00	2.036	29.020	1.64	0.36
16/01/20	18:00:00	2.032	29.020	1.63	0.37
16/01/20	19:00:00	2.026	29.020	1.63	0.37
16/01/20	20:00:00	2.030	29.020	1.63	0.37
16/01/20	21:00:00	2.037	28.990	1.64	0.36
16/01/20	22:00:00	2.046	28.990	1.65	0.35
16/01/20	23:00:00	2.066	28.960	1.67	0.33
17/01/20	00:00:00	2.085	28.990	1.69	0.31
17/01/20	01:00:00	2.096	28.960	1.70	0.30
17/01/20	02:00:00	2.101	28.960	1.70	0.30
17/01/20	03:00:00	2.107	28.960	1.71	0.29
17/01/20	04:00:00	2.107	28.990	1.71	0.29
17/01/20	05:00:00	2.106	28.990	1.71	0.29
17/01/20	06:00:00	2.102	28.990	1.70	0.30
17/01/20	07:00:00	2.107	28.990	1.71	0.29
17/01/20	08:00:00	2.105	28.990	1.71	0.30
17/01/20	09:00:00	2.103	28.990	1.70	0.30
17/01/20	10:00:00	2.109	28.990	1.71	0.29
17/01/20	11:00:00	2.116	28.990	1.72	0.28
17/01/20	12:00:00	2.117	28.960	1.72	0.28
17/01/20	13:00:00	2.120	28.990	1.72	0.28
17/01/20	14:00:00	2.119	28.990	1.72	0.28
17/01/20	15:00:00	2.107	28.960	1.71	0.29
17/01/20	16:00:00	2.106	29.020	1.71	0.29
17/01/20	17:00:00	2.102	29.020	1.70	0.30
17/01/20	18:00:00	2.098	29.020	1.70	0.30
17/01/20	19:00:00	2.100	29.020	1.70	0.30
17/01/20	20:00:00	2.105	29.020	1.70	0.30
17/01/20	21:00:00	2.110	28.990	1.71	0.29
17/01/20	22:00:00	2.123	28.990	1.72	0.28
17/01/20	23:00:00	2.132	28.960	1.73	0.27

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	Niveau d'eau (NGG)
18/01/20	00:00:00	2.143	28.990	1.74	0.26
18/01/20	01:00:00	2.154	28.960	1.75	0.25
18/01/20	02:00:00	2.161	28.960	1.76	0.24
18/01/20	03:00:00	2.168	28.960	1.77	0.23
18/01/20	04:00:00	2.174	28.960	1.77	0.23
18/01/20	05:00:00	2.175	28.960	1.77	0.23
18/01/20	06:00:00	2.165	28.990	1.77	0.23
18/01/20	07:00:00	2.157	28.990	1.76	0.24
18/01/20	08:00:00	2.142	28.990	1.74	0.26
18/01/20	09:00:00	2.131	28.990	1.73	0.27
18/01/20	10:00:00	2.125	28.990	1.72	0.28
18/01/20	11:00:00	2.114	28.990	1.71	0.29
18/01/20	12:00:00	2.111	28.990	1.71	0.29
18/01/20	13:00:00	2.115	28.990	1.71	0.29
18/01/20	14:00:00	2.111	28.990	1.71	0.29
18/01/20	15:00:00	2.107	28.990	1.71	0.29
18/01/20	16:00:00	2.107	28.990	1.71	0.29
18/01/20	17:00:00	2.101	28.990	1.70	0.30
18/01/20	18:00:00	2.099	28.990	1.70	0.30
18/01/20	19:00:00	2.096	29.020	1.70	0.30
18/01/20	20:00:00	2.108	29.020	1.71	0.29
18/01/20	21:00:00	2.114	28.990	1.71	0.29
18/01/20	22:00:00	2.130	28.960	1.73	0.27
18/01/20	23:00:00	2.145	28.960	1.74	0.26
19/01/20	00:00:00	2.163	28.960	1.76	0.24
19/01/20	01:00:00	2.176	28.960	1.78	0.22
19/01/20	02:00:00	2.181	28.960	1.78	0.22
19/01/20	03:00:00	2.186	28.960	1.79	0.21
19/01/20	04:00:00	2.181	28.960	1.78	0.22
19/01/20	05:00:00	2.166	28.960	1.77	0.23
19/01/20	06:00:00	2.146	28.960	1.75	0.25
19/01/20	07:00:00	2.116	28.960	1.72	0.28
19/01/20	08:00:00	2.072	28.960	1.67	0.33
19/01/20	09:00:00	2.030	28.990	1.63	0.37
19/01/20	10:00:00	1.993	28.960	1.59	0.41
19/01/20	11:00:00	1.959	28.840	1.56	0.44
19/01/20	12:00:00	1.932	28.770	1.53	0.47
19/01/20	13:00:00	1.909	28.800	1.51	0.49
19/01/20	14:00:00	1.889	28.840	1.49	0.51
19/01/20	15:00:00	1.872	28.870	1.47	0.53
19/01/20	16:00:00	1.864	28.840	1.46	0.54
19/01/20	17:00:00	1.864	28.800	1.46	0.54
19/01/20	18:00:00	1.860	28.770	1.46	0.54
19/01/20	19:00:00	1.855	28.740	1.45	0.55
19/01/20	20:00:00	1.851	28.840	1.45	0.55
19/01/20	21:00:00	1.848	28.870	1.45	0.55
19/01/20	22:00:00	1.852	28.840	1.45	0.55
19/01/20	23:00:00	1.862	28.870	1.46	0.54
20/01/20	00:00:00	1.867	28.900	1.47	0.53
20/01/20	01:00:00	1.881	28.900	1.48	0.52
20/01/20	02:00:00	1.888	28.930	1.49	0.51
20/01/20	03:00:00	1.889	28.930	1.49	0.51
20/01/20	04:00:00	1.879	28.930	1.48	0.52
20/01/20	05:00:00	1.871	28.930	1.47	0.53
20/01/20	06:00:00	1.846	28.960	1.45	0.55
20/01/20	07:00:00	1.807	28.960	1.41	0.59
20/01/20	08:00:00	1.774	28.960	1.37	0.63
20/01/20	09:00:00	1.731	28.930	1.33	0.67
20/01/20	10:00:00	1.695	28.900	1.30	0.71
20/01/20	11:00:00	1.663	28.870	1.26	0.74
20/01/20	12:00:00	1.631	28.840	1.23	0.77
20/01/20	13:00:00	1.609	28.840	1.21	0.79
20/01/20	14:00:00	1.593	28.800	1.19	0.81
20/01/20	15:00:00	1.586	28.840	1.19	0.81
20/01/20	16:00:00	1.572	28.900	1.17	0.83
20/01/20	17:00:00	1.562	28.870	1.16	0.84
20/01/20	18:00:00	1.545	28.900	1.15	0.85
20/01/20	19:00:00	1.522	28.960	1.12	0.88
20/01/20	20:00:00	1.510	28.900	1.11	0.89
20/01/20	21:00:00	1.489	28.930	1.09	0.91
20/01/20	22:00:00	1.486	28.870	1.09	0.91
20/01/20	23:00:00	1.472	28.900	1.07	0.93
21/01/20	00:00:00	1.458	28.900	1.06	0.94
21/01/20	01:00:00	1.455	28.930	1.06	0.94
21/01/20	02:00:00	1.454	28.900	1.05	0.95
21/01/20	03:00:00	1.454	28.930	1.05	0.95
21/01/20	04:00:00	1.462	28.930	1.06	0.94
21/01/20	05:00:00	1.459	28.930	1.06	0.94
21/01/20	06:00:00	1.457	28.930	1.06	0.94
21/01/20	07:00:00	1.436	28.930	1.04	0.96
21/01/20	08:00:00	1.390	28.930	0.99	1.01
21/01/20	09:00:00	1.390	28.930	0.99	1.01
21/01/20	10:00:00	1.293	28.960	0.89	1.11
21/01/20	11:00:00	1.249	28.900	0.85	1.15
21/01/20	12:00:00	1.204	28.900	0.80	1.20
21/01/20	13:00:00	1.172	28.870	0.77	1.23
21/01/20	14:00:00	1.164	28.870	0.76	1.24
21/01/20	15:00:00	1.151	28.870	0.75	1.25
21/01/20	16:00:00	1.139	28.900	0.74	1.26
21/01/20	17:00:00	1.272	28.900	0.87	1.13
21/01/20	18:00:00	1.348	28.900	0.95	1.05
21/01/20	19:00:00	1.354	28.930	0.95	1.05
21/01/20	20:00:00	1.351	28.930	0.95	1.05
21/01/20	21:00:00	1.345	28.900	0.94	1.06
21/01/20	22:00:00	1.334	28.900	0.93	1.07

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
21/01/20	23:00:00	1.326	28.900	0.93	1.07
22/01/20	00:00:00	1.330	28.900	0.93	1.07
22/01/20	01:00:00	1.337	28.900	0.94	1.06
22/01/20	02:00:00	1.343	28.900	0.94	1.06
22/01/20	03:00:00	1.363	28.900	0.96	1.04
22/01/20	04:00:00	1.384	28.900	0.98	1.02
22/01/20	05:00:00	1.402	28.900	1.00	1.00
22/01/20	06:00:00	1.417	28.930	1.02	0.98
22/01/20	07:00:00	1.434	28.900	1.03	0.97
22/01/20	08:00:00	1.415	28.930	1.02	0.99
22/01/20	09:00:00	1.380	28.930	0.98	1.02
22/01/20	10:00:00	1.328	28.930	0.93	1.07
22/01/20	11:00:00	1.279	28.930	0.88	1.12
22/01/20	12:00:00	1.235	28.930	0.83	1.17
22/01/20	13:00:00	1.199	28.930	0.80	1.20
22/01/20	14:00:00	1.175	28.930	0.78	1.22
22/01/20	15:00:00	1.162	28.930	0.76	1.24
22/01/20	16:00:00	1.156	28.930	0.76	1.24
22/01/20	17:00:00	1.142	28.930	0.74	1.26
22/01/20	18:00:00	1.144	28.930	0.74	1.26
22/01/20	19:00:00	1.141	28.930	0.74	1.26
22/01/20	20:00:00	1.132	28.930	0.73	1.27
22/01/20	21:00:00	1.126	28.930	0.73	1.27
22/01/20	22:00:00	1.126	28.900	0.73	1.27
22/01/20	23:00:00	1.126	28.900	0.73	1.27
23/01/20	00:00:00	1.128	28.900	0.73	1.27
23/01/20	01:00:00	1.130	28.900	0.73	1.27
23/01/20	02:00:00	1.131	28.900	0.73	1.27
23/01/20	03:00:00	1.135	28.900	0.74	1.26
23/01/20	04:00:00	1.135	28.900	0.73	1.27
23/01/20	05:00:00	1.137	28.900	0.74	1.26
23/01/20	06:00:00	1.135	28.900	0.74	1.26
23/01/20	07:00:00	1.130	28.900	0.73	1.27
23/01/20	08:00:00	1.117	28.900	0.72	1.28
23/01/20	09:00:00	1.097	28.900	0.70	1.30
23/01/20	10:00:00	1.071	28.930	0.67	1.33
23/01/20	11:00:00	1.043	28.900	0.64	1.36
23/01/20	12:00:00	1.016	28.900	0.62	1.38
23/01/20	13:00:00	0.986	28.930	0.59	1.41
23/01/20	14:00:00	0.966	28.930	0.57	1.43
23/01/20	15:00:00	0.949	28.930	0.55	1.45
23/01/20	16:00:00	0.939	28.930	0.54	1.46
23/01/20	17:00:00	0.936	28.900	0.54	1.46
23/01/20	18:00:00	0.939	28.930	0.54	1.46
23/01/20	19:00:00	0.942	28.900	0.54	1.46
23/01/20	20:00:00	0.949	28.900	0.55	1.45
23/01/20	21:00:00	0.949	28.900	0.55	1.45
23/01/20	22:00:00	0.950	28.900	0.55	1.45
23/01/20	23:00:00	0.957	28.900	0.56	1.44
24/01/20	00:00:00	0.959	28.900	0.56	1.44
24/01/20	01:00:00	0.955	28.900	0.56	1.44
24/01/20	02:00:00	0.955	28.900	0.56	1.44
24/01/20	03:00:00	0.949	28.900	0.55	1.45
24/01/20	04:00:00	0.952	28.900	0.55	1.45
24/01/20	05:00:00	0.956	28.870	0.56	1.44
24/01/20	06:00:00	0.956	28.900	0.56	1.44
24/01/20	07:00:00	0.957	28.900	0.56	1.44
24/01/20	08:00:00	0.951	28.870	0.55	1.45
24/01/20	09:00:00	0.937	28.900	0.54	1.46
24/01/20	10:00:00	0.917	28.900	0.52	1.48
24/01/20	11:00:00	0.894	28.900	0.49	1.51
24/01/20	12:00:00	0.870	28.900	0.47	1.53
24/01/20	13:00:00	0.845	28.900	0.44	1.56
24/01/20	14:00:00	0.821	28.900	0.42	1.58
24/01/20	15:00:00	0.805	28.960	0.40	1.60
24/01/20	16:00:00	0.790	28.960	0.39	1.61
24/01/20	17:00:00	0.780	28.960	0.38	1.62
24/01/20	18:00:00	0.774	28.960	0.37	1.63
24/01/20	19:00:00	0.774	28.960	0.37	1.63
24/01/20	20:00:00	0.778	28.930	0.38	1.62
24/01/20	21:00:00	0.787	28.930	0.39	1.61
24/01/20	22:00:00	0.797	28.900	0.40	1.60
24/01/20	23:00:00	0.809	28.900	0.41	1.59
25/01/20	00:00:00	0.822	28.900	0.42	1.58
25/01/20	01:00:00	0.835	28.870	0.44	1.56
25/01/20	02:00:00	0.848	28.870	0.45	1.55
25/01/20	03:00:00	0.863	28.900	0.46	1.54
25/01/20	04:00:00	0.878	28.870	0.48	1.52
25/01/20	05:00:00	0.892	28.870	0.49	1.51
25/01/20	06:00:00	0.902	28.870	0.50	1.50
25/01/20	07:00:00	0.907	28.870	0.51	1.49
25/01/20	08:00:00	0.913	28.870	0.51	1.49
25/01/20	09:00:00	0.911	28.870	0.51	1.49
25/01/20	10:00:00	0.901	28.900	0.50	1.50
25/01/20	11:00:00	0.888	28.900	0.49	1.51
25/01/20	12:00:00	0.870	28.900	0.47	1.53
25/01/20	13:00:00	0.849	28.900	0.45	1.55
25/01/20	14:00:00	0.827	28.900	0.43	1.57
25/01/20	15:00:00	0.808	28.930	0.41	1.59
25/01/20	16:00:00	0.791	28.930	0.39	1.61
25/01/20	17:00:00	0.784	28.930	0.38	1.62
25/01/20	18:00:00	0.778	28.930	0.38	1.62
25/01/20	19:00:00	0.784	28.930	0.38	1.62
25/01/20	20:00:00	0.797	28.930	0.40	1.60
25/01/20	21:00:00	0.808	28.900	0.41	1.59

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
25/01/20	22:00:00	0.826	28.900	0.43	1.57
25/01/20	23:00:00	0.841	28.870	0.44	1.56
26/01/20	00:00:00	0.857	28.900	0.46	1.54
26/01/20	01:00:00	0.872	28.870	0.47	1.53
26/01/20	02:00:00	0.886	28.870	0.49	1.51
26/01/20	03:00:00	0.903	28.870	0.50	1.50
26/01/20	04:00:00	0.918	28.870	0.52	1.48
26/01/20	05:00:00	0.931	28.870	0.53	1.47
26/01/20	06:00:00	0.940	28.900	0.54	1.46
26/01/20	07:00:00	0.948	28.870	0.55	1.45
26/01/20	08:00:00	0.957	28.900	0.56	1.44
26/01/20	09:00:00	0.959	28.900	0.56	1.44
26/01/20	10:00:00	0.958	28.870	0.56	1.44
26/01/20	11:00:00	0.946	28.900	0.55	1.45
26/01/20	12:00:00	0.926	28.900	0.53	1.47
26/01/20	13:00:00	0.911	28.900	0.51	1.49
26/01/20	14:00:00	0.895	28.900	0.49	1.51
26/01/20	15:00:00	0.881	28.900	0.48	1.52
26/01/20	16:00:00	0.870	28.930	0.47	1.53
26/01/20	17:00:00	0.858	28.930	0.46	1.54
26/01/20	18:00:00	0.851	28.930	0.45	1.55
26/01/20	19:00:00	0.855	28.930	0.45	1.55
26/01/20	20:00:00	0.862	28.930	0.46	1.54
26/01/20	21:00:00	0.876	28.900	0.48	1.52
26/01/20	22:00:00	0.890	28.900	0.49	1.51
26/01/20	23:00:00	0.908	28.900	0.51	1.49
27/01/20	00:00:00	0.921	28.900	0.52	1.48
27/01/20	01:00:00	0.941	28.870	0.54	1.46
27/01/20	02:00:00	0.962	28.870	0.56	1.44
27/01/20	03:00:00	0.962	28.870	0.56	1.44
27/01/20	04:00:00	1.003	28.870	0.60	1.40
27/01/20	05:00:00	1.021	28.870	0.62	1.38
27/01/20	06:00:00	1.040	28.870	0.64	1.36
27/01/20	07:00:00	1.055	28.870	0.65	1.35
27/01/20	08:00:00	1.067	28.870	0.67	1.33
27/01/20	09:00:00	1.079	28.870	0.68	1.32
27/01/20	10:00:00	1.076	28.870	0.68	1.32
27/01/20	11:00:00	1.076	28.870	0.68	1.32
27/01/20	12:00:00	1.064	28.870	0.66	1.34
27/01/20	13:00:00	1.053	28.900	0.65	1.35
27/01/20	14:00:00	1.041	28.900	0.64	1.36
27/01/20	15:00:00	1.026	28.900	0.63	1.37
27/01/20	16:00:00	1.011	28.930	0.61	1.39
27/01/20	17:00:00	1.000	28.930	0.60	1.40
27/01/20	18:00:00	0.995	28.930	0.60	1.40
27/01/20	19:00:00	0.995	28.930	0.59	1.41
27/01/20	20:00:00	0.993	28.930	0.59	1.41
27/01/20	21:00:00	0.999	28.900	0.60	1.40
27/01/20	22:00:00	1.004	28.900	0.60	1.40
27/01/20	23:00:00	1.011	28.870	0.61	1.39
28/01/20	00:00:00	1.014	28.870	0.61	1.39
28/01/20	01:00:00	1.010	28.870	0.61	1.39
28/01/20	02:00:00	1.009	28.870	0.61	1.39
28/01/20	03:00:00	1.004	28.870	0.60	1.40
28/01/20	04:00:00	1.003	28.870	0.60	1.40
28/01/20	05:00:00	0.996	28.870	0.60	1.40
28/01/20	06:00:00	0.988	28.870	0.59	1.41
28/01/20	07:00:00	0.980	28.870	0.58	1.42
28/01/20	08:00:00	0.967	28.870	0.57	1.43
28/01/20	09:00:00	0.952	28.870	0.55	1.45
28/01/20	10:00:00	0.940	28.870	0.54	1.46
28/01/20	11:00:00	0.918	28.870	0.52	1.48
28/01/20	12:00:00	0.890	28.900	0.49	1.51
28/01/20	13:00:00	0.863	28.870	0.46	1.54
28/01/20	14:00:00	0.833	28.900	0.43	1.57
28/01/20	15:00:00	0.800	28.900	0.40	1.60
28/01/20	16:00:00	0.773	28.900	0.37	1.63
28/01/20	17:00:00	0.745	28.900	0.35	1.66
28/01/20	18:00:00	0.723	28.930	0.32	1.68
28/01/20	19:00:00	0.704	28.900	0.30	1.70
28/01/20	20:00:00	0.687	28.900	0.29	1.71
28/01/20	21:00:00	0.677	28.870	0.28	1.72
28/01/20	22:00:00	0.676	28.870	0.28	1.72
28/01/20	23:00:00	0.672	28.840	0.27	1.73
29/01/20	00:00:00	0.663	28.870	0.26	1.74
29/01/20	01:00:00	0.658	28.870	0.26	1.74
29/01/20	02:00:00	0.648	28.870	0.25	1.75
29/01/20	03:00:00	0.640	28.840	0.24	1.76
29/01/20	04:00:00	0.628	28.840	0.23	1.77
29/01/20	05:00:00	0.618	28.870	0.22	1.78
29/01/20	06:00:00	0.611	28.870	0.21	1.79
29/01/20	07:00:00	0.603	28.840	0.20	1.80
29/01/20	08:00:00	0.591	28.870	0.19	1.81
29/01/20	09:00:00	0.580	28.870	0.18	1.82
29/01/20	10:00:00	0.571	28.870	0.17	1.83
29/01/20	11:00:00	0.560	28.870	0.16	1.84
29/01/20	12:00:00	0.547	28.870	0.15	1.85
29/01/20	13:00:00	0.527	28.870	0.13	1.87
29/01/20	14:00:00	0.511	28.870	0.11	1.89
29/01/20	15:00:00	0.488	28.870	0.09	1.91
29/01/20	16:00:00	0.467	28.900	0.07	1.93
29/01/20	17:00:00	0.448	28.870	0.05	1.95
29/01/20	18:00:00	0.430	28.900	0.03	1.97
29/01/20	19:00:00	0.416	28.930	0.02	1.98
29/01/20	20:00:00	0.416	28.930	0.02	1.98

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
29/01/20	21:00:00	0.395	28.900	0.00	2.00
29/01/20	22:00:00	0.393	28.870	-0.01	2.01
29/01/20	23:00:00	0.392	28.840	-0.01	2.01
30/01/20	00:00:00	0.388	28.870	-0.01	2.01
30/01/20	01:00:00	0.382	28.840	-0.02	2.02
30/01/20	02:00:00	0.373	28.840	-0.03	2.03
30/01/20	03:00:00	0.365	28.870	-0.03	2.03
30/01/20	04:00:00	0.356	28.840	-0.04	2.04
30/01/20	05:00:00	0.342	28.870	-0.06	2.06
30/01/20	06:00:00	0.334	28.870	-0.07	2.07
30/01/20	07:00:00	0.321	28.840	-0.08	2.08
30/01/20	08:00:00	0.314	28.870	-0.09	2.09
30/01/20	09:00:00	0.300	28.870	-0.10	2.10
30/01/20	10:00:00	0.291	28.840	-0.11	2.11
30/01/20	11:00:00	0.283	28.840	-0.12	2.12
30/01/20	12:00:00	0.274	28.840	-0.13	2.13
30/01/20	13:00:00	0.261	28.840	-0.14	2.14
30/01/20	14:00:00	0.248	28.870	-0.15	2.15
30/01/20	15:00:00	0.232	28.900	-0.17	2.17
30/01/20	16:00:00	0.216	28.900	-0.18	2.18
30/01/20	17:00:00	0.200	28.930	-0.20	2.20
30/01/20	18:00:00	0.184	28.900	-0.22	2.22
30/01/20	19:00:00	0.181	28.900	-0.22	2.22
30/01/20	20:00:00	0.174	28.930	-0.23	2.23
30/01/20	21:00:00	0.170	28.900	-0.23	2.23
30/01/20	22:00:00	0.170	28.870	-0.23	2.23
30/01/20	23:00:00	0.176	28.840	-0.22	2.22
31/01/20	00:00:00	0.172	28.840	-0.23	2.23
31/01/20	01:00:00	0.167	28.840	-0.23	2.23
31/01/20	02:00:00	0.162	28.840	-0.24	2.24
31/01/20	03:00:00	0.157	28.840	-0.24	2.24
31/01/20	04:00:00	0.151	28.840	-0.25	2.25
31/01/20	05:00:00	0.140	28.840	-0.26	2.26
31/01/20	06:00:00	0.133	28.840	-0.27	2.27
31/01/20	07:00:00	0.121	28.840	-0.28	2.28
31/01/20	08:00:00	0.109	28.840	-0.29	2.29
31/01/20	09:00:00	0.102	28.840	-0.30	2.30
31/01/20	10:00:00	0.092	28.870	-0.31	2.31
31/01/20	11:00:00	0.084	28.870	-0.32	2.32
31/01/20	12:00:00	0.078	28.870	-0.32	2.32
31/01/20	13:00:00	0.069	28.840	-0.33	2.33
31/01/20	14:00:00	0.063	28.870	-0.34	2.34
31/01/20	15:00:00	0.055	28.900	-0.35	2.35
31/01/20	16:00:00	0.049	28.900	-0.35	2.35
31/01/20	17:00:00	0.039	28.900	-0.36	2.36
31/01/20	18:00:00	0.037	28.900	-0.36	2.36
31/01/20	19:00:00	0.037	28.900	-0.36	2.36
31/01/20	20:00:00	0.036	28.900	-0.36	2.36
31/01/20	21:00:00	0.035	28.900	-0.36	2.36
31/01/20	22:00:00	0.032	28.870	-0.37	2.37
31/01/20	23:00:00	0.031	28.840	-0.37	2.37
01/02/20	00:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
01/02/20	01:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
01/02/20	02:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
01/02/20	03:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
01/02/20	04:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
01/02/20	05:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
01/02/20	06:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
01/02/20	07:00:00	0.030	28.870	-0.37	2.37
01/02/20	08:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
01/02/20	09:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
01/02/20	10:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
01/02/20	11:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
01/02/20	12:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
01/02/20	13:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
01/02/20	14:00:00	0.030	28.870	-0.37	2.37
01/02/20	15:00:00	0.030	28.870	-0.37	2.37
01/02/20	16:00:00	0.030	28.900	-0.37	2.37
01/02/20	17:00:00	0.030	28.900	-0.37	2.37
01/02/20	18:00:00	0.030	28.900	-0.37	2.37
01/02/20	19:00:00	0.030	28.870	-0.37	2.37
01/02/20	20:00:00	0.030	28.870	-0.37	2.37
01/02/20	21:00:00	0.030	28.870	-0.37	2.37
01/02/20	22:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
01/02/20	23:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
02/02/20	00:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
02/02/20	01:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
02/02/20	02:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
02/02/20	03:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
02/02/20	04:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
02/02/20	05:00:00	0.030	28.870	-0.37	2.37
02/02/20	06:00:00	0.030	28.870	-0.37	2.37
02/02/20	07:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
02/02/20	08:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
02/02/20	09:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
02/02/20	10:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
02/02/20	11:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
02/02/20	12:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
02/02/20	13:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
02/02/20	14:00:00	0.030	28.840	-0.37	2.37
02/02/20	15:00:00	0.030	28.870	-0.37	2.37
02/02/20	16:00:00	0.030	28.900	-0.37	2.37
02/02/20	17:00:00	0.030	28.900	-0.37	2.37
02/02/20	18:00:00	0.030	28.900	-0.37	2.37
02/02/20	19:00:00	0.030	28.900	-0.37	2.37

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
02/02/20	20:00:00	0.030	28.870	-0.37	2.37
02/02/20	21:00:00	0.309	28.870	-0.09	2.09
02/02/20	22:00:00	0.746	28.870	0.35	1.65
02/02/20	23:00:00	0.986	28.840	0.59	1.41
03/02/20	00:00:00	1.160	28.840	0.76	1.24
03/02/20	01:00:00	1.287	28.840	0.89	1.11
03/02/20	02:00:00	1.384	28.800	0.98	1.02
03/02/20	03:00:00	1.460	28.840	1.06	0.94
03/02/20	04:00:00	1.520	28.840	1.12	0.88
03/02/20	05:00:00	1.563	28.840	1.16	0.84
03/02/20	06:00:00	1.592	28.840	1.19	0.81
03/02/20	07:00:00	1.616	28.840	1.22	0.78
03/02/20	08:00:00	1.635	28.840	1.23	0.77
03/02/20	09:00:00	1.645	28.840	1.24	0.76
03/02/20	10:00:00	1.659	28.840	1.26	0.74
03/02/20	11:00:00	1.672	28.840	1.27	0.73
03/02/20	12:00:00	1.690	28.840	1.29	0.71
03/02/20	13:00:00	1.707	28.840	1.31	0.69
03/02/20	14:00:00	1.729	28.840	1.33	0.67
03/02/20	15:00:00	1.751	28.840	1.35	0.65
03/02/20	16:00:00	1.774	28.870	1.37	0.63
03/02/20	17:00:00	1.797	28.870	1.40	0.60
03/02/20	18:00:00	1.817	28.870	1.42	0.58
03/02/20	19:00:00	1.836	28.900	1.44	0.56
03/02/20	20:00:00	1.855	28.870	1.45	0.55
03/02/20	21:00:00	1.874	28.840	1.47	0.53
03/02/20	22:00:00	1.896	28.840	1.50	0.50
03/02/20	23:00:00	1.916	28.840	1.52	0.48
04/02/20	00:00:00	1.930	28.800	1.53	0.47
04/02/20	01:00:00	1.944	28.800	1.54	0.46
04/02/20	02:00:00	1.953	28.800	1.55	0.45
04/02/20	03:00:00	1.962	28.840	1.56	0.44
04/02/20	04:00:00	1.967	28.800	1.57	0.43
04/02/20	05:00:00	1.967	28.800	1.57	0.43
04/02/20	06:00:00	1.960	28.800	1.56	0.44
04/02/20	07:00:00	1.947	28.840	1.55	0.45
04/02/20	08:00:00	1.933	28.840	1.53	0.47
04/02/20	09:00:00	1.918	28.840	1.52	0.48
04/02/20	10:00:00	1.902	28.840	1.50	0.50
04/02/20	11:00:00	1.890	28.840	1.49	0.51
04/02/20	12:00:00	1.882	28.840	1.48	0.52
04/02/20	13:00:00	1.877	28.840	1.48	0.52
04/02/20	14:00:00	1.877	28.840	1.48	0.52
04/02/20	15:00:00	1.879	28.870	1.48	0.52
04/02/20	16:00:00	1.886	28.870	1.49	0.51
04/02/20	17:00:00	1.893	28.870	1.49	0.51
04/02/20	18:00:00	1.906	28.840	1.51	0.49
04/02/20	19:00:00	1.917	28.840	1.52	0.48
04/02/20	20:00:00	1.930	28.870	1.53	0.47
04/02/20	21:00:00	1.941	28.840	1.54	0.46
04/02/20	22:00:00	1.955	28.840	1.55	0.45
04/02/20	23:00:00	1.970	28.800	1.57	0.43
05/02/20	00:00:00	1.984	28.800	1.58	0.42
05/02/20	01:00:00	1.998	28.800	1.60	0.40
05/02/20	02:00:00	2.008	28.840	1.61	0.39
05/02/20	03:00:00	2.015	28.800	1.61	0.39
05/02/20	04:00:00	2.021	28.800	1.62	0.38
05/02/20	05:00:00	2.023	28.800	1.62	0.38
05/02/20	06:00:00	2.017	28.800	1.62	0.38
05/02/20	07:00:00	2.008	28.840	1.61	0.39
05/02/20	08:00:00	1.993	28.840	1.59	0.41
05/02/20	09:00:00	1.976	28.800	1.58	0.42
05/02/20	10:00:00	1.958	28.840	1.56	0.44
05/02/20	11:00:00	1.943	28.840	1.54	0.46
05/02/20	12:00:00	1.931	28.840	1.53	0.47
05/02/20	13:00:00	1.921	28.840	1.52	0.48
05/02/20	14:00:00	1.916	28.840	1.52	0.48
05/02/20	15:00:00	1.916	28.840	1.52	0.48
05/02/20	16:00:00	1.917	28.840	1.52	0.48
05/02/20	17:00:00	1.919	28.840	1.52	0.48
05/02/20	18:00:00	1.927	28.840	1.53	0.47
05/02/20	19:00:00	1.938	28.840	1.54	0.46
05/02/20	20:00:00	1.949	28.840	1.55	0.45
05/02/20	21:00:00	1.959	28.840	1.56	0.44
05/02/20	22:00:00	1.970	28.840	1.57	0.43
05/02/20	23:00:00	1.983	28.800	1.58	0.42
06/02/20	00:00:00	1.999	28.800	1.60	0.40
06/02/20	01:00:00	2.014	28.800	1.61	0.39
06/02/20	02:00:00	2.028	28.800	1.63	0.37
06/02/20	03:00:00	2.040	28.800	1.64	0.36
06/02/20	04:00:00	2.047	28.800	1.65	0.35
06/02/20	05:00:00	2.050	28.800	1.65	0.35
06/02/20	06:00:00	2.049	28.800	1.65	0.35
06/02/20	07:00:00	2.043	28.840	1.64	0.36
06/02/20	08:00:00	2.029	28.840	1.63	0.37
06/02/20	09:00:00	2.013	28.840	1.61	0.39
06/02/20	10:00:00	1.992	28.840	1.59	0.41
06/02/20	11:00:00	1.971	28.840	1.57	0.43
06/02/20	12:00:00	1.955	28.840	1.55	0.45
06/02/20	13:00:00	1.939	28.840	1.54	0.46
06/02/20	14:00:00	1.927	28.840	1.53	0.47
06/02/20	15:00:00	1.922	28.840	1.52	0.48
06/02/20	16:00:00	1.918	28.870	1.52	0.48
06/02/20	17:00:00	1.917	28.840	1.52	0.48
06/02/20	18:00:00	1.923	28.840	1.52	0.48

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca3 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.4	*2*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
06/02/20	19:00:00	1.933	28.800	1.53	0.47
06/02/20	20:00:00	1.943	28.840	1.54	0.46
06/02/20	21:00:00	1.955	28.800	1.56	0.44
06/02/20	22:00:00	1.970	28.800	1.57	0.43
06/02/20	23:00:00	1.983	28.800	1.58	0.42
07/02/20	00:00:00	1.996	28.800	1.60	0.40
07/02/20	01:00:00	2.011	28.800	1.61	0.39
07/02/20	02:00:00	2.027	28.770	1.63	0.37
07/02/20	03:00:00	2.040	28.800	1.64	0.36
07/02/20	04:00:00	2.052	28.800	1.65	0.35
07/02/20	05:00:00	2.063	28.800	1.66	0.34
07/02/20	06:00:00	2.068	28.800	1.67	0.33
07/02/20	07:00:00	2.068	28.800	1.67	0.33

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1911-001

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

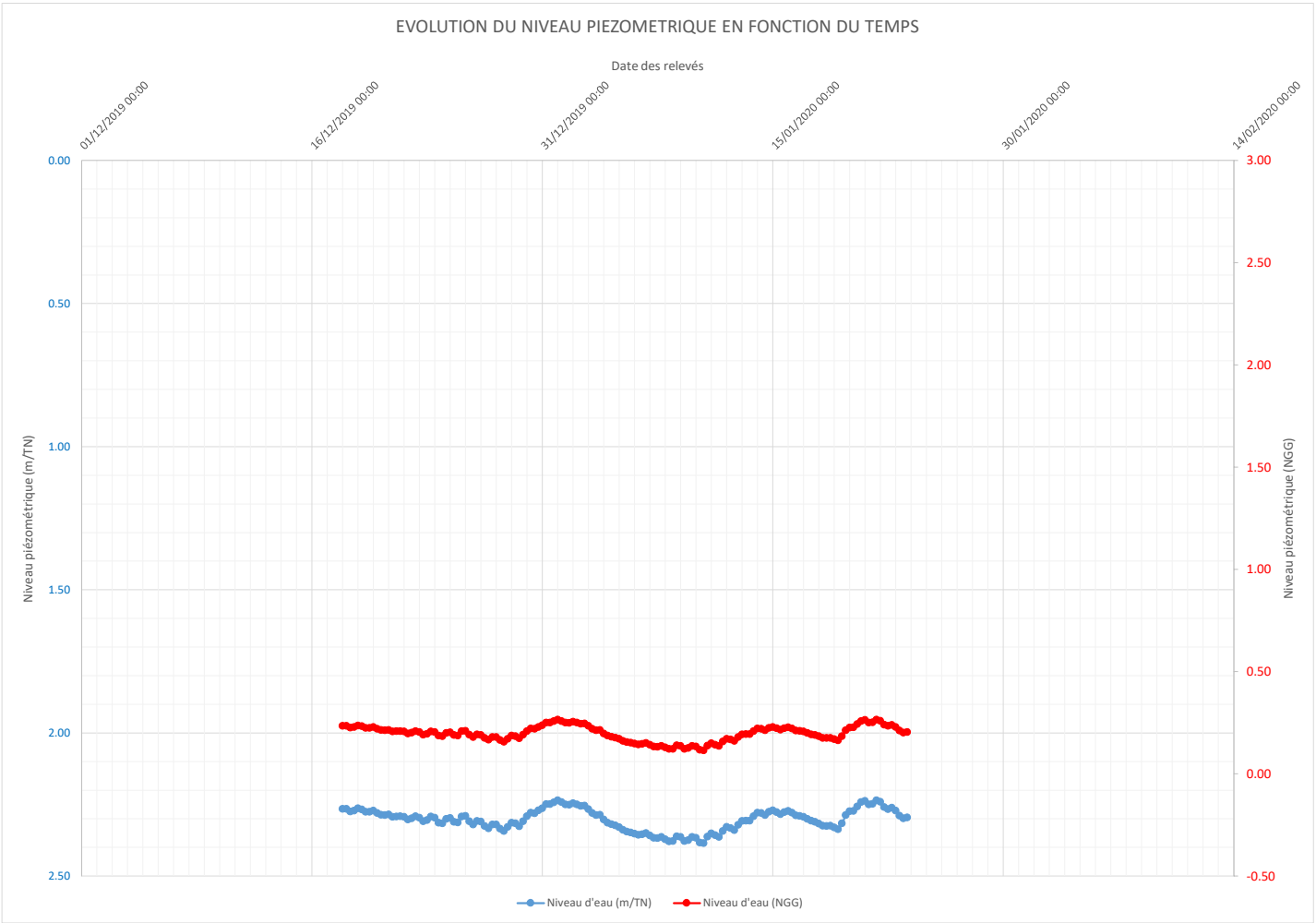
Ca4 : MATERIEL ET MISE EN ŒUVRE

EQUIPEMENT HORS SOL : *Tube principal intérieur en PVC crépiné Ø44/50mm manchonné/collé coiffé en tête par scellé dans un massif en béton*

MATERIEL DE MESURE : *Sonde "GOUDA LogSense SmPh Water Level Meter LS1811051" - 5m*

FREQUENCE DE MESURES : *1u/1h (Fréquence théorique demandée : Non indiquée)*

GRAPHIQUE DE SYNTHESE



LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca4 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.09	*2.5*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
18/12/19	00:00:00	2.645	28.570	2.27	0.23
18/12/19	06:00:00	2.644	28.590	2.27	0.23
18/12/19	12:00:00	2.636	28.570	2.27	0.23
18/12/19	18:00:00	2.638	28.590	2.27	0.23
19/12/19	00:00:00	2.646	28.550	2.26	0.24
19/12/19	06:00:00	2.643	28.570	2.27	0.23
19/12/19	12:00:00	2.635	28.570	2.28	0.22
19/12/19	18:00:00	2.634	28.600	2.28	0.22
20/12/19	00:00:00	2.639	28.560	2.27	0.23
20/12/19	06:00:00	2.631	28.560	2.28	0.22
20/12/19	12:00:00	2.624	28.560	2.29	0.21
20/12/19	18:00:00	2.623	28.580	2.29	0.21
21/12/19	00:00:00	2.625	28.550	2.29	0.21
21/12/19	06:00:00	2.617	28.550	2.29	0.21
21/12/19	12:00:00	2.618	28.570	2.29	0.21
21/12/19	18:00:00	2.619	28.590	2.29	0.21
22/12/19	00:00:00	2.617	28.560	2.29	0.21
22/12/19	06:00:00	2.607	28.560	2.30	0.20
22/12/19	12:00:00	2.612	28.560	2.30	0.20
22/12/19	18:00:00	2.618	28.580	2.29	0.21
23/12/19	00:00:00	2.614	28.560	2.30	0.20
23/12/19	06:00:00	2.601	28.550	2.31	0.19
23/12/19	12:00:00	2.605	28.560	2.31	0.19
23/12/19	18:00:00	2.617	28.620	2.29	0.21
24/12/19	00:00:00	2.614	28.550	2.30	0.20
24/12/19	06:00:00	2.596	28.550	2.31	0.19
24/12/19	12:00:00	2.594	28.570	2.32	0.18
24/12/19	18:00:00	2.610	28.590	2.30	0.20
25/12/19	00:00:00	2.613	28.570	2.30	0.20
25/12/19	06:00:00	2.599	28.550	2.31	0.19
25/12/19	12:00:00	2.597	28.560	2.31	0.19
25/12/19	18:00:00	2.618	28.590	2.29	0.21
26/12/19	00:00:00	2.619	28.560	2.29	0.21
26/12/19	06:00:00	2.601	28.560	2.31	0.19
26/12/19	12:00:00	2.589	28.590	2.32	0.18
26/12/19	18:00:00	2.602	28.610	2.31	0.19
27/12/19	00:00:00	2.600	28.560	2.31	0.19
27/12/19	06:00:00	2.585	28.550	2.33	0.17
27/12/19	12:00:00	2.576	28.550	2.33	0.17
27/12/19	18:00:00	2.590	28.580	2.32	0.18
28/12/19	00:00:00	2.590	28.550	2.32	0.18
28/12/19	06:00:00	2.575	28.540	2.33	0.17
28/12/19	12:00:00	2.567	28.550	2.34	0.16
28/12/19	18:00:00	2.581	28.610	2.33	0.17
29/12/19	00:00:00	2.596	28.550	2.31	0.19
29/12/19	06:00:00	2.594	28.550	2.32	0.18
29/12/19	12:00:00	2.583	28.550	2.33	0.17
29/12/19	18:00:00	2.601	28.590	2.31	0.19
30/12/19	00:00:00	2.619	28.550	2.29	0.21
30/12/19	06:00:00	2.631	28.550	2.28	0.22
30/12/19	12:00:00	2.630	28.530	2.28	0.22
30/12/19	18:00:00	2.639	28.580	2.27	0.23
31/12/19	00:00:00	2.647	28.550	2.26	0.24
31/12/19	06:00:00	2.661	28.540	2.25	0.25
31/12/19	12:00:00	2.661	28.540	2.25	0.25
31/12/19	18:00:00	2.667	28.590	2.24	0.26
01/01/20	00:00:00	2.675	28.550	2.24	0.26
01/01/20	06:00:00	2.668	28.530	2.24	0.26
01/01/20	12:00:00	2.660	28.550	2.25	0.25
01/01/20	18:00:00	2.659	28.570	2.25	0.25
02/01/20	00:00:00	2.664	28.550	2.25	0.25
02/01/20	06:00:00	2.660	28.530	2.25	0.25
02/01/20	12:00:00	2.655	28.540	2.26	0.24
02/01/20	18:00:00	2.656	28.570	2.25	0.25
03/01/20	00:00:00	2.644	28.550	2.27	0.23
03/01/20	06:00:00	2.630	28.540	2.28	0.22
03/01/20	12:00:00	2.623	28.540	2.29	0.21
03/01/20	18:00:00	2.624	28.560	2.29	0.21
04/01/20	00:00:00	2.607	28.540	2.30	0.20
04/01/20	06:00:00	2.597	28.540	2.31	0.19
04/01/20	12:00:00	2.591	28.540	2.32	0.18
04/01/20	18:00:00	2.586	28.540	2.32	0.18
05/01/20	00:00:00	2.580	28.530	2.33	0.17
05/01/20	06:00:00	2.571	28.530	2.34	0.16
05/01/20	12:00:00	2.565	28.540	2.34	0.16
05/01/20	18:00:00	2.562	28.570	2.35	0.15
06/01/20	00:00:00	2.558	28.540	2.35	0.15
06/01/20	06:00:00	2.554	28.530	2.36	0.14
06/01/20	12:00:00	2.556	28.540	2.35	0.15
06/01/20	18:00:00	2.560	28.550	2.35	0.15
07/01/20	00:00:00	2.551	28.530	2.36	0.14
07/01/20	06:00:00	2.544	28.530	2.37	0.13

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

RELEVE PIEZOMETRIQUE

DOSSIER N°1812-023

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean - COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

Ca4 : TABLEAUX DES MESURES

Date	Heure (UTC/GMT-4)	Niveau d'eau mesuré (cm/Sonde)	Température °C	*Ht hors sol :*	*$Z_{NGG,TN}$:*
				0.09	*2.5*
				Niveau d'eau (m/TN)	**Niveau d'eau (NGG)**
07/01/20	12:00:00	2.542	28.520	2.37	0.13
07/01/20	18:00:00	2.547	28.570	2.36	0.14
08/01/20	00:00:00	2.539	28.540	2.37	0.13
08/01/20	06:00:00	2.531	28.520	2.38	0.12
08/01/20	12:00:00	2.532	28.520	2.38	0.12
08/01/20	18:00:00	2.549	28.580	2.36	0.14
09/01/20	00:00:00	2.546	28.540	2.36	0.14
09/01/20	06:00:00	2.532	28.540	2.38	0.12
09/01/20	12:00:00	2.536	28.530	2.37	0.13
09/01/20	18:00:00	2.547	28.560	2.36	0.14
10/01/20	00:00:00	2.544	28.530	2.37	0.13
10/01/20	06:00:00	2.527	28.530	2.38	0.12
10/01/20	12:00:00	2.525	28.520	2.38	0.12
10/01/20	18:00:00	2.547	28.560	2.36	0.14
11/01/20	00:00:00	2.559	28.520	2.35	0.15
11/01/20	06:00:00	2.553	28.520	2.36	0.14
11/01/20	12:00:00	2.547	28.520	2.36	0.14
11/01/20	18:00:00	2.567	28.550	2.34	0.16
12/01/20	00:00:00	2.581	28.520	2.33	0.17
12/01/20	06:00:00	2.578	28.500	2.33	0.17
12/01/20	12:00:00	2.570	28.520	2.34	0.16
12/01/20	18:00:00	2.589	28.550	2.32	0.18
13/01/20	00:00:00	2.602	28.570	2.31	0.19
13/01/20	06:00:00	2.604	28.510	2.31	0.19
13/01/20	12:00:00	2.603	28.510	2.31	0.19
13/01/20	18:00:00	2.619	28.550	2.29	0.21
14/01/20	00:00:00	2.631	28.510	2.28	0.22
14/01/20	06:00:00	2.631	28.520	2.28	0.22
14/01/20	12:00:00	2.622	28.510	2.29	0.21
14/01/20	18:00:00	2.635	28.520	2.28	0.22
15/01/20	00:00:00	2.639	28.520	2.27	0.23
15/01/20	06:00:00	2.633	28.510	2.28	0.22
15/01/20	12:00:00	2.626	28.520	2.28	0.22
15/01/20	18:00:00	2.633	28.520	2.28	0.22
16/01/20	00:00:00	2.637	28.510	2.27	0.23
16/01/20	06:00:00	2.631	28.490	2.28	0.22
16/01/20	12:00:00	2.622	28.520	2.29	0.21
16/01/20	18:00:00	2.620	28.540	2.29	0.21
17/01/20	00:00:00	2.617	28.510	2.29	0.21
17/01/20	06:00:00	2.610	28.500	2.30	0.20
17/01/20	12:00:00	2.603	28.520	2.31	0.19
17/01/20	18:00:00	2.600	28.540	2.31	0.19
18/01/20	00:00:00	2.593	28.510	2.32	0.18
18/01/20	06:00:00	2.586	28.510	2.32	0.18
18/01/20	12:00:00	2.585	28.500	2.33	0.17
18/01/20	18:00:00	2.586	28.550	2.32	0.18
19/01/20	00:00:00	2.580	28.490	2.33	0.17
19/01/20	06:00:00	2.573	28.490	2.34	0.16
19/01/20	12:00:00	2.594	28.510	2.32	0.18
19/01/20	18:00:00	2.623	28.530	2.29	0.21
20/01/20	00:00:00	2.636	28.500	2.27	0.23
20/01/20	06:00:00	2.637	28.500	2.27	0.23
20/01/20	12:00:00	2.653	28.490	2.26	0.24
20/01/20	18:00:00	2.668	28.520	2.24	0.26
21/01/20	00:00:00	2.673	28.510	2.24	0.26
21/01/20	06:00:00	2.660	28.500	2.25	0.25
21/01/20	12:00:00	2.662	28.460	2.25	0.25
21/01/20	18:00:00	2.674	28.540	2.24	0.26
22/01/20	00:00:00	2.669	28.500	2.24	0.26
22/01/20	06:00:00	2.650	28.480	2.26	0.24
22/01/20	12:00:00	2.644	28.520	2.27	0.23
22/01/20	18:00:00	2.648	28.550	2.26	0.24
23/01/20	00:00:00	2.638	28.510	2.27	0.23
23/01/20	06:00:00	2.621	28.500	2.29	0.21
23/01/20	12:00:00	2.611	28.480	2.30	0.20
23/01/20	18:00:00	2.615	28.530	2.30	0.20

ANNEXE 7 :

Procès-Verbaux des forages et des essais d'infiltration associés

LABCO Antilles

Dossier n°1911-001

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

SAINT BARTHELEMY

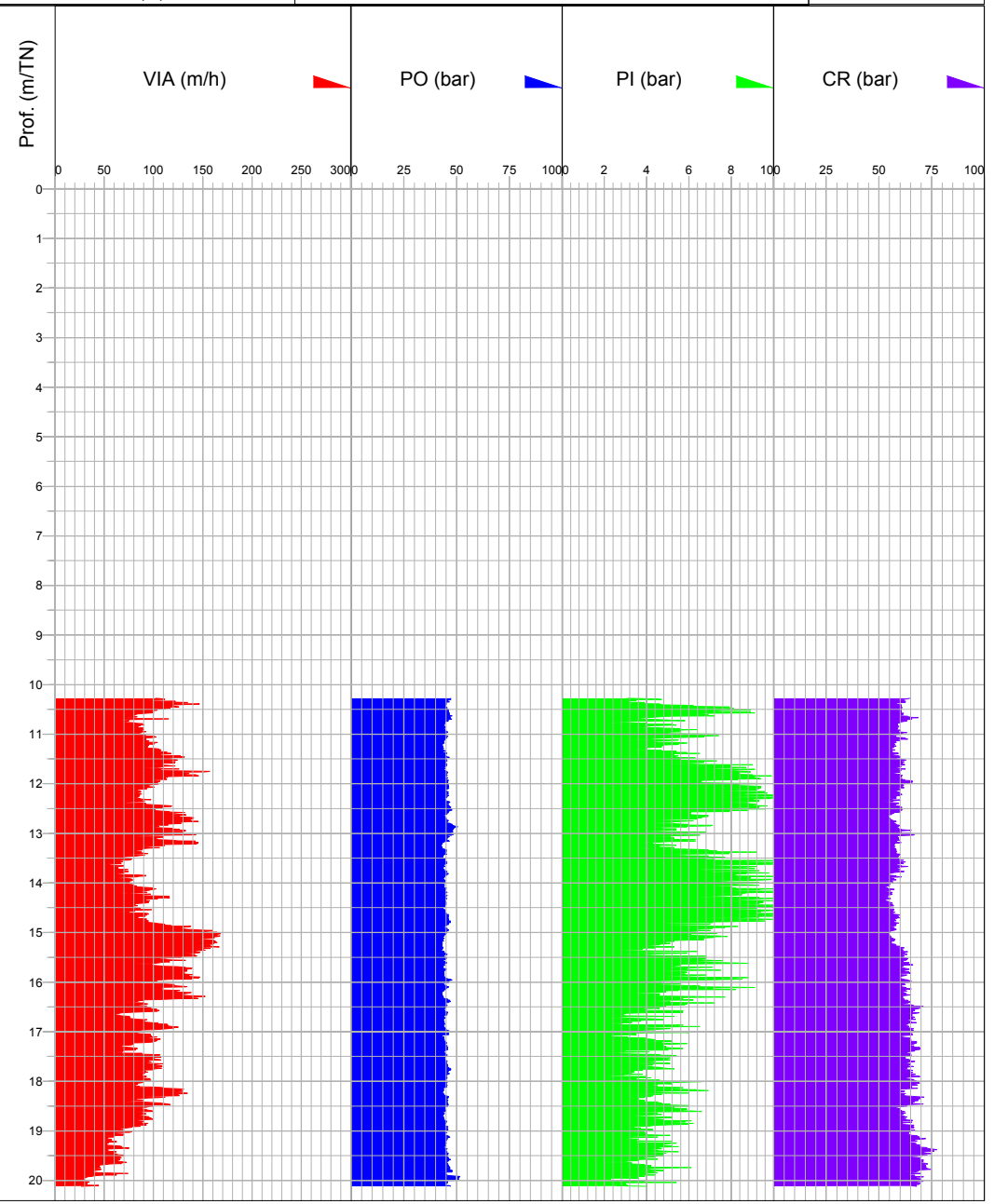
X (m) : 517130
Y (m) : 1979488
Z (NGG) :
Niveau d'eau (m) : 2.5

FORAGE DESTRUCTIF

Avec enregistrement des paramètres de forage

De1

Cote ZN (m)	Prof. (m/T.N.)	Coupe schématique du terrain	Eau	Dates	Outils	Tubage	Remarque
0.0	0.0	Remblai divers : Grave, gravas et blocs polygénique incorporés dans une couche de sables marins et de limons bruns (Rb0)		0.0	0.0	0.0	
-1.0	1.0						Na1
-2.0	2.0	2.5	2.5				
-3.0	3.0	Dépôts littoraux sableux : Sables marins blanchâtres, fins à grossiers, finement argileux, généralement siliceux et mêlé de fragments coquillers et relativement denses (Fq5)					Le2
-4.0	4.0						
-5.0	5.0						Le3
-6.0	6.0						
-7.0	7.0						Le4
-8.0	8.0						
-9.0	9.0	Dépôts de lagune : Sables argilo-vasards de teinte grise à verdâtre mous (Fq4a) 9.2 – 9.8					Le5
-10.0	10.0			13/01/2020	Carottier simple Ø116mm à couronne diamantée en rotation simple	Tubage provisoire acier Ø120/140mm	
-11.0	11.0			10.3	10.3	11.0	
-12.0	12.0	Hyaloclastites latérisées : Microconglomérat compact et jointif à rares blocs pluricentimétriques intercalés. Teinte générale brune à ocre tendant vers le gris/verdâtre localement. (SuV2a)					Le6
-13.0	13.0						
-14.0	14.0						Le7
-15.0	15.0						
-16.0	16.0						Le8
-17.0	17.0						
-18.0	18.0						Le9
-19.0	19.0						
-20.0	20.0	20.1		14/01/2020	Taillant à boutons d'acier Ø64mm en rotation	Tubage provisoire acier Ø80/90mm	Le10
				20.1	20.1	20.1	



SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL

Planche photographique des échantillons extraits sur place

De1

Sondage carotté en site terrestre De1 de 0 à 10.3 m/TN

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1911-001/SOL1/De1

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

NIVEAU D'EAU : 2.5 m/TN

DATE : 13/01/2020

X : 517130 m

Y : 1979488 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

TEST DE PERCOLATION EN PROFONDEUR

ESSAI NASBERG EN REGIME TRANSITOIRE

Na1

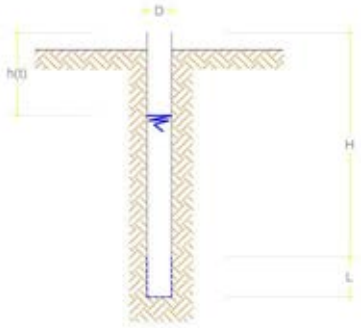
Mesure de la perméabilité locale au rocher, hors nappe, à charge variable et à débit nul

RESULTATS DES MESURES

Temps (s)	Mesure h(t) (m)	χ_{inst}	K_{inst} (m/s)	K_{inst} (mm/h)
		173.6		
60	0.010	172.4	3.6E-06	
120	0.020	171.2	3.6E-06	
180	0.040	168.7	4.8E-06	
240	0.060	166.2	5.4E-06	
300	0.080	163.7	5.8E-06	
360	0.100	161.3	6.1E-06	
420	0.120	158.8	6.3E-06	
480	0.130	157.6	6.0E-06	
540	0.150	155.1	6.2E-06	
600	0.170	152.6	6.4E-06	
900	0.240	144.0	6.2E-06	

K = 6.3E-06 *m/s*

DISPOSITIF DE MESURE



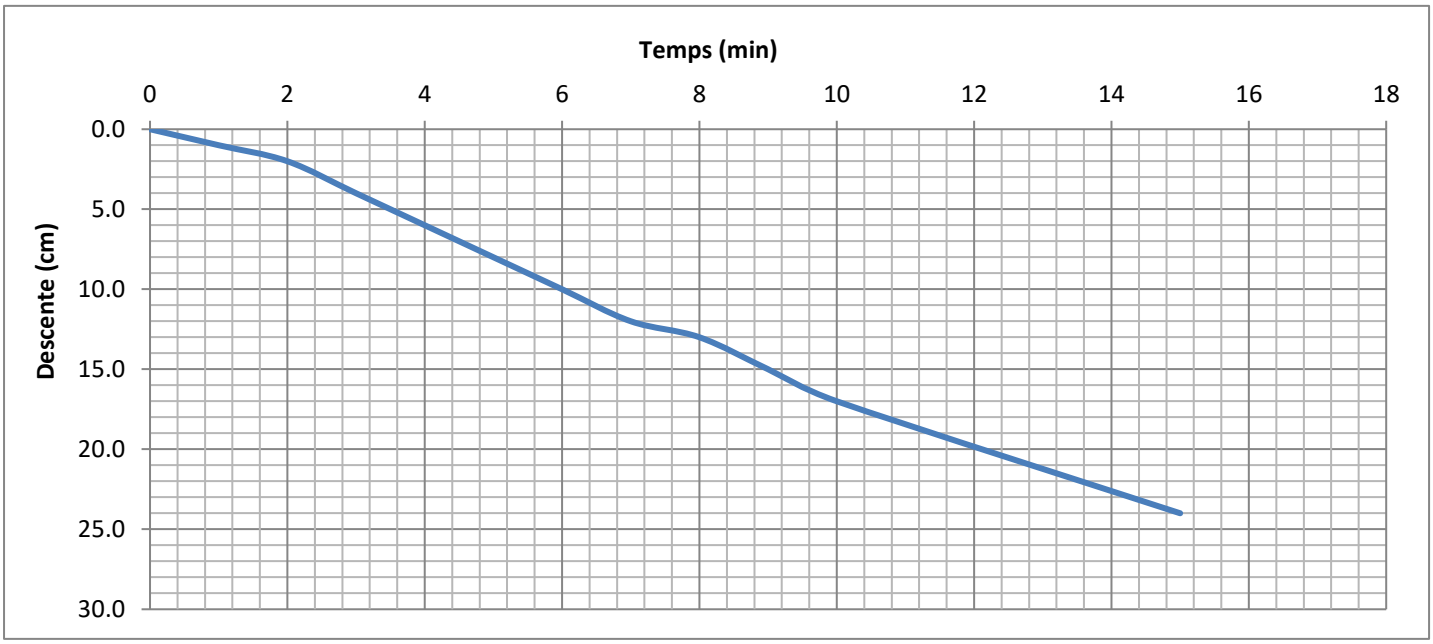
D : diamètre du forage/cavité (m)	**0.120**
H : hauteur du tubage (m)	**1.500**
L : hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : section droite du forage (m²)	**0.011**

Paramètre χ(t) : $\chi(t) = \left[1 - \sqrt{\frac{16.H(t)}{d} + 1}\right]^2$

Perméabilité K(t) : $K(t) = \frac{S}{\pi D t}\left[ln\left(\frac{\chi_0}{\chi(t)}\right) + \frac{1}{\chi_0} - \frac{1}{\chi(t)}\right]$

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013

K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *13/1/20 11:04*

Fin d'essais : *13/1/20 11:04*

X : 517130 m

Y : 1979488 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

NFP 94 132

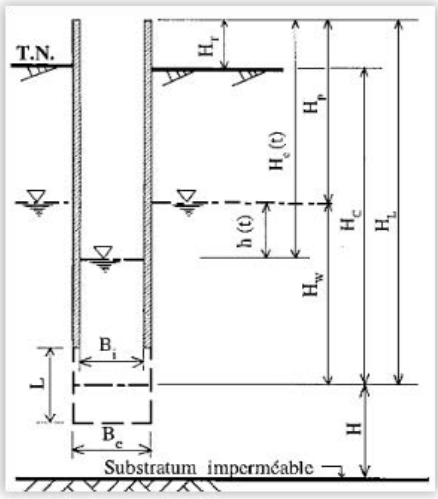
Le2

Charge variable et à débit nul - ***Cavité proche de la nappe*** *-* **REGIME TRANSITOIRE**

RESULTATS DES MESURES

Temps (s)	Mesure z(t) (m)
30	1.780
45	2.000
60	2.060
75	2.100
90	2.120
105	2.130
125	2.150
155	2.160
180	2.170

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.120**
H : longueur du tubage (m)	**3.000**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	**0.500**
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.011**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**2.50**

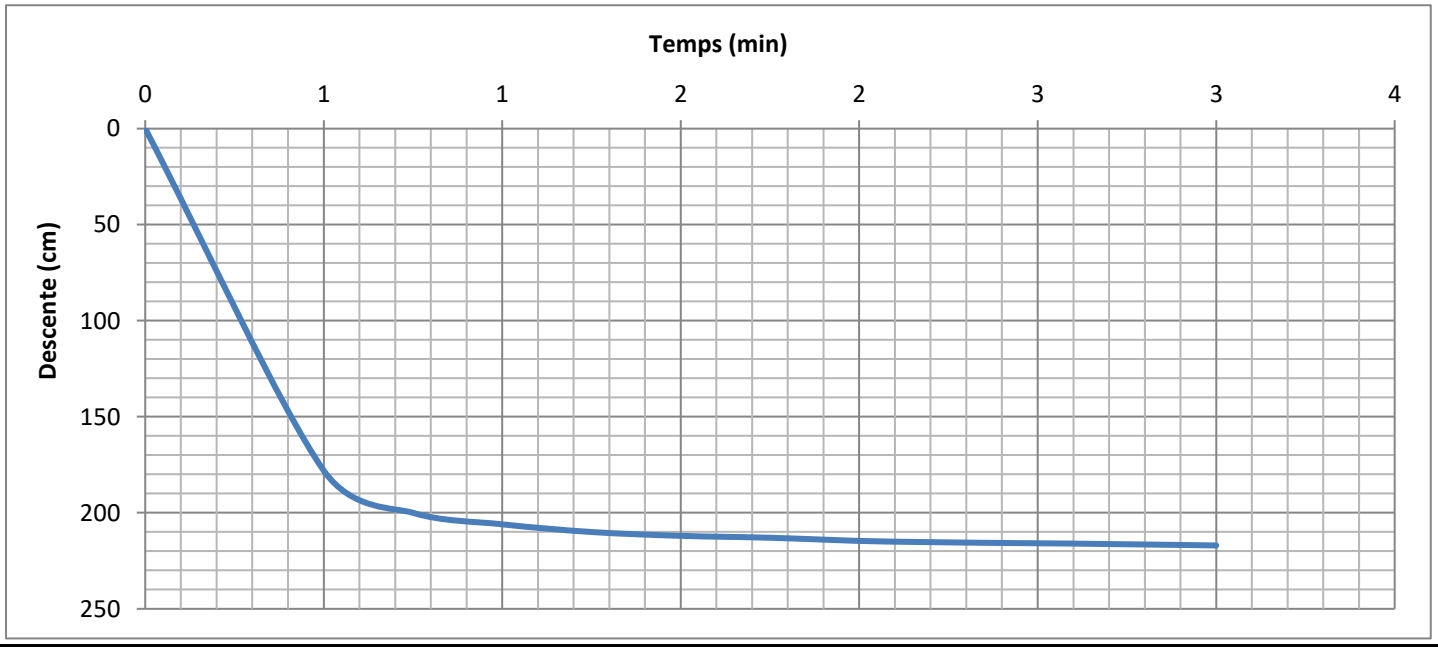
C : L/B (m)	*8.33*
*m0 = 2*pi*C/Ln(C+RAC(C*C+1))*	*18.59*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*17.08*

Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	180
z (m/TN)	2.170

K = 6.2E-05 ***m/s***

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *13/1/20 0:00*

Fin d'essais : *13/1/20 0:00*

X : 517130 m

Y : 1979488 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

NFP 94 132

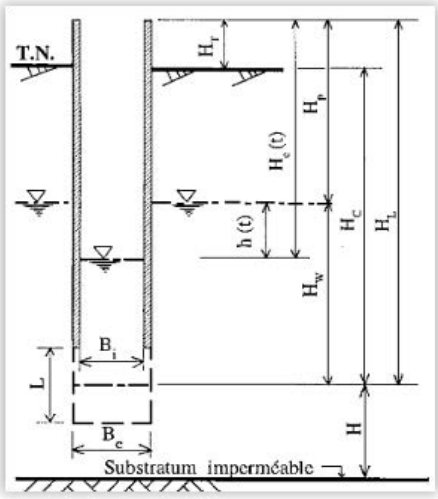
Le3

Charge variable et à débit nul - Cavité proche de la nappe - REGIME TRANSITOIRE

RESULTATS DES MESURES

Temps (s)	Mesure z(t) (m)
30	0.450
60	0.810
90	1.060
120	1.270
150	1.440
180	1.580
210	1.680
240	1.760
270	1.820
300	1.860
360	1.950
420	2.000
480	2.030

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.120**
H : longueur du tubage (m)	**5.000**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.011**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**2.50**

C : L/B (m)	*8.33*
*m0 = 2*pi*C/Ln(C+RAC(C*C+1))*	*18.59*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*18.06*

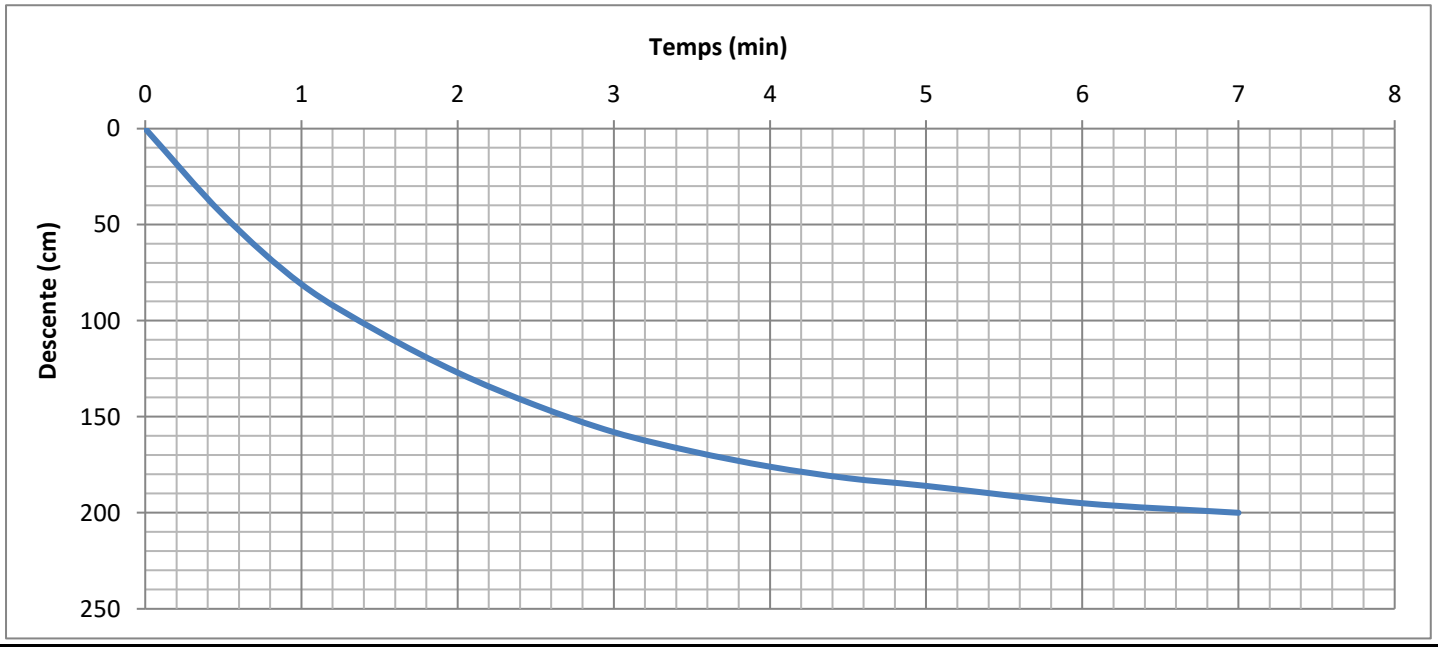
Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	480
z (m/TN)	2.030

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013

K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable

K = **1.8E-05** ***m/s***



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *13/1/20 0:00*

Fin d'essais : *13/1/20 0:00*

X : 517130 m

Y : 1979488 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

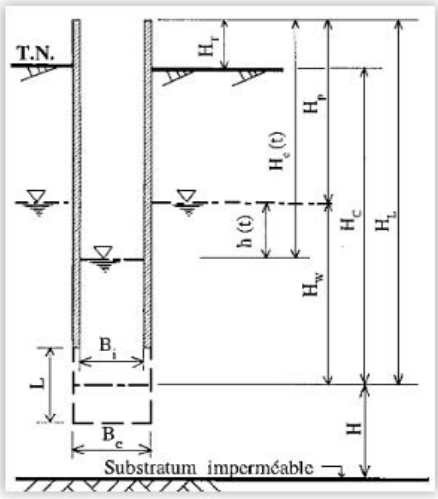
NFP 94 132

Le4

Charge variable et à débit nul - ***Cavité proche de la nappe*** **- REGIME TRANSITOIRE**

RESULTATS DES MESURES	
Temps (s)	***Mesure z(t) (m)***
30	0.600
60	1.050
90	1.300
120	1.420
150	1.600
180	1.750
210	1.840
240	1.870
270	1.940
300	1.990
360	2.040
420	2.070

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.120**
H : longueur du tubage (m)	**7.500**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	**0.500**
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.011**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**2.50**

C : L/B (m)	*8.33*
*m0 = 2*pi*C/Ln(C+RAC(C*C+1))*	*18.59*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*18.29*

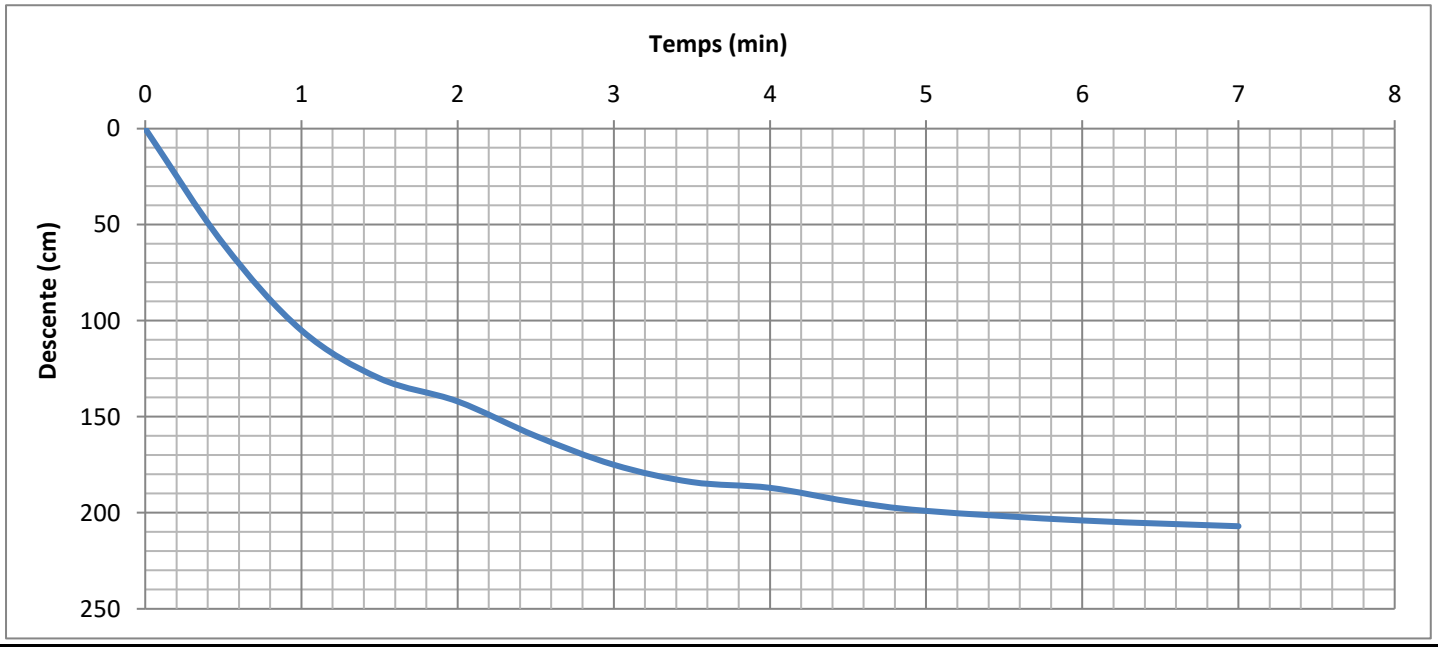
Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	420
z (m/TN)	2.070

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable

K = **2.2E-05**

m/s



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *13/1/20 0:00*

Fin d'essais : *13/1/20 0:00*

X : 517130 m

Y : 1979488 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

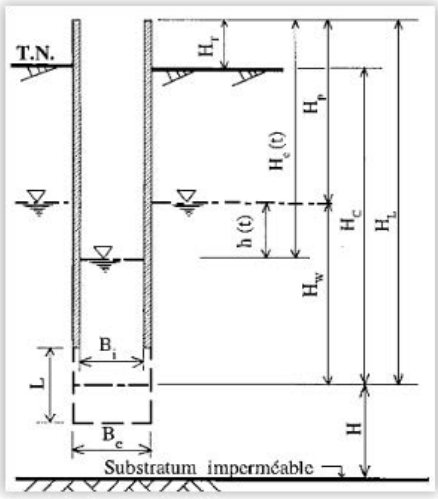
NFP 94 132

Le5

Charge variable et à débit nul - Cavité proche de la nappe - REGIME TRANSITOIRE

RESULTATS DES MESURES	
Temps (s)	**Mesure z(t) (m)**
30	0.090
60	0.140
90	0.190
120	0.240
150	0.280
180	0.340
210	0.390
240	0.430
270	0.490
300	0.540
360	0.630
420	0.720
480	0.800
540	0.890
600	0.970
900	1.540
1200	1.870
1500	2.030

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.120**
H : longueur du tubage (m)	**9.000**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.011**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**2.50**

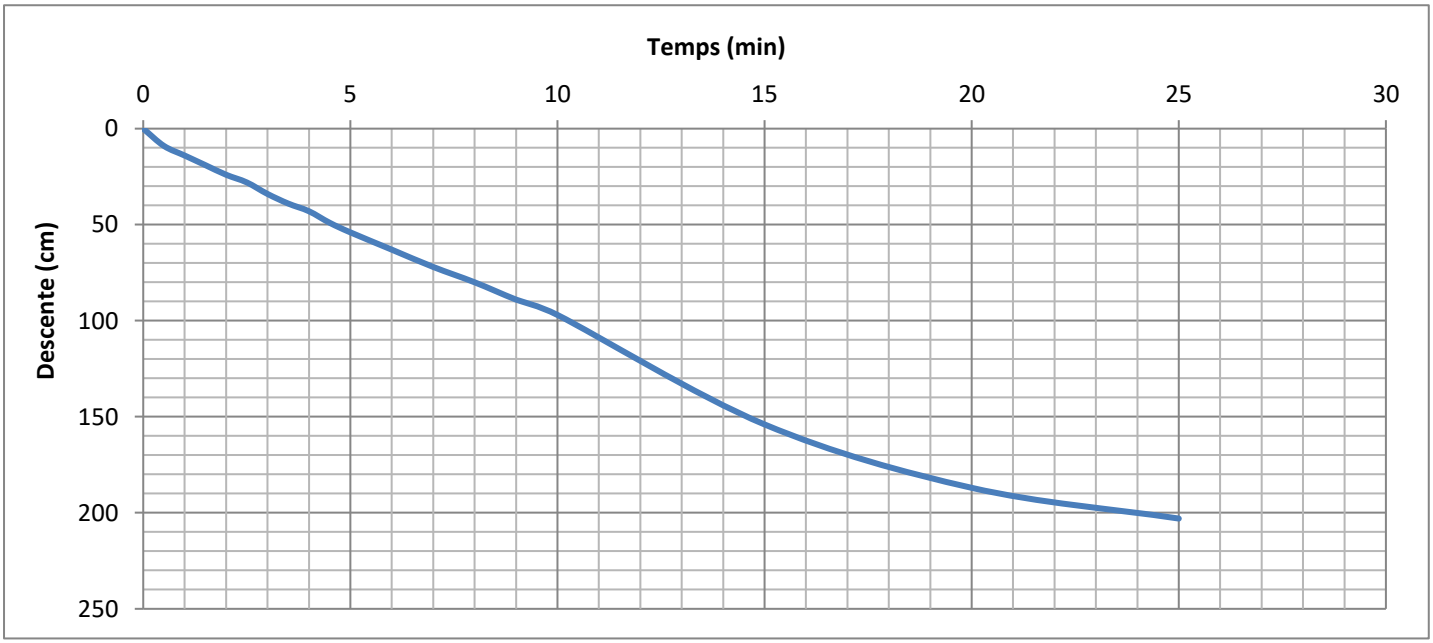
C : L/B (m)	*8.33*
*m0 = 2*pi*C/Ln(C+RAC(C*C+1))*	*18.59*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*18.36*

Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	1500
z (m/TN)	2.030

K = 5.7E-06 ***m/s***

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *13/1/20 0:00*

Fin d'essais : *13/1/20 0:00*

X : 517130 m

Y : 1979488 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

NFP 94 132

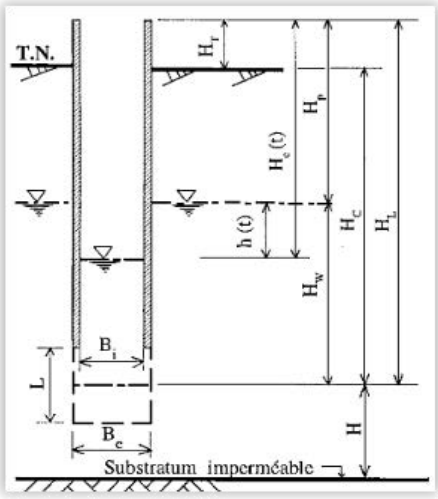
Le6

Charge variable et à débit nul - ***Cavité proche de la nappe*** **- REGIME TRANSITOIRE**

RESULTATS DES MESURES

Temps (s)	Mesure z(t) (m)
60	0.030
120	0.080
180	0.170
240	0.240
300	0.330
360	0.390
420	0.460
480	0.540
540	0.670
600	0.730
900	0.940
1200	1.190
1500	1.2800
1800	1.4100
2400	1.5200
3000	1.6000
3600	1.6700

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.080**
H : longueur du tubage (m)	**11.500**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	**0.500**
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.005**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**2.50**

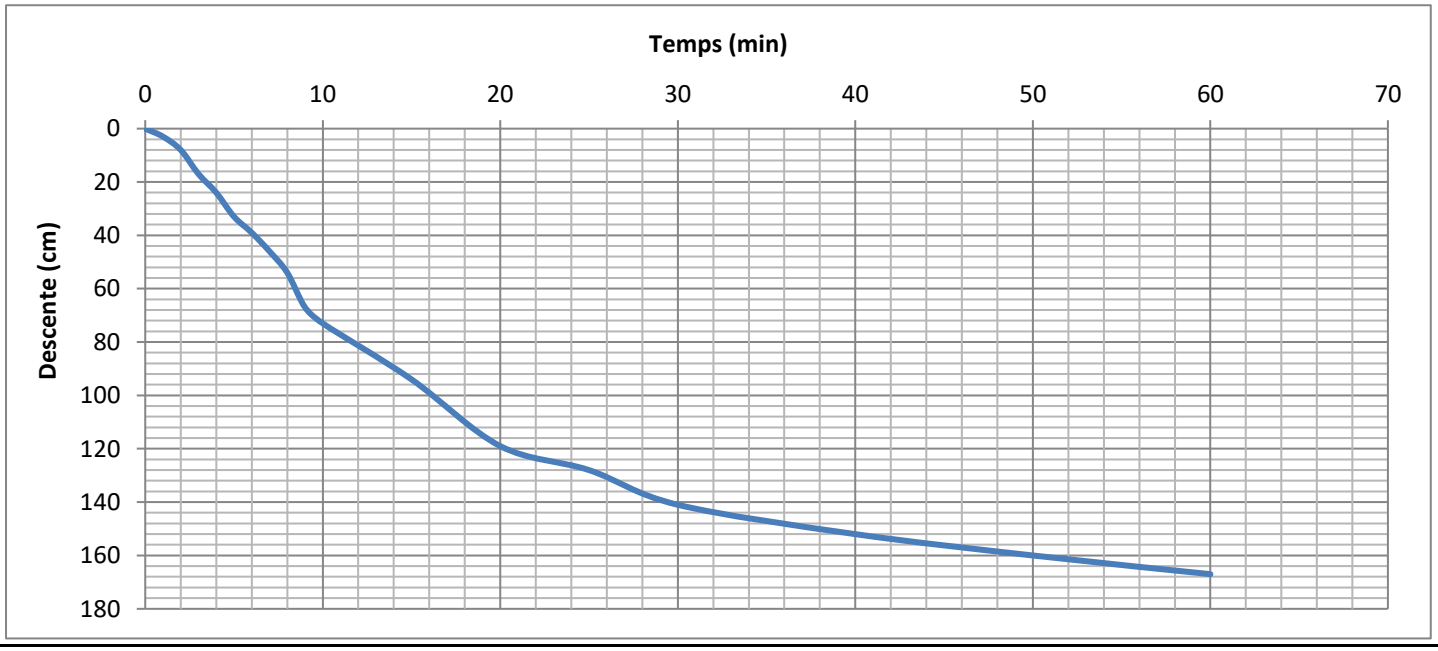
C : L/B (m)	*12.50*
*m0 = 2*pi*C/Ln(2*C)*	*24.40*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*24.20*

Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	3600
z (m/TN)	1.670

K = **8.0E-07** ***m/s***

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *13/1/20 0:00*

Fin d'essais : *13/1/20 0:00*

X : 517130 m

Y : 1979488 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

NFP 94 132

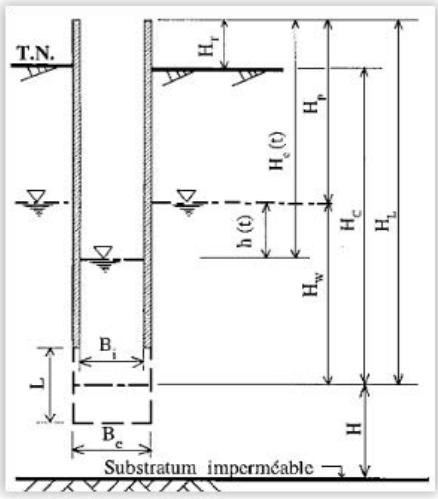
Le7

Charge variable et à débit nul - Cavité proche de la nappe - REGIME TRANSITOIRE

RESULTATS DES MESURES

Temps (s)	Mesure z(t) (m)
60	0.010
120	0.030
180	0.050
240	0.060
300	0.070
600	0.100
900	0.140
1200	0.180
1500	0.210
1800	0.260
2400	0.310
3000	0.400
3600	0.520

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.080**
H : longueur du tubage (m)	**13.000**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.005**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**2.50**

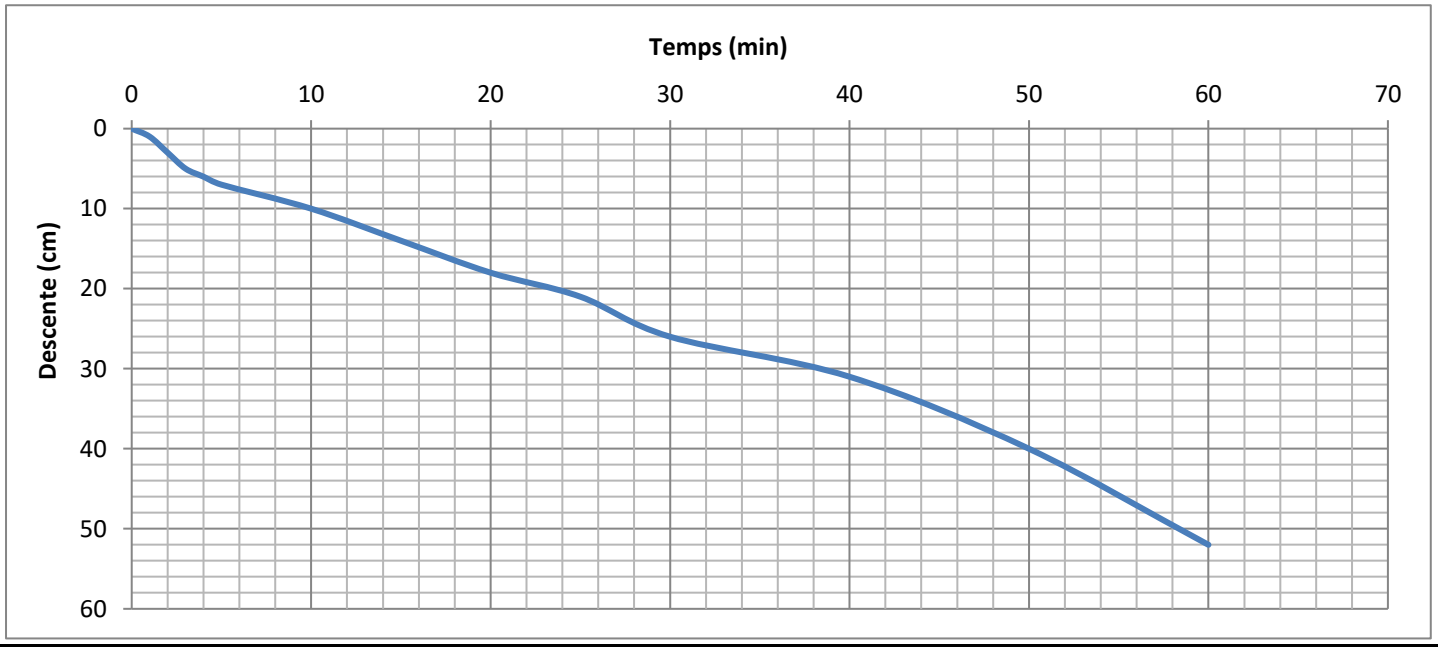
C : L/B (m)	*12.50*
*m0 = 2*pi*C/Ln(2*C)*	*24.40*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*24.23*

Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	3600
z (m/TN)	0.520

K = 1.7E-07 ***m/s***

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *13/1/20 0:00*

Fin d'essais : *13/1/20 0:00*

X : 517130 m

Y : 1979488 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

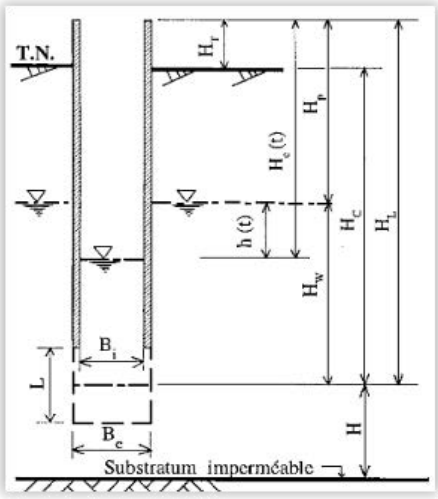
NFP 94 132

Le8

Charge variable et à débit nul - ***Cavité proche de la nappe*** **- REGIME TRANSITOIRE**

RESULTATS DES MESURES	
Temps (s)	***Mesure z(t) (m)***
60	0.010
120	0.020
180	0.030
240	0.040
300	0.050
600	0.090
900	0.120
1200	0.150
1500	0.180
1800	0.200
2400	0.240
3000	0.270
3600	0.3000

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.080**
H : longueur du tubage (m)	**15.000**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.005**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**2.50**

C : L/B (m)	*12.50*
*m0 = 2*pi*C/Ln(2*C)*	*24.40*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*24.26*

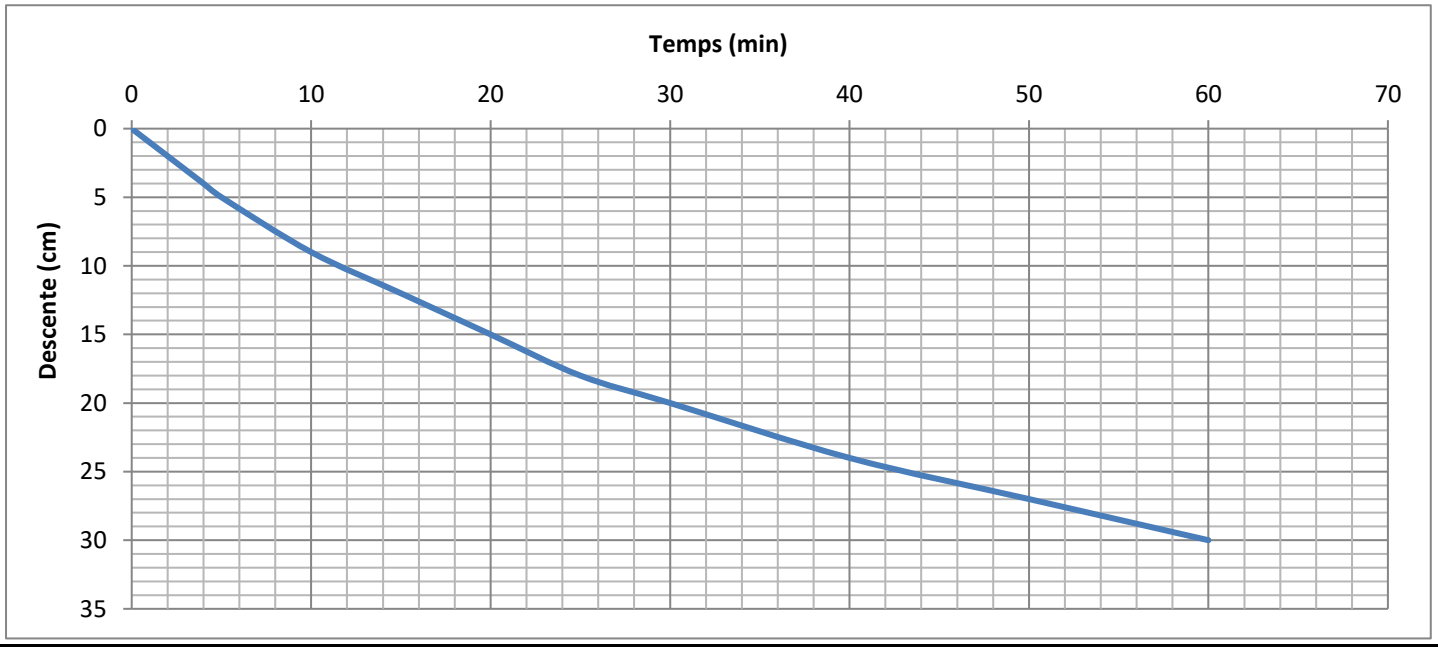
Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	3600
z (m/TN)	0.300

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable

K = **9.2E-08**

m/s



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *13/1/20 0:00*

Fin d'essais : *13/1/20 0:00*

X : 517130 m

Y : 1979488 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

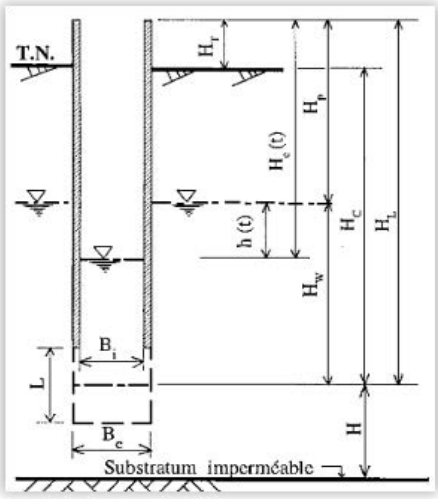
NFP 94 132

Le9

Charge variable et à débit nul - Cavité proche de la nappe - REGIME TRANSITOIRE

RESULTATS DES MESURES	
Temps (s)	**Mesure z(t) (m)**
60	0.020
120	0.040
180	0.060
240	0.070
300	0.080
600	0.130
900	0.170
1200	0.220
1500	0.270
1800	0.310
2400	0.390
3000	0.460
3600	0.500

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.080**
H : longueur du tubage (m)	**17.000**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.005**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**2.50**

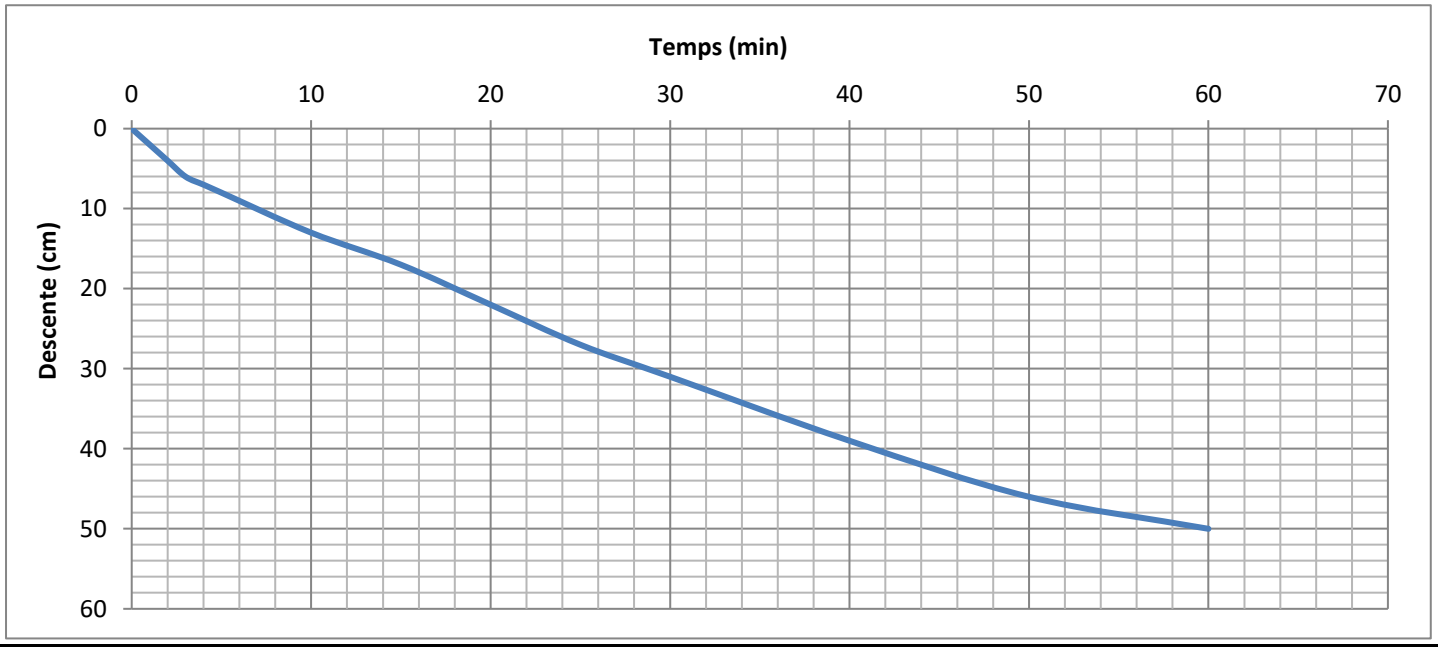
C : L/B (m)	*12.50*
*m0 = 2*pi*C/Ln(2*C)*	*24.40*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*24.27*

Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	3600
z (m/TN)	0.500

K = 1.6E-07 *m/s*

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *13/1/20 0:00*

Fin d'essais : *13/1/20 0:00*

X : 517130 m

Y : 1979488 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

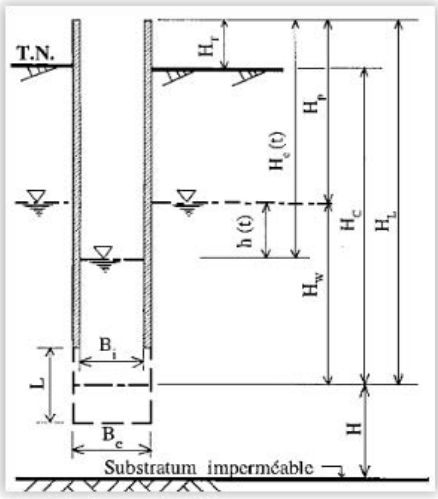
NFP 94 132

Le10

Charge variable et à débit nul - ***Cavité proche de la nappe*** **- REGIME TRANSITOIRE**

RESULTATS DES MESURES	
Temps (s)	***Mesure z(t) (m)***
60	0.060
120	0.100
180	0.150
240	0.210
300	0.250
600	0.440
900	0.750
1200	0.920
1500	1.180
1800	1.470
2400	1.710
3000	1.970
3600	2.1400

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.080**
H : longueur du tubage (m)	**19.000**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.005**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**2.50**

C : L/B (m)	*12.50*
*m0 = 2*pi*C/Ln(2*C)*	*24.40*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*24.29*

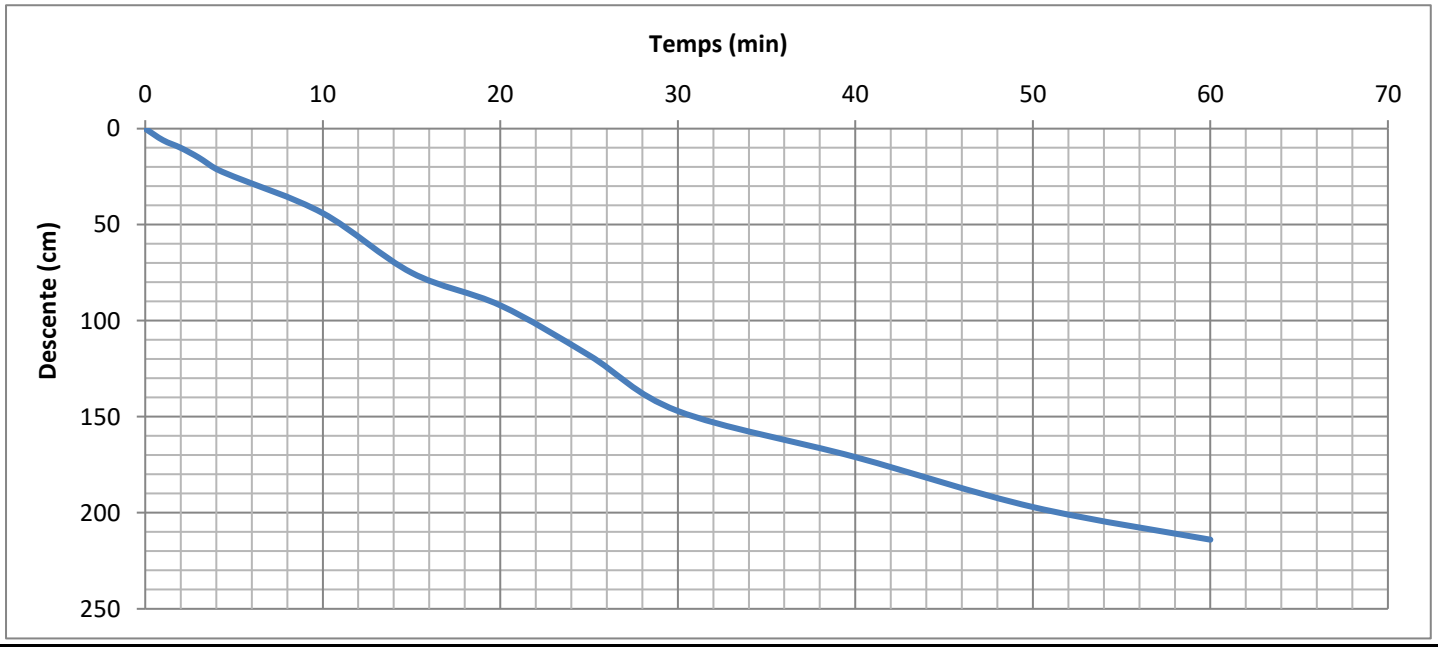
Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	3600
z (m/TN)	2.140

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable

K = **1.4E-06**

m/s



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *13/1/20 0:00*

Fin d'essais : *13/1/20 0:00*

X : 517130 m

Y : 1979488 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

LABCO Antilles

Dossier n°1911-001

SAS SJBREI

Hôtel ETOILE à Saint Jean

SAINT BARTHELEMY

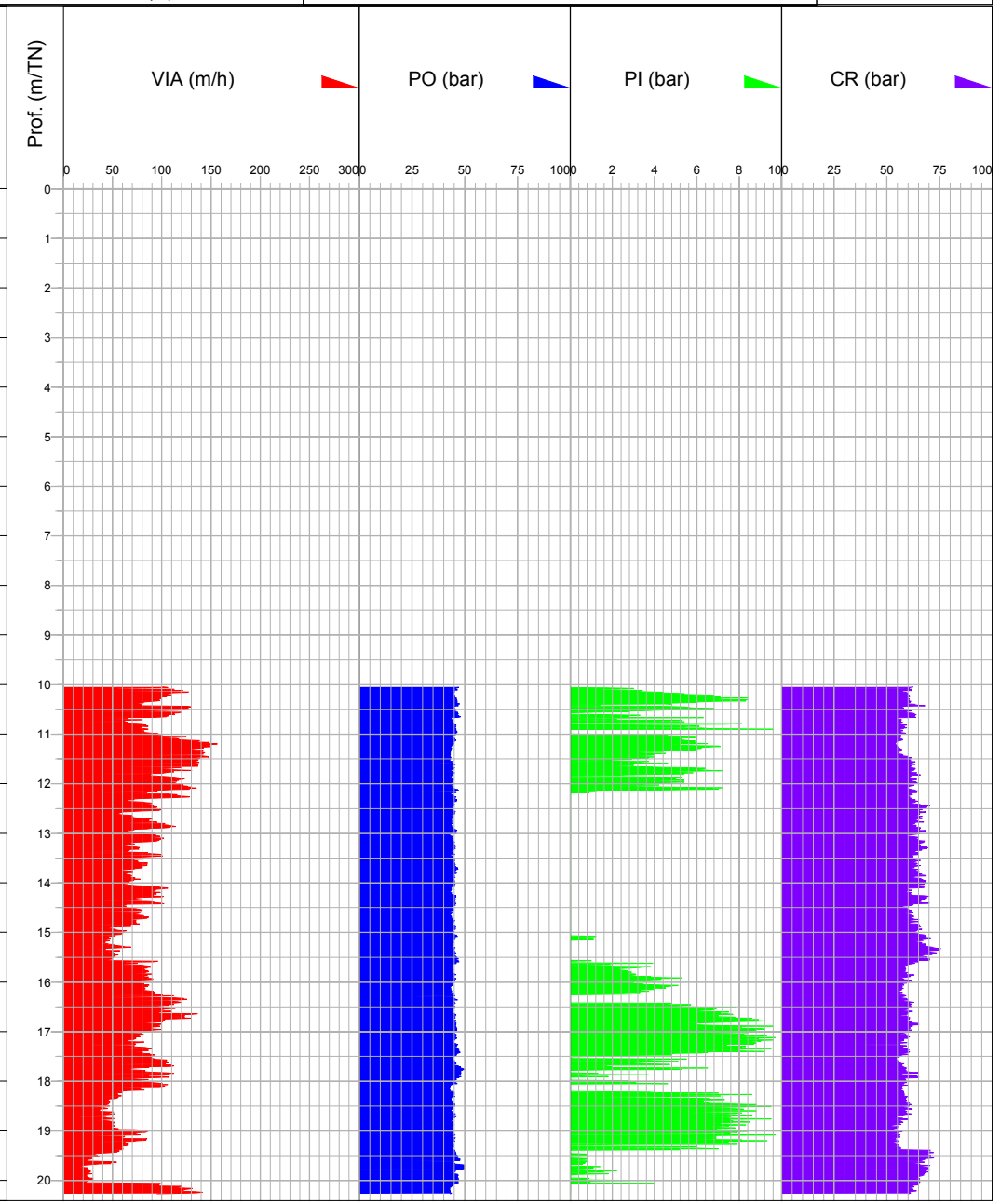
X (m) : 517212
Y (m) : 1979457
Z (NGG) :
Niveau d'eau (m) : 1.5

FORAGE DESTRUCTIF

Avec enregistrement des paramètres de forage

De2

Cote ZN (m)	Prof. (m/T.N.)	Coupe schématique du terrain	Eau	Dates	Outils	Tubage	Remarque
0.0	0.0			0.0	0.0	0.0	
		Remblai divers : Grave, gravas et blocs polygénique incorporés dans une couche de sables marins et de limons bruns (Rb0)	1.5				Na11
				14/01/2020			Le12
		Dépôts littoraux sableux : Sables marins blanchâtres, fins à grossiers, finement argileux, généralement siliceux et mêlé de fragments coquillers et relativement denses (Fq5)					Le13
				6.0			Le14
		Dépôts de lagune : Sables argilo-vasards de teinte grise à verdâtre mous (Fq4a)	8.4				
			9.2				Le15
					Carottier simple Ø116mm à couronne diamantée en rotation simple	Tubage provisoire acier Ø120/140mm	
					10.0	10.0	
		Hyaloclastites latérisées : Microconglomérat compact et jointif à rares blocs pluricentimétriques intercalés. Teinte générale brune à ocre tendant vers le gris/verdâtre localement. (SuV2a)					Le16
							Le17
				15/01/2020			Le18
							Le19
							Le20
-20.0	20.0	20.3		20.1	Taillant à boutons d'acier Ø64mm en rotation 20.3	Tubage provisoire acier Ø80/90mm 20.3	

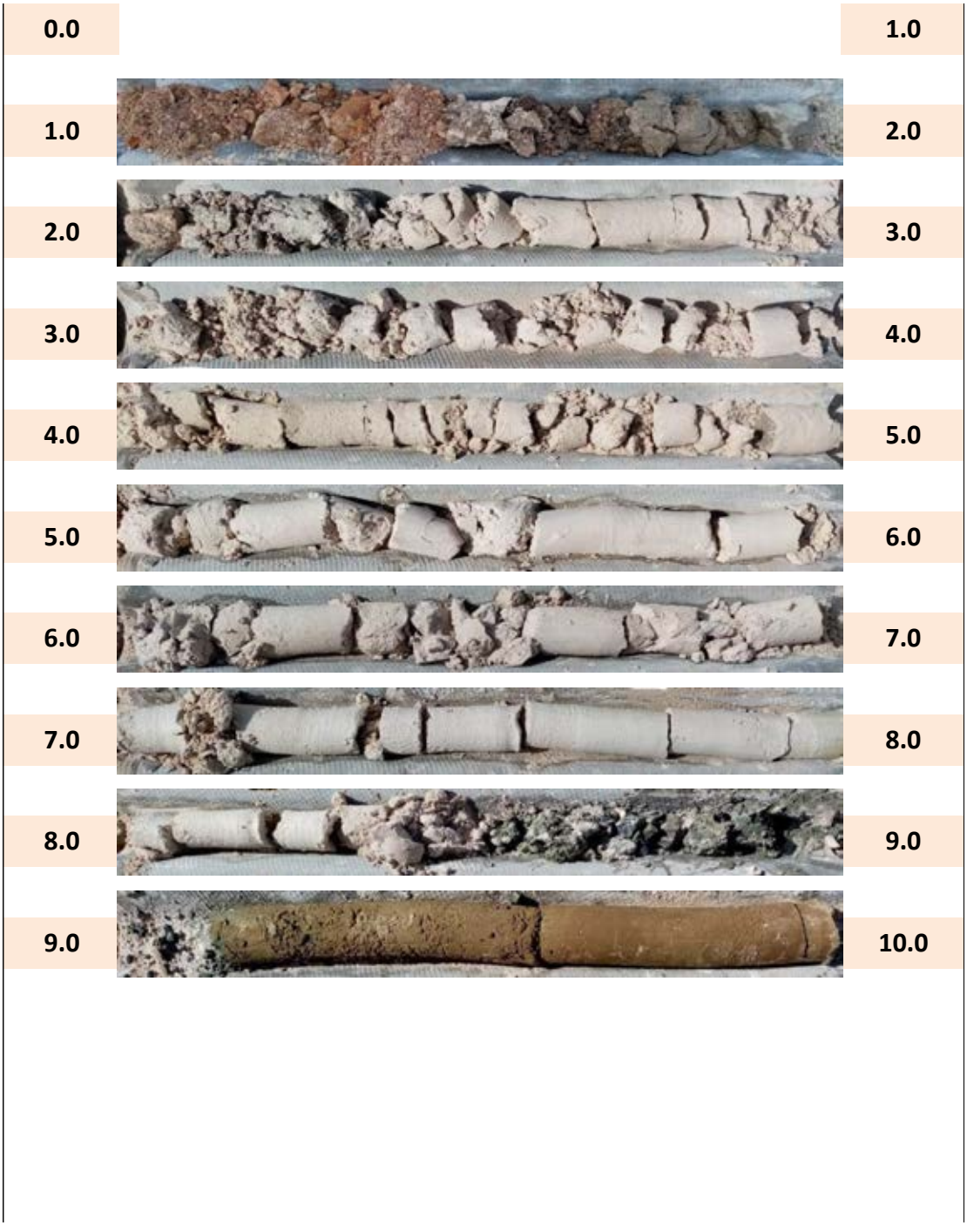


SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL

Planche photographique des échantillons extraits sur place

De2

Sondage carotté en site terrestre De2 de 0 à 10.5 m/TN



FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1911-001/SOL1/De2

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

NIVEAU D'EAU : 1.95 m/TN

DATE : 13/01/2020

X : 517212 m

Y : 1979457 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

TEST DE PERCOLATION EN PROFONDEUR

ESSAI NASBERG EN REGIME TRANSITOIRE

Na11

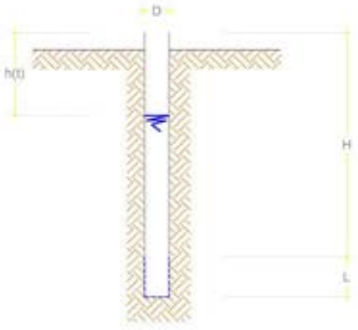
Mesure de la perméabilité locale au rocher, hors nappe, à charge variable et à débit nul

RESULTATS DES MESURES

Temps (s)	Mesure h(t) (m)	χ_{inst}	K_{inst} (m/s)	K_{inst} (mm/h)
	0.950	173.6		
60	1.070	44.1	6.8E-04	
90	1.300	18.1	7.4E-04	
120	1.330	14.9	6.0E-04	
150	1.340	13.9	4.9E-04	
180	1.350	12.8	4.2E-04	
210	1.360	11.8	3.7E-04	

K = 5.5E-04 *m/s*

DISPOSITIF DE MESURE



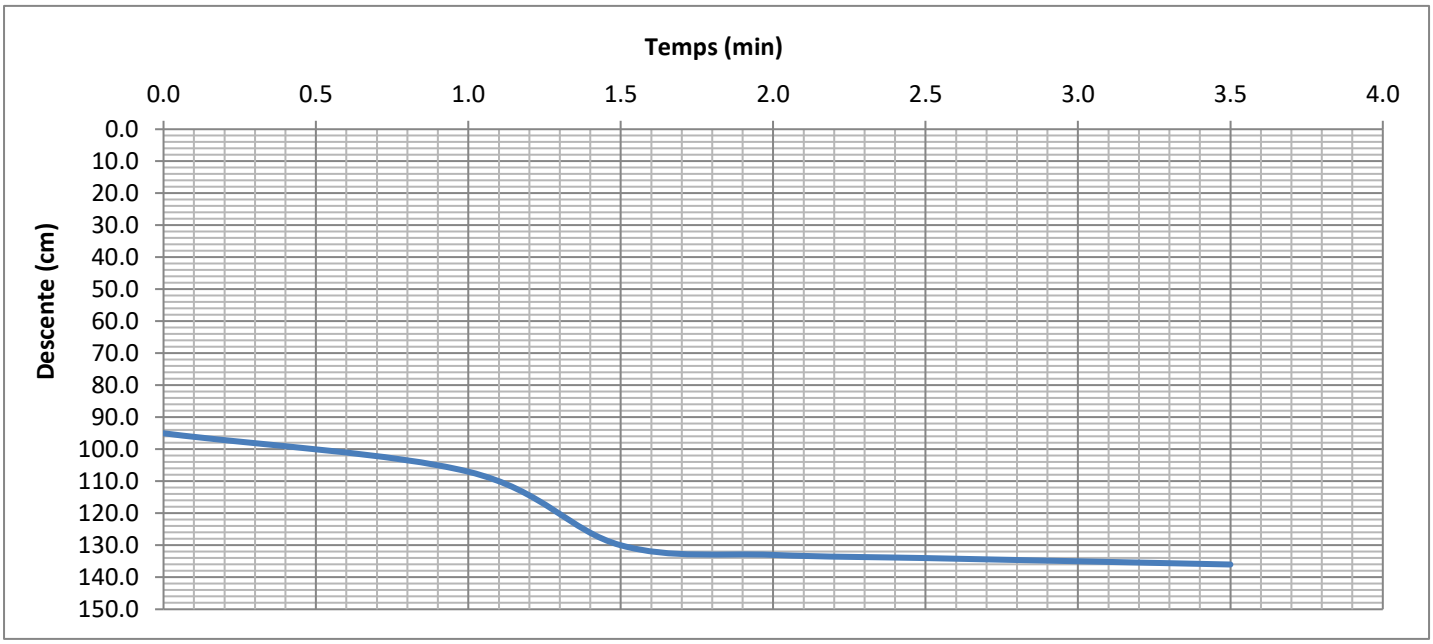
D : diamètre du forage (m)	**0.120**
H : hauteur du tubage (m)	**1.50**
L : hauteur de la cavité (m)	**1.00**
S : section droite du forage (m²)	**0.011**

Paramètre χ(t) : $\chi(t) = \left[1 - \sqrt{\frac{16.H(t)}{d} + 1}\right]^2$

Perméabilité K(t) : $K(t) = \frac{S}{\pi D t}\left[ln\left(\frac{\chi_0}{\chi(t)}\right) + \frac{1}{\chi_0} - \frac{1}{\chi(t)}\right]$

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013

K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *14/1/20 10:31*

Fin d'essais : *14/1/20 10:31*

X : 517212 m

Y : 1979457 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

NFP 94 132

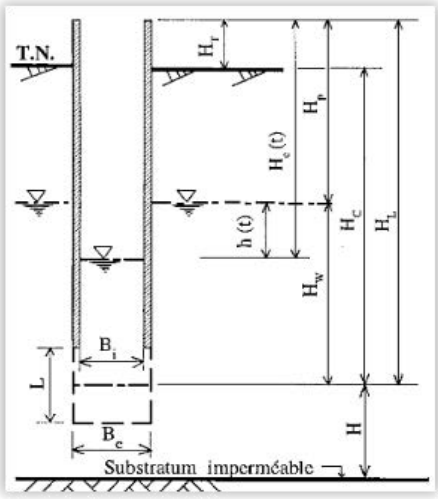
Le12

Charge variable et à débit nul - Cavité proche de la nappe - REGIME TRANSITOIRE

RESULTATS DES MESURES

Temps (s)	Mesure z(t) (m)
30	1.070
60	1.200
90	1.300
120	1.330
150	1.340
180	1.350
210	1.360

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.120**
H : longueur du tubage (m)	**3.000**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.011**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**1.50**

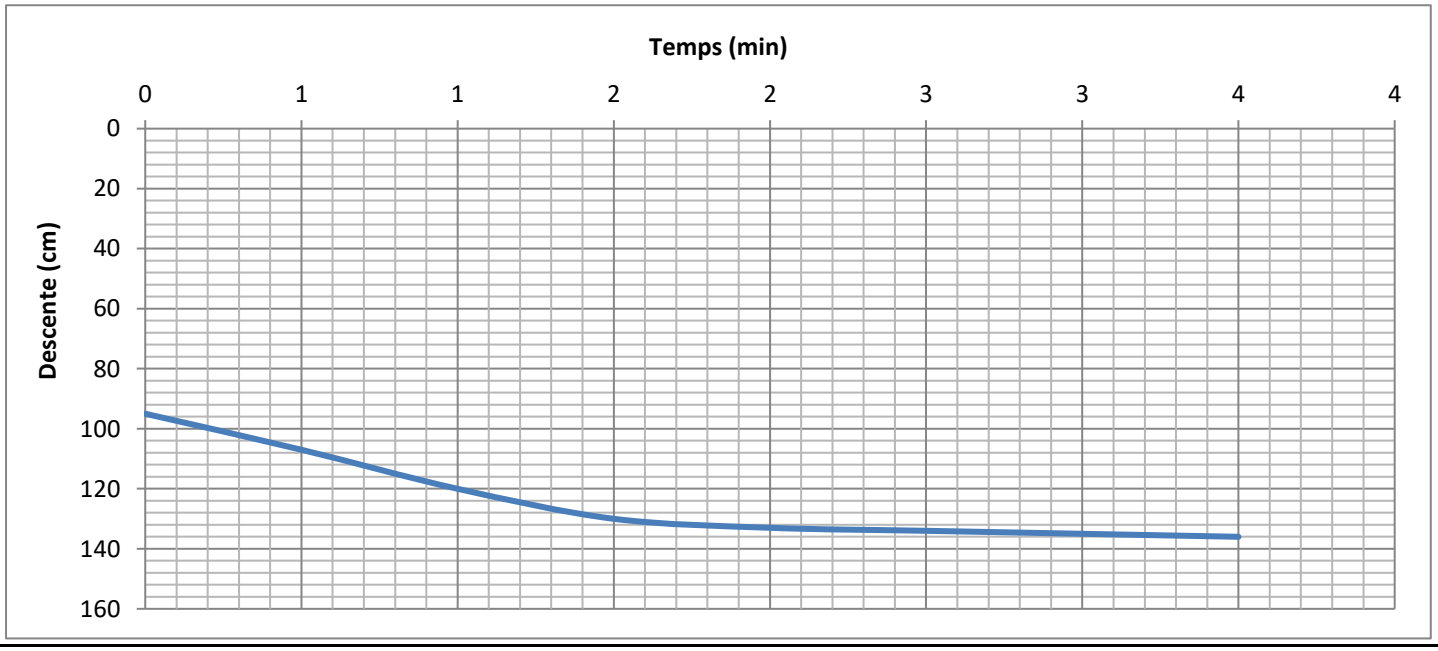
C : L/B (m)	*8.33*
*m0 = 2*pi*C/Ln(C+RAC(C*C+1))*	*18.59*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*17.80*

Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	210
z (m/TN)	1.360

K = 6.0E-05 *m/s*

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *14/1/20 0:00*

Fin d'essais : *14/1/20 0:00*

X : 517212 m

Y : 1979457 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

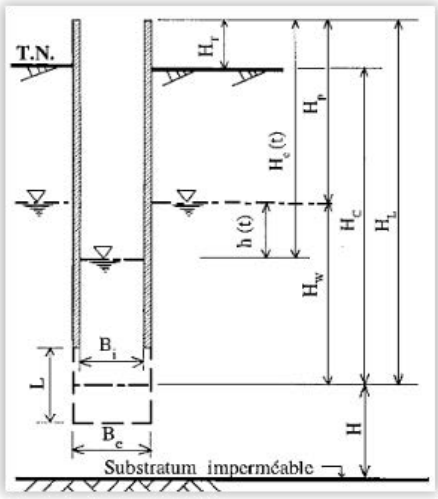
NFP 94 132

Le13

Charge variable et à débit nul - ***Cavité proche de la nappe*** **- REGIME TRANSITOIRE**

RESULTATS DES MESURES	
Temps (s)	***Mesure z(t) (m)***
30	0.020
60	0.050
90	0.080
120	0.110
150	0.150
180	0.190
210	0.220
240	0.250
270	0.300
300	0.340
360	0.430
420	0.520
480	0.6000
540	0.6800
600	0.7500
900	0.9900
1200	1.2100
1500	1.4100

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.120**
H : longueur du tubage (m)	**5.000**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.011**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**1.50**

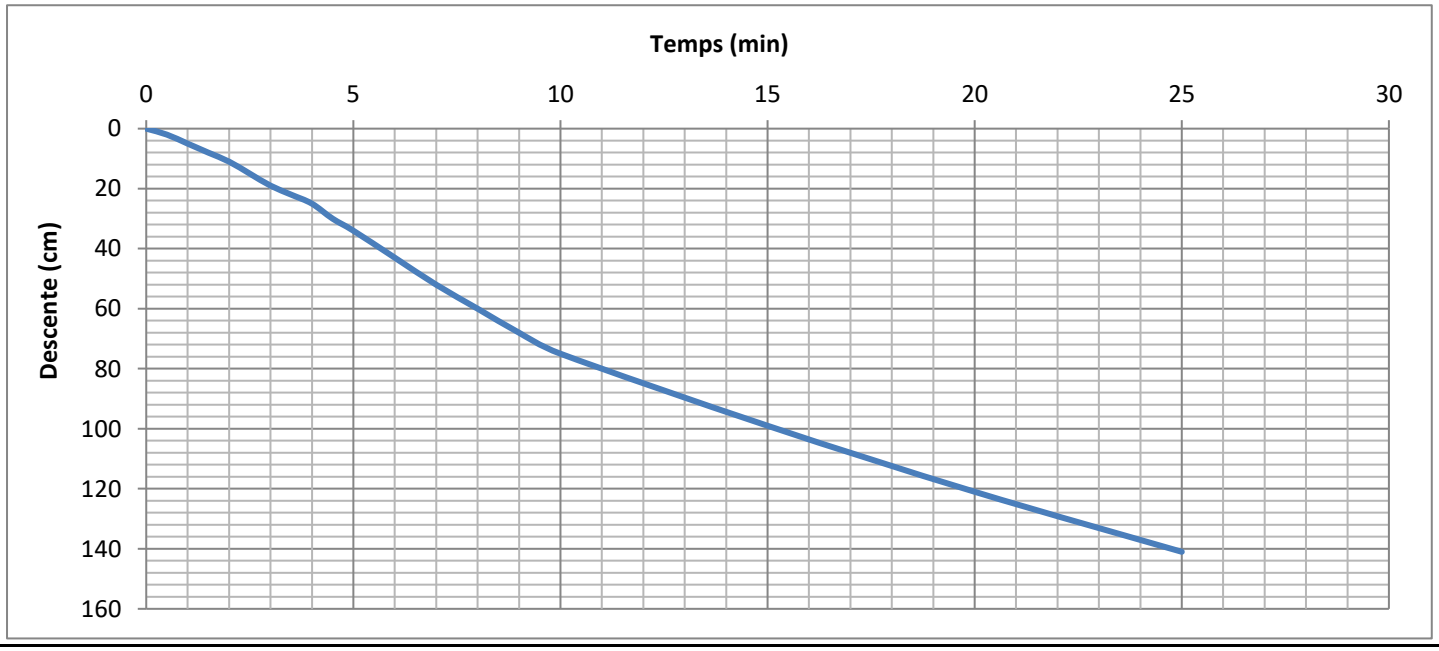
C : L/B (m)	*8.33*
*m0 = 2*pi*C/Ln(C+RAC(C*C+1))*	*18.59*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*18.19*

Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	1500
z (m/TN)	1.410

K = **9.7E-06** ***m/s***

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *14/1/20 0:00*

Fin d'essais : *14/1/20 0:00*

X : 517212 m

Y : 1979457 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

NFP 94 132

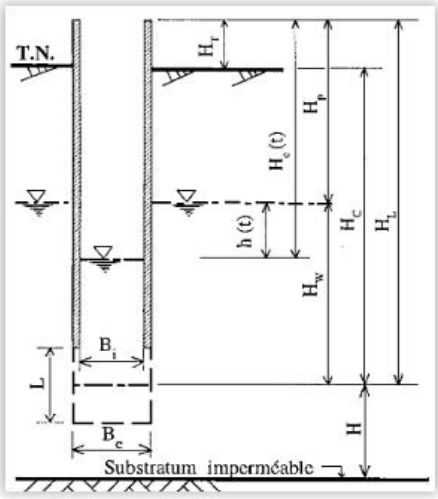
Le14

Charge variable et à débit nul - Cavité proche de la nappe - REGIME TRANSITOIRE

RESULTATS DES MESURES

Temps (s)	Mesure z(t) (m)
30	0.080
60	0.310
90	0.440
120	0.550
150	0.650
180	0.750
210	0.840
240	0.910
270	0.980
300	1.040
360	1.150
420	1.240
480	1.310

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.120**
H : longueur du tubage (m)	**7.000**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.011**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**1.50**

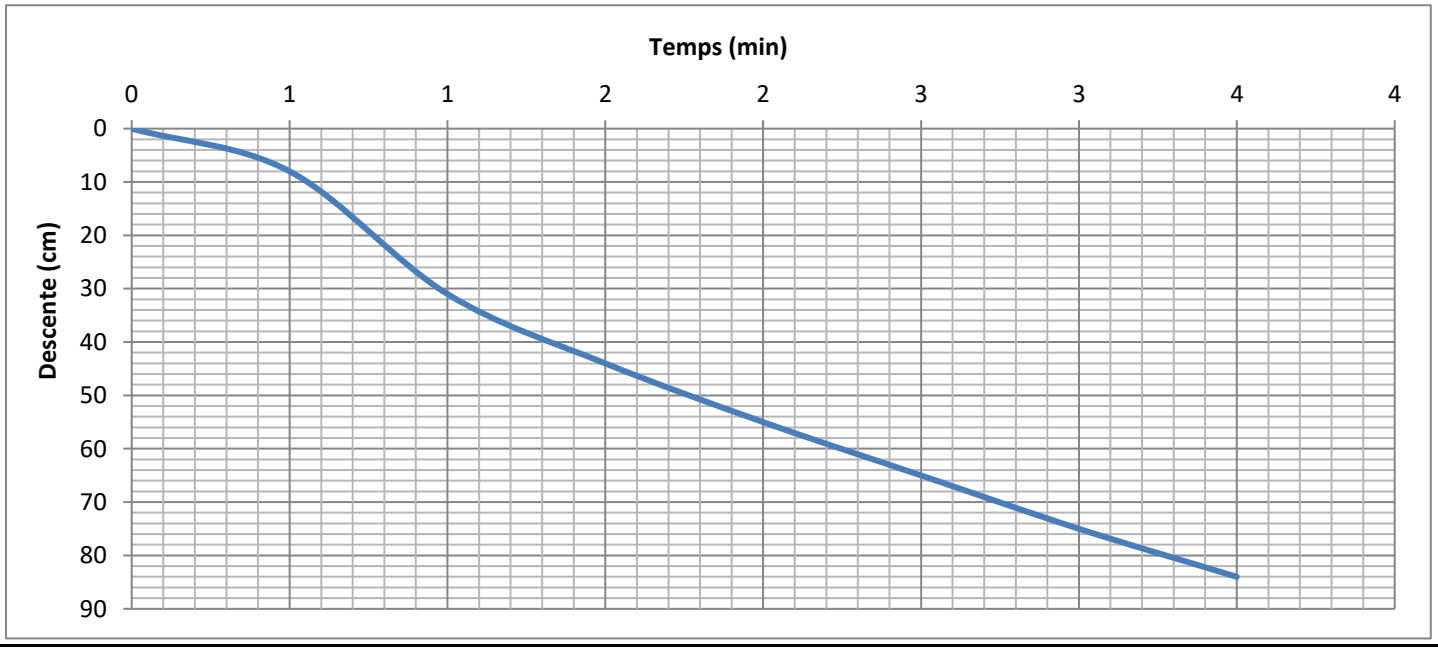
C : L/B (m)	*8.33*
*m0 = 2*pi*C/Ln(C+RAC(C*C+1))*	*18.59*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*18.32*

Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	480
z (m/TN)	1.310

K = 2.2E-05 *m/s*

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *14/1/20 0:00*

Fin d'essais : *14/1/20 0:00*

X : 517212 m

Y : 1979457 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

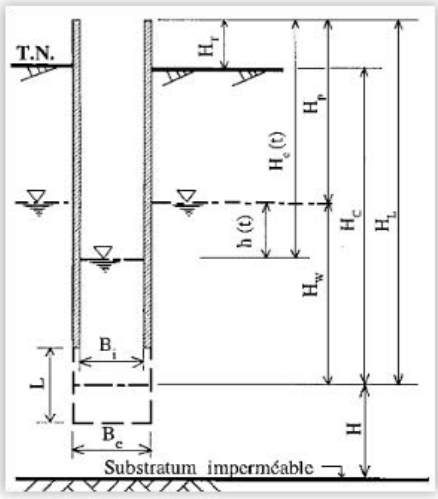
NFP 94 132

Le15

Charge variable et à débit nul - ***Cavité proche de la nappe*** **- REGIME TRANSITOIRE**

RESULTATS DES MESURES	
Temps (s)	***Mesure z(t) (m)***
60	0.050
120	0.110
180	0.180
240	0.240
300	0.290
360	0.330
420	0.360
480	0.400
540	0.440
600	0.480
900	0.630

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.120**
H : longueur du tubage (m)	**9.000**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.011**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**1.50**

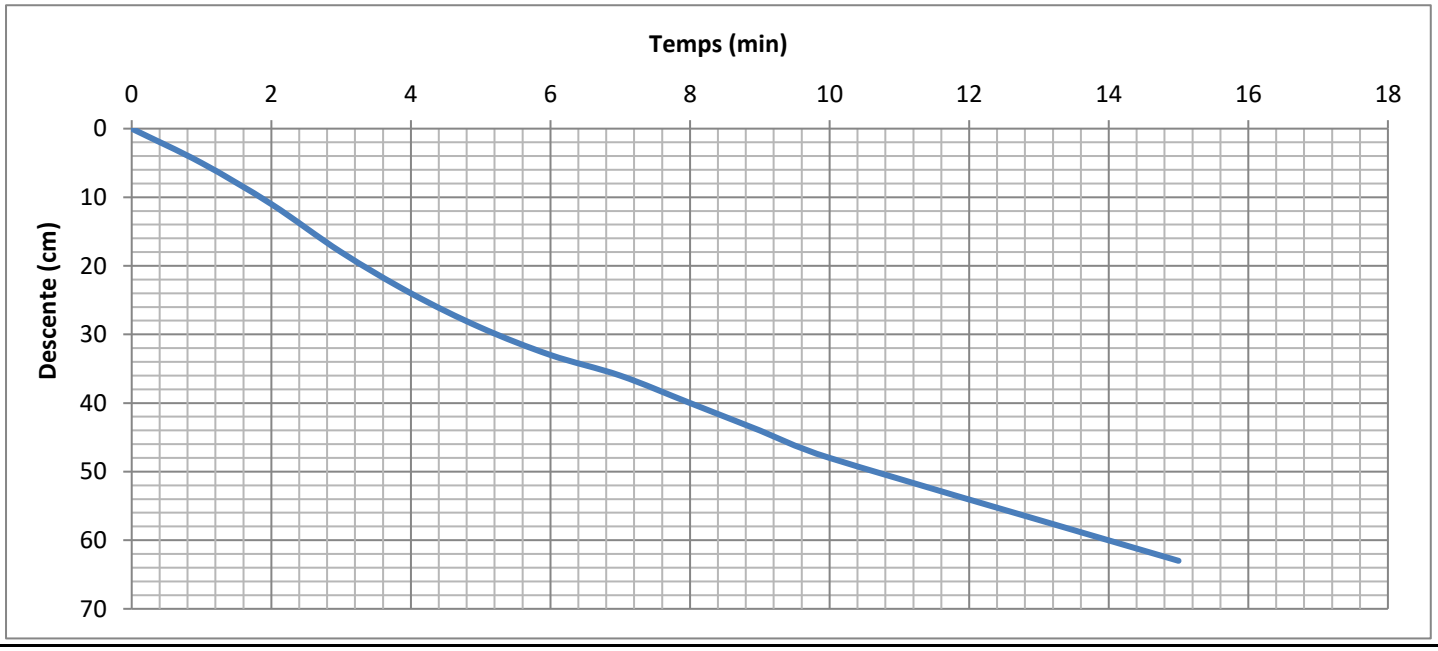
C : L/B (m)	*8.33*
*m0 = 2*pi*C/Ln(C+RAC(C*C+1))*	*18.59*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*18.38*

Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	900
z (m/TN)	0.630

K = 3.1E-06 ***m/s***

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *14/1/20 0:00*

Fin d'essais : *14/1/20 0:00*

X : 517212 m

Y : 1979457 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

NFP 94 132

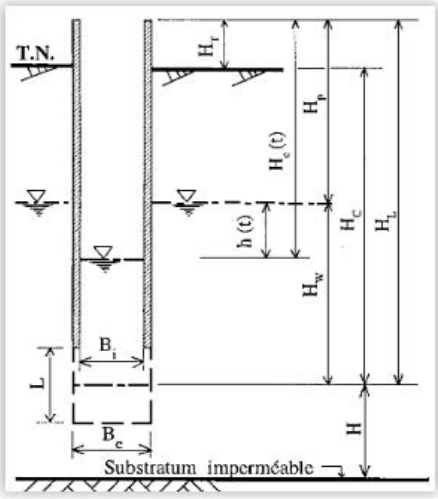
Le16

Charge variable et à débit nul - Cavité proche de la nappe - REGIME TRANSITOIRE

RESULTATS DES MESURES

Temps (s)	Mesure z(t) (m)
60	0.040
120	0.080
180	0.120
240	0.150
300	0.190
600	0.340
900	0.480
1200	0.600
1500	0.710
1800	0.800
2400	0.880
3000	0.920

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.080**
H : longueur du tubage (m)	**11.000**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.005**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**1.50**

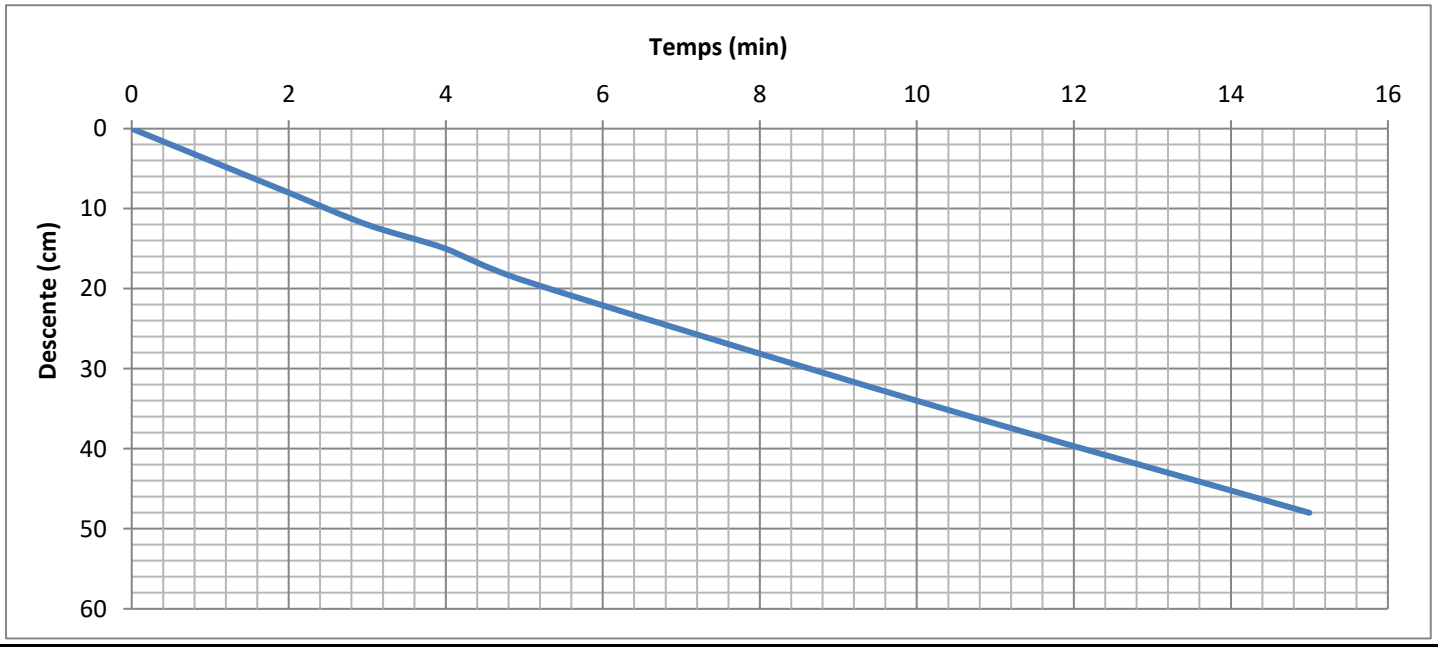
C : L/B (m)	*12.50*
*m0 = 2*pi*C/Ln(2*C)*	*24.40*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*24.21*

Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	3000
z (m/TN)	0.920

K = 8.2E-07 *m/s*

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *14/1/20 0:00*

Fin d'essais : *14/1/20 0:00*

X : 517212 m

Y : 1979457 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

NFP 94 132

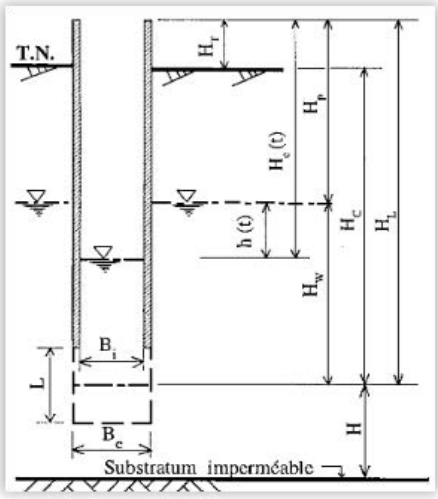
Le17

Charge variable et à débit nul - ***Cavité proche de la nappe*** **- REGIME TRANSITOIRE**

RESULTATS DES MESURES

Temps (s)	Mesure z(t) (m)
60	0.090
120	0.190
180	0.320
240	0.420
300	0.510
360	0.580
420	0.630
480	0.700
540	0.770
600	0.840
900	1.100

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.080**
H : longueur du tubage (m)	**13.000**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.005**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**1.50**

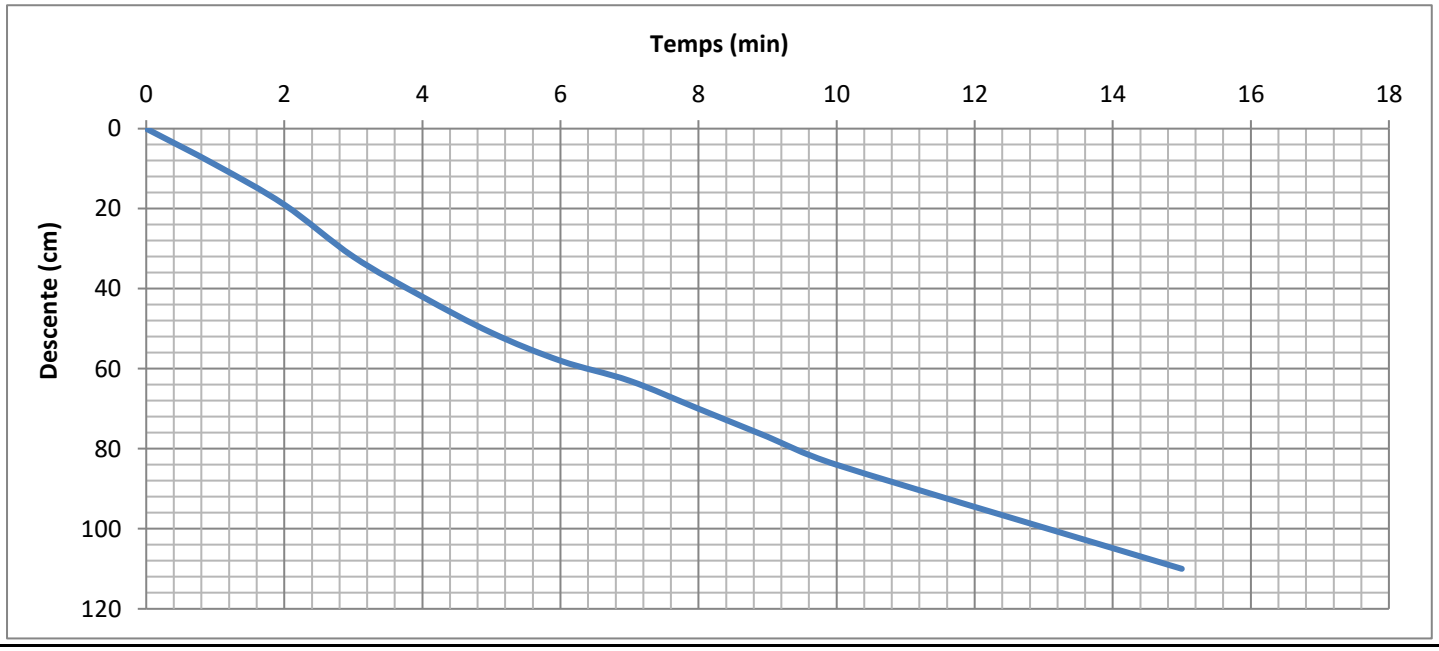
C : L/B (m)	*12.50*
*m0 = 2*pi*C/Ln(2*C)*	*24.40*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*24.24*

Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	900
z (m/TN)	1.100

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable

K = **3.8E-06** ***m/s***



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *14/1/20 0:00*

Fin d'essais : *14/1/20 0:00*

X : 517212 m

Y : 1979457 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

NFP 94 132

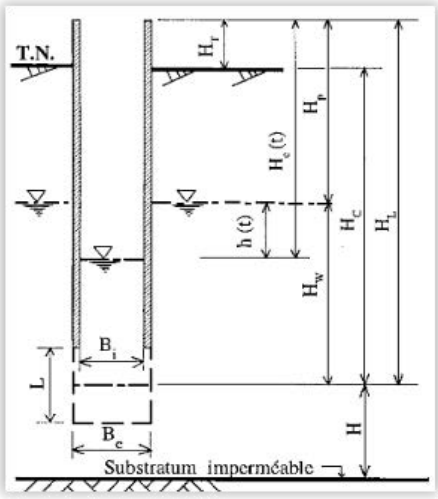
Le18

Charge variable et à débit nul - Cavité proche de la nappe - REGIME TRANSITOIRE

RESULTATS DES MESURES

Temps (s)	Mesure z(t) (m)
60	0.050
120	0.100
180	0.150
240	0.190
300	0.240
600	0.430
900	0.620
1200	0.770
1500	0.910
1800	1.020
2400	1.130
3000	1.180

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.080**
H : longueur du tubage (m)	**15.000**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.005**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**1.50**

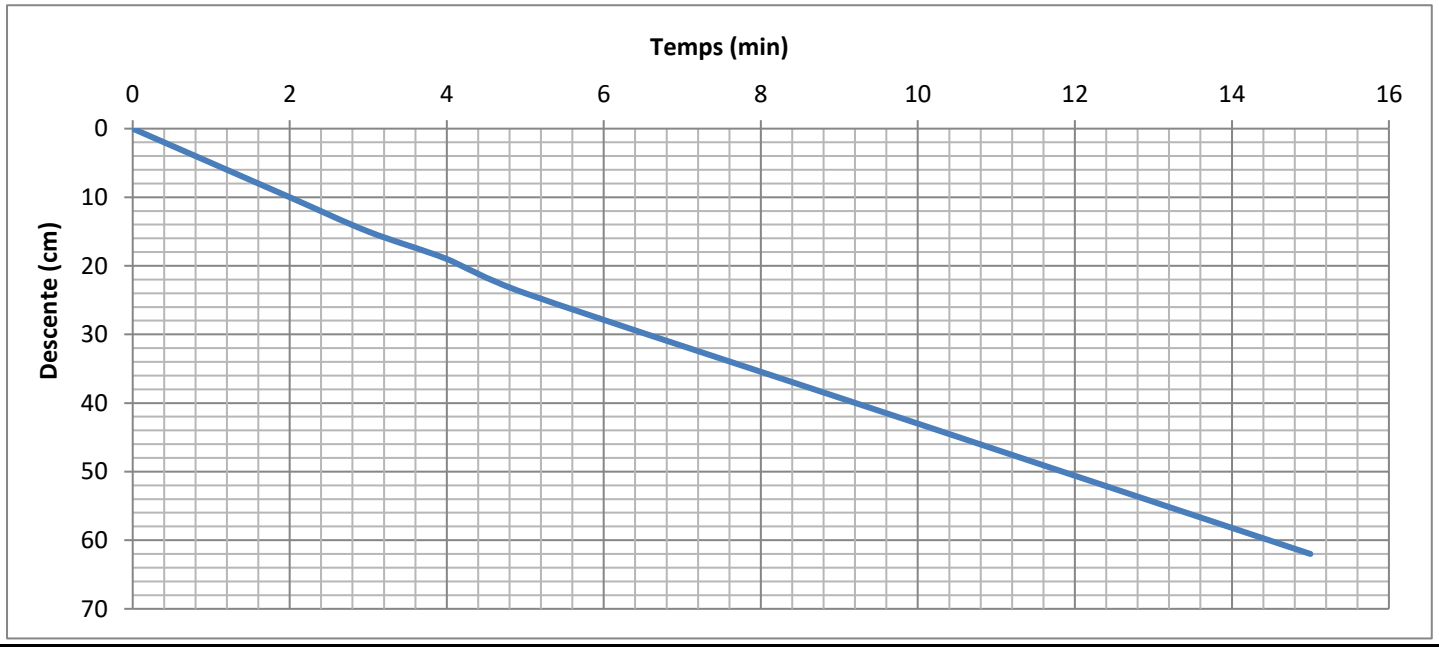
C : L/B (m)	*12.50*
*m0 = 2*pi*C/Ln(2*C)*	*24.40*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*24.27*

Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	3000
z (m/TN)	1.180

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable

K = **1.3E-06** ***m/s***



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *14/1/20 0:00*

Fin d'essais : *14/1/20 0:00*

X : 517212 m

Y : 1979457 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

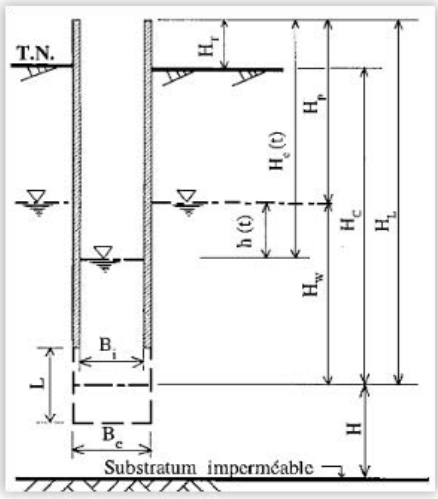
NFP 94 132

Le19

Charge variable et à débit nul - ***Cavité proche de la nappe*** **- REGIME TRANSITOIRE**

RESULTATS DES MESURES	
Temps (s)	***Mesure z(t) (m)***
60	0.010
120	0.020
180	0.030
240	0.040
300	0.060
600	0.100
900	0.130
1200	0.170
1500	0.200
1800	0.220
2400	0.240
3000	0.250
3600	0.2600

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.080**
H : longueur du tubage (m)	**17.000**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.005**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**1.50**

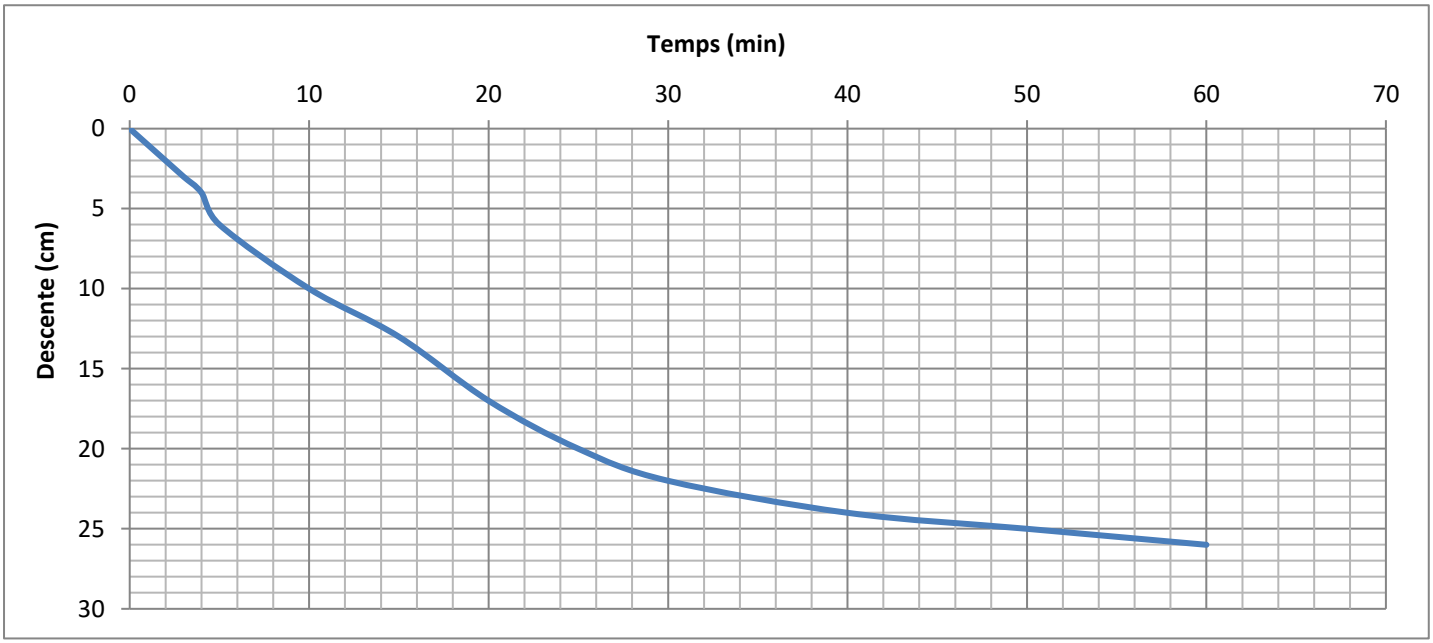
C : L/B (m)	*12.50*
*m0 = 2*pi*C/Ln(2*C)*	*24.40*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*24.28*

Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	3600
z (m/TN)	0.260

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable

K = **1.4E-07** ***m/s***



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *14/1/20 0:00*

Fin d'essais : *14/1/20 0:00*

X : 517212 m

Y : 1979457 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAI D'EAU LEFRANC

NFP 94 132

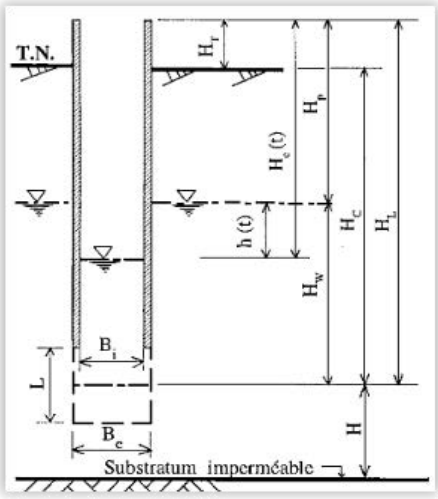
Le20

Charge variable et à débit nul - Cavité proche de la nappe - REGIME TRANSITOIRE

RESULTATS DES MESURES

Temps (s)	Mesure z(t) (m)
60	0.010
120	0.020
180	0.030
240	0.040
300	0.050
600	0.090
900	0.120
1200	0.150
1500	0.180
1800	0.200
2400	0.220
3000	0.230
3600	0.240

DISPOSITIF DE MESURE



Bc : diamètre du forage/cavité (m)	**0.080**
H : longueur du tubage (m)	**19.000**
H_T : Hauteur du tubage (m/TN)	
L : Hauteur de la cavité (m)	**1.000**
S : Section du tube (m²)	**0.005**
Hp : Profondeur. de la nappe (m/TN)	**1.50**

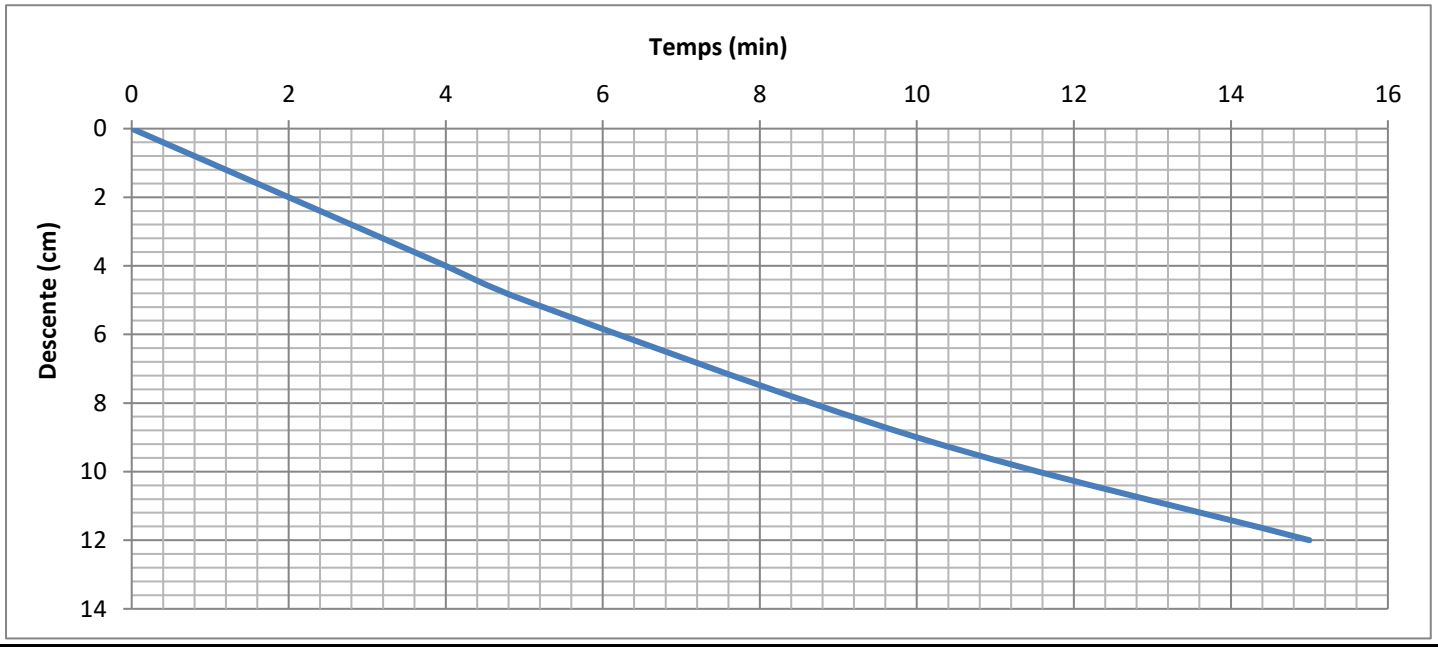
C : L/B (m)	*12.50*
*m0 = 2*pi*C/Ln(2*C)*	*24.40*
m = 1/([1/m0] + B[8.pi.Hw])*	*24.30*

Interprétation

t_0(s)	
z_0 (m/TN)	
t(s)	3600
z (m/TN)	0.240

K = 1.3E-07 *m/s*

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable



Matériel : Foreuse COMACCHIO GEO205

Opérateur : A. RENIA

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

Début d'essai : *14/1/20 0:00*

Fin d'essais : *14/1/20 0:00*

X : 517212 m

Y : 1979457 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ANNEXE 8 :

Procès-Verbaux des essais en laboratoire

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL Norme NFP 94-068	1

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*11.85*	*12.03*	
Masse humide + tare (g)	*114.99*	*146.05*	
Masse sèche + tare (g)	*104.11*	*132.51*	
	11.8%	*11.2%*	**11.5%**

Nature du matériau testé	*Sable*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*5*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*44.81*	
Proportion de la fraction 0/5mm	*C*	*93.31%*	
	$VBS = C.V_{bleu}/M_{d0}$ =		**0.10**

<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

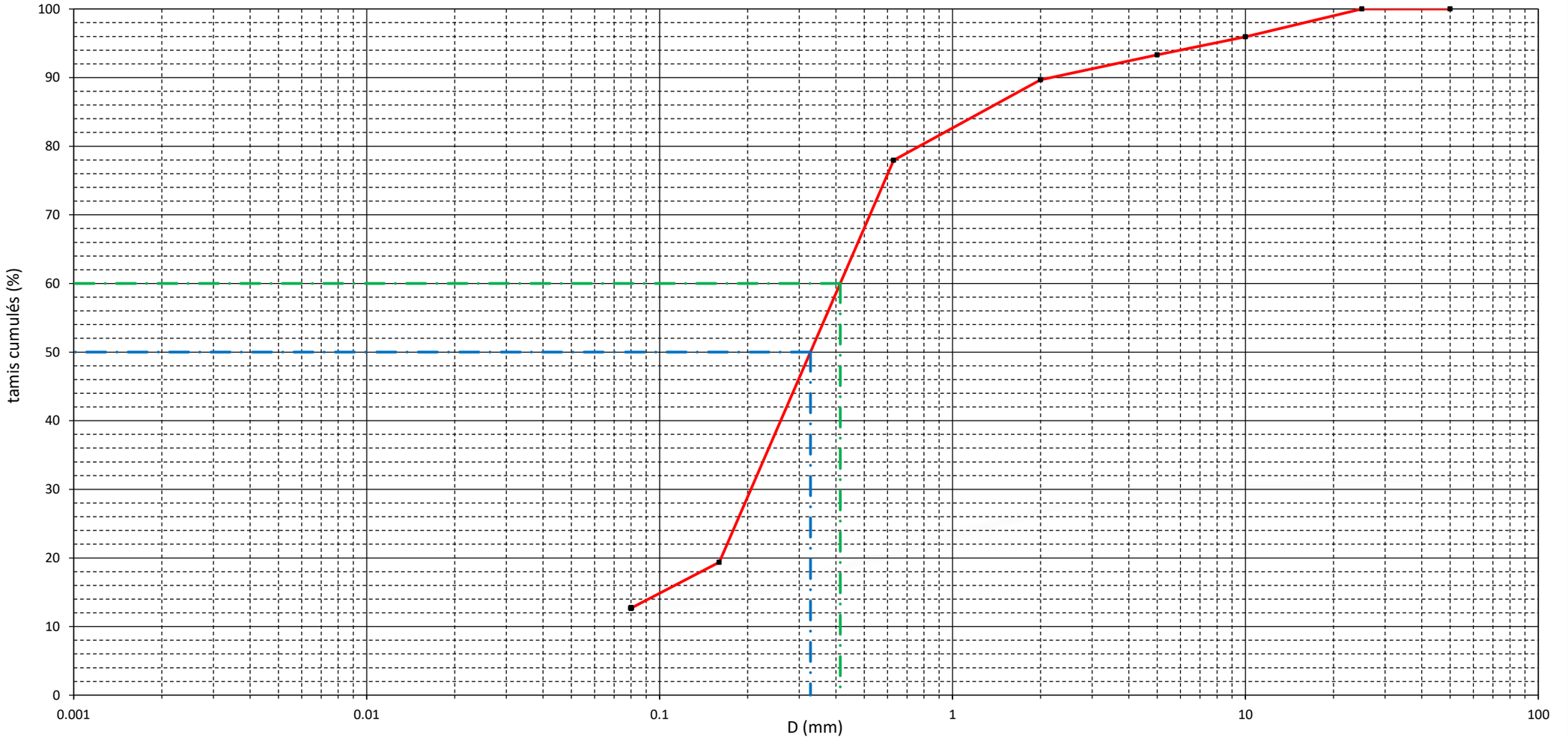
Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca3 / 1.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1911-001		DATE D'ESSAI : 23/01/2020

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE

Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

1



NATURE DE L'ECHANTILLON	D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm	Teneur en eau
Sable	25.00	0.414	0.328	SO	SO	SO	12.7 %	89.7 %	11.5 %

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

REFERENCES : Ca3 / 1.5 m	**Dossier n°1911-001**
COMMUNE : SAINT BARTHELEMY	DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm	DATE D'ESSAI : 24/01/2020

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

2

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*140.46*	*172.22*	
Masse parafinée (g)	*143.49*	*175.30*	
Masse immergé (g)	*64.17*	*81.86*	
	18.5	*19.1*	**18.8**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*116.50*	*11.56*	
Masse humide + tare (g)	*139.01*	*100.92*	
Masse sèche + tare (g)	*129.86*	*93.91*	
	68.5%	*8.5%*	**38.5%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*11.0*	*17.6*	**14.3**
Porosité n (%)*	*58.6%*	*33.5%*	**46.0%**
Indice des vides e	*1.41*	*0.50*	**0.96**
Degré de saturation S_r (%)	*100.0%*	*44.8%*	**72.4%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*53.4%*	*19.0%*	**36.2%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*16.8*	*21.0*	**18.9**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca3 / 2.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1911-001		DATE D'ESSAI : 23/01/2020

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL Norme NFP 94-068	2

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*116.50*	*11.56*	
Masse humide + tare (g)	*139.01*	*100.92*	
Masse sèche + tare (g)	*129.86*	*93.91*	
	68.5%	*8.5%*	**38.5%**

Nature du matériau testé	*Grès blanc*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*5*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*32.73*	
Proportion de la fraction 0/5mm	*C*	*40.38%*	
	VBS = C.V $_{bleu}$ /M $_{d0}$ =		**0.06**

<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

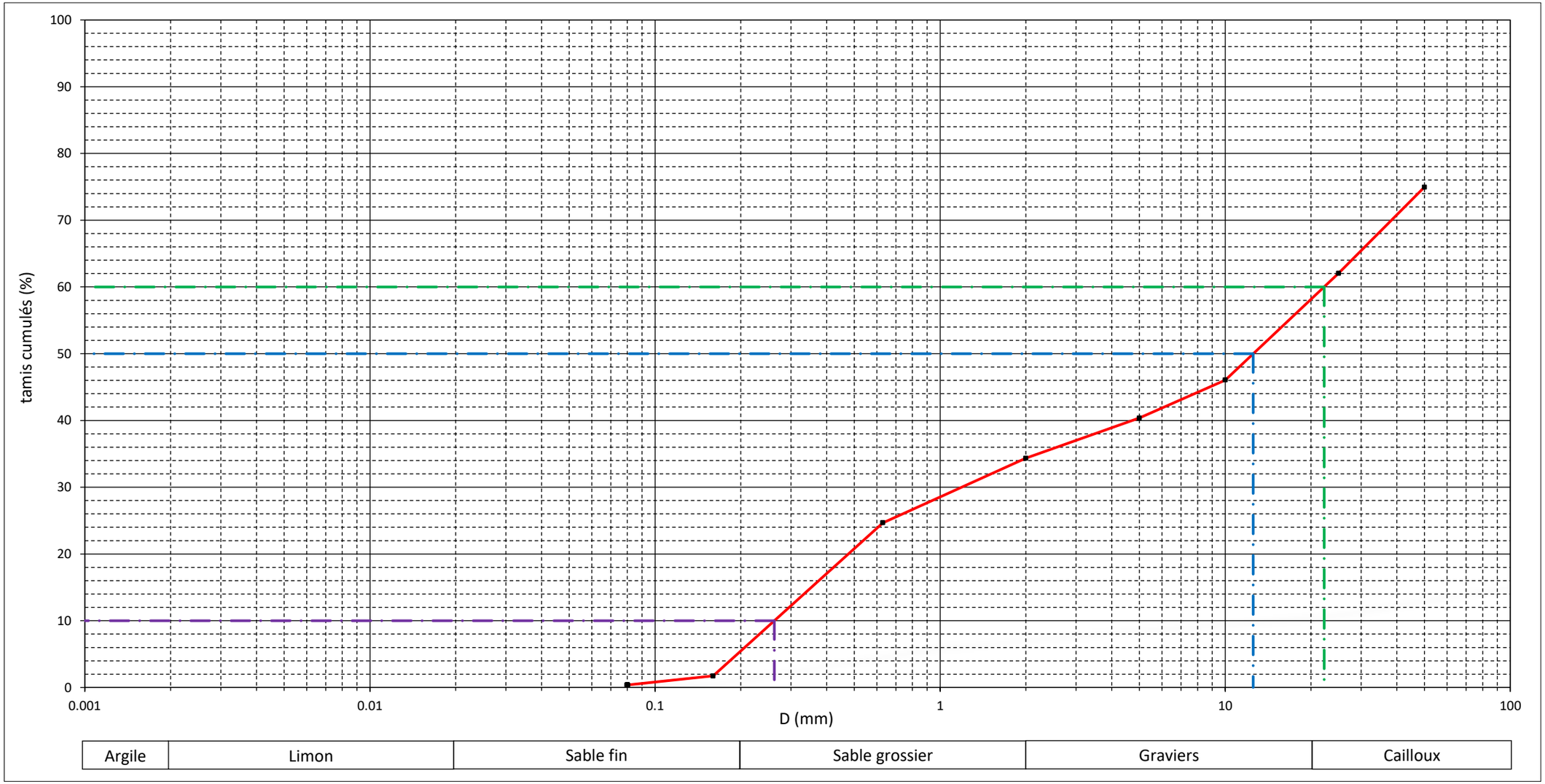
Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca3 / 2.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1911-001		DATE D'ESSAI : 23/01/2020

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE
Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

2



NATURE DE L'ECHANTILLON	D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm	Teneur en eau
Grès blanc	>50.00	22.249	12.536	0.262	84.85	SO	0.4 %	34.4 %	38.5 %

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

REFERENCES : **Ca3 / 2.5 m**	**Dossier n°1911-001**
COMMUNE : SAINT BARTHELEMY	DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm	DATE D'ESSAI : 24/01/2020

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

3

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*63.84*	*101.56*	
Masse parafinée (g)	*66.94*	*104.25*	
Masse immergé (g)	*25.56*	*52.76*	
	16.8	*20.9*	**18.9**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*11.55*	*11.68*	
Masse humide + tare (g)	*139.73*	*140.33*	
Masse sèche + tare (g)	*122.03*	*123.09*	
	16.0%	*15.5%*	**15.7%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*14.5*	*18.1*	**16.3**
Porosité n (%)*	*45.3%*	*31.6%*	**38.4%**
Indice des vides e	*0.83*	*0.46*	**0.64**
Degré de saturation S_r (%)	*51.3%*	*88.9%*	**70.1%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*31.2%*	*17.4%*	**24.3%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*19.0*	*21.3*	**20.2**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca3 / 4.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1911-001		DATE D'ESSAI : 31/01/2020

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL Norme NFP 94-068	3

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*11.55*	*11.68*	
Masse humide + tare (g)	*139.73*	*140.33*	
Masse sèche + tare (g)	*122.03*	*123.09*	
	16.0%	*15.5%*	**15.7%**

Nature du matériau testé	*sable coquillé*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*5*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*43.38*	
Proportion de la fraction 0/5mm	*C*	*94.71%*	
	$VBS = C.V_{bleu}/M_{d0}$ =		**0.11**

<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

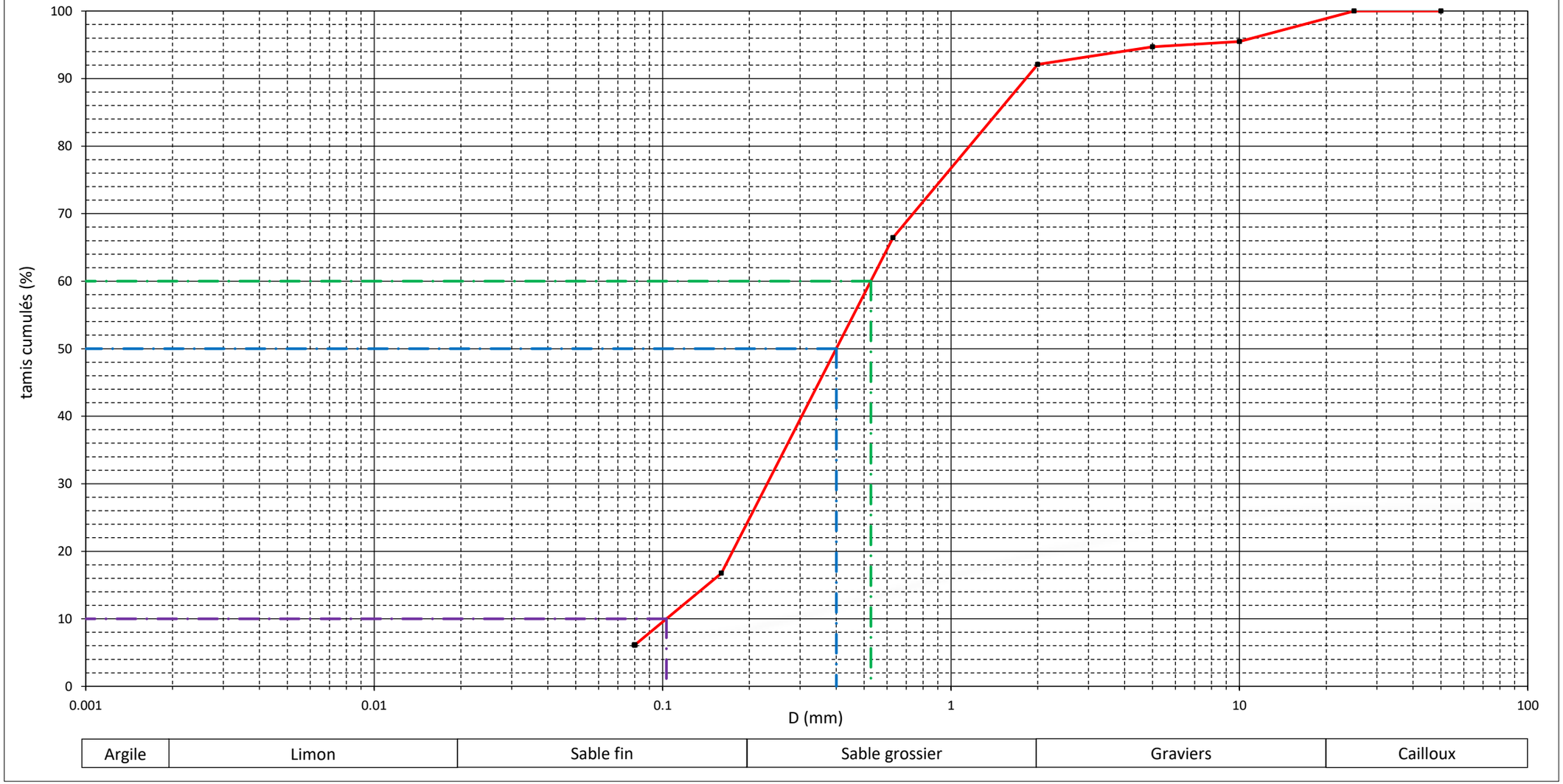
Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca3 / 4.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
Dossier n°1911-001	**Hôtel Etoile à Saint Jean**	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
		DATE D'ESSAI : 31/01/2020

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE
Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

3



NATURE DE L'ECHANTILLON
sable coquillé

D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm
25.00	0.527	0.400	0.103	5.116	SO	6.1 %	92.1 %

Teneur en eau
15.7 %

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

REFERENCES : **Ca3 / 4.5 m**	**Dossier n°1911-001**
COMMUNE : SAINT BARTHELEMY	DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm	DATE D'ESSAI : 03/02/2020

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

4

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*199.43*	*288.94*	
Masse parafinée (g)	*205.88*	*298.50*	
Masse immergé (g)	*99.50*	*149.78*	
	20.1	*20.9*	**20.5**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*11.57*	*11.84*	
Masse humide + tare (g)	*128.30*	*108.58*	
Masse sèche + tare (g)	*108.67*	*92.50*	
	20.2%	*19.9%*	**20.1%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*16.7*	*17.4*	**17.1**
Porosité n (%)*	*36.9%*	*34.2%*	**35.5%**
Indice des vides e	*0.58*	*0.52*	**0.55**
Degré de saturation S_r (%)	*91.6%*	*100.0%*	**95.8%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*22.1%*	*19.6%*	**20.8%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*20.4*	*20.9*	**20.6**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca3 / 6.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1911-001		DATE D'ESSAI : 23/01/2020

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL
Norme NFP 94-068

4

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*11.57*	*11.84*	
Masse humide + tare (g)	*128.30*	*108.58*	
Masse sèche + tare (g)	*108.67*	*92.50*	
	20.2%	*19.9%*	**20.1%**

Nature du matériau testé	*Sable*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*5*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*49.54*	
Proportion de la fraction 0/5mm	*C*	*93.67%*	
	$VBS = C.V_{bleu}/M_{d0}$ =		**0.09**

<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

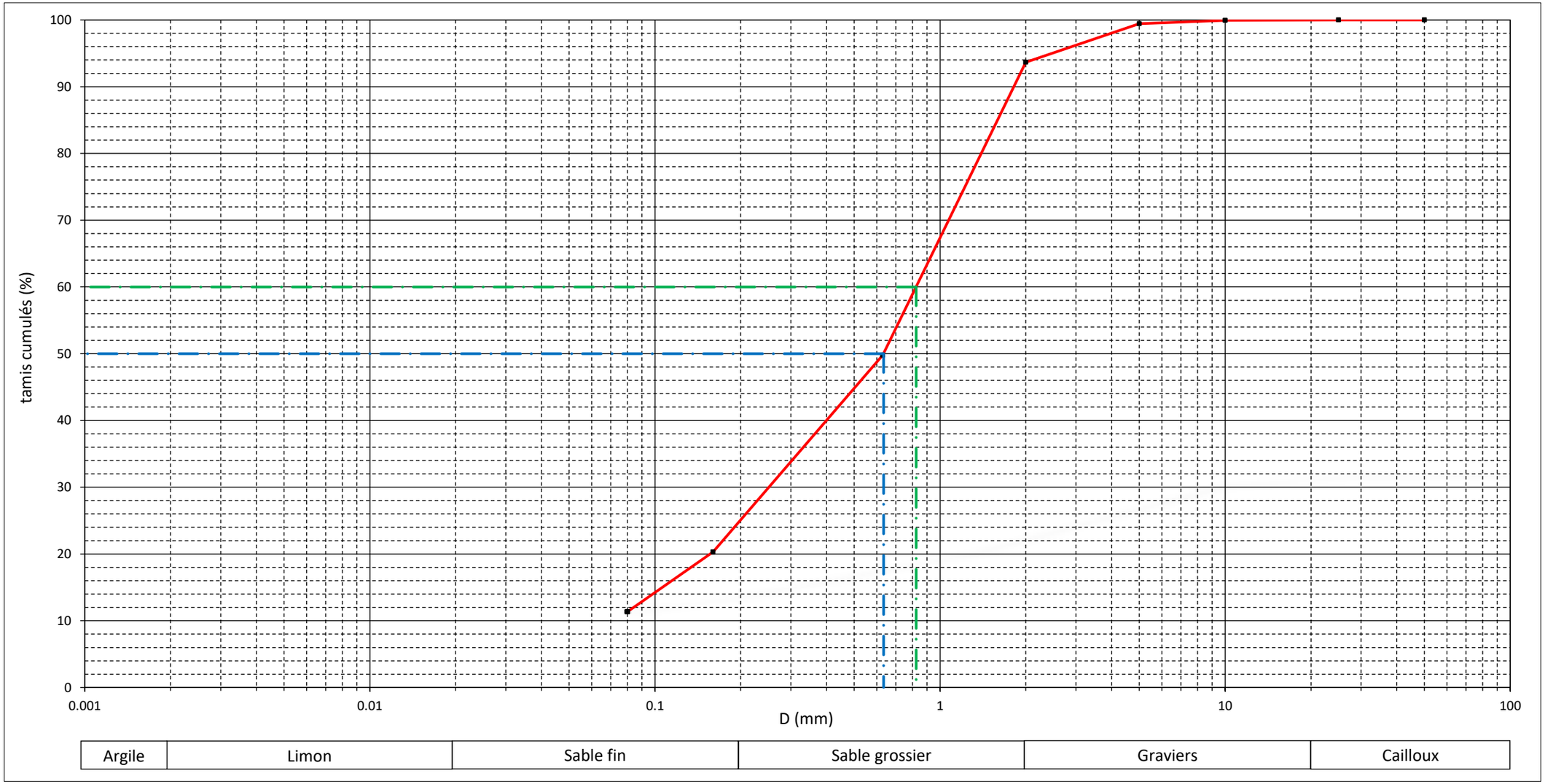
Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca3 / 6.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
Dossier n°1911-001	**Hôtel Etoile à Saint Jean**	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
		DATE D'ESSAI : 23/01/2020

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE
Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

4



NATURE DE L'ECHANTILLON
Sable

D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm
25.00	0.825	0.634	SO	SO	SO	11.3 %	93.7 %

Teneur en eau
20.1 %

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

REFERENCES : **Ca3 / 6.5 m**	**Dossier n°1911-001**
COMMUNE : SAINT BARTHELEMY	DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm	DATE D'ESSAI : 03/02/2020

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

5

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*147.21*	*117.88*	
Masse parafinée (g)	*154.39*	*123.86*	
Masse immergé (g)	*76.88*	*63.62*	
	21.2	*22.0*	**21.6**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*11.51*	*11.72*	
Masse humide + tare (g)	*143.77*	*151.97*	
Masse sèche + tare (g)	*125.39*	*133.13*	
	16.1%	*15.5%*	**15.8%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*18.2*	*19.0*	**18.6**
Porosité n (%)*	*31.2%*	*28.2%*	**29.7%**
Indice des vides e	*0.45*	*0.39*	**0.42**
Degré de saturation S_r (%)	*94.3%*	*100.0%*	**97.1%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*17.1%*	*14.8%*	**16.0%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*21.4*	*21.9*	**21.6**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca3 / 8.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1911-001		DATE D'ESSAI : 23/01/2020

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL Norme NFP 94-068	5

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*11.51*	*11.72*	
Masse humide + tare (g)	*143.77*	*151.97*	
Masse sèche + tare (g)	*125.39*	*133.13*	
	16.1%	*15.5%*	**15.8%**

Nature du matériau testé	*Sable*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*5*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*44.29*	
Proportion de la fraction 0/5mm	*C*	*93.67%*	
	VBS = C.V $_{bleu}$ /M $_{d0}$ =		**0.11**

<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

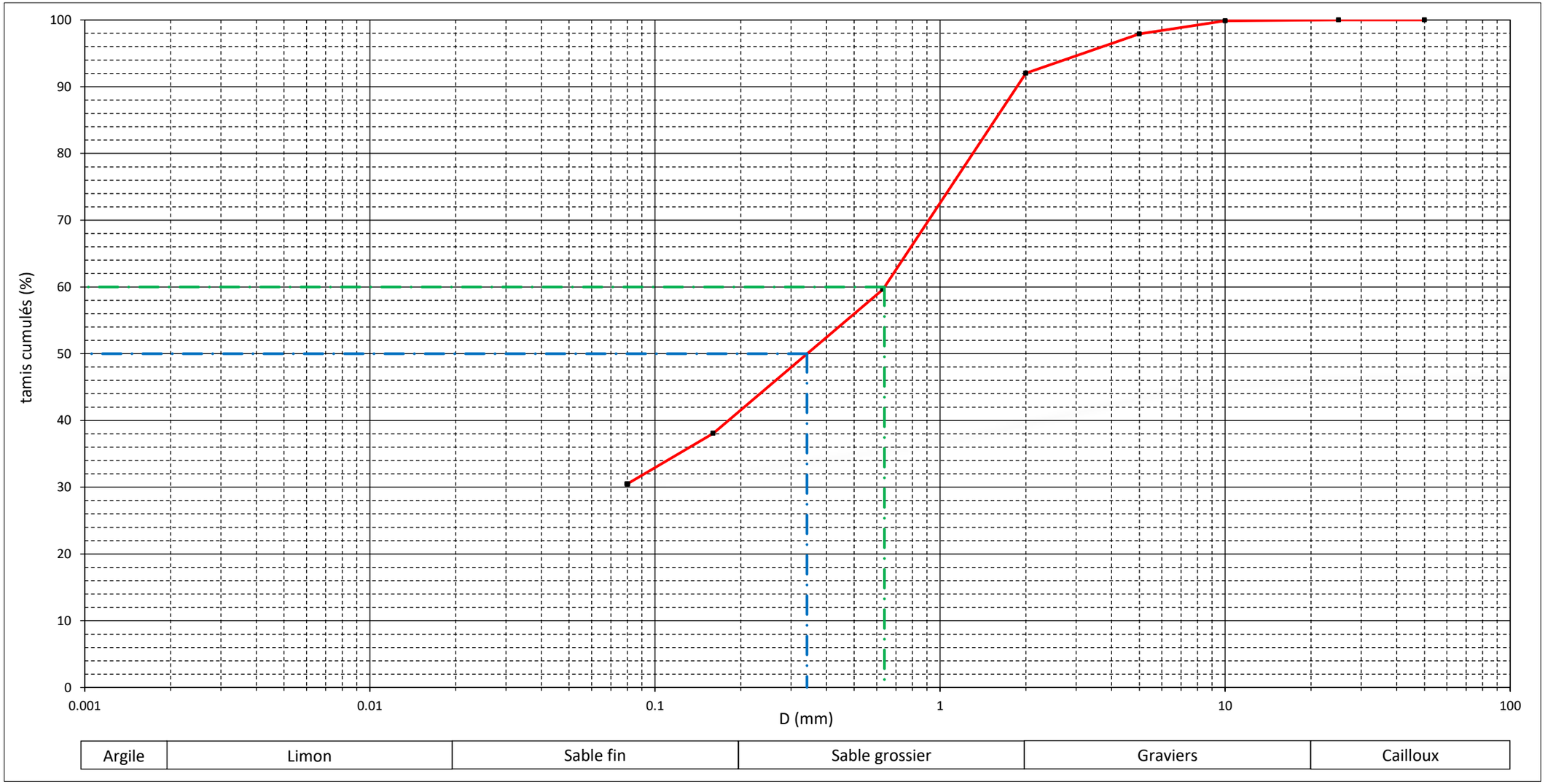
Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca3 / 8.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1911-001		DATE D'ESSAI : 23/01/2020

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE
Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

5



NATURE DE L'ECHANTILLON
Sable

D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm
25.00	0.638	0.341	SO	SO	SO	30.5 %	92 %

Teneur en eau
15.8 %

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

REFERENCES : **Ca3 / 8.5 m**	**Dossier n°1911-001**
COMMUNE : SAINT BARTHELEMY	DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm	DATE D'ESSAI : 03/02/2020

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

6

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*168.99*	*105.70*	
Masse parafinée (g)	*176.16*	*111.44*	
Masse immergé (g)	*88.25*	*56.62*	
	21.1	*21.8*	**21.5**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*12.07*	*11.46*	
Masse humide + tare (g)	*130.21*	*174.03*	
Masse sèche + tare (g)	*112.25*	*147.41*	
	17.9%	*19.6%*	**18.8%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*17.9*	*18.2*	**18.1**
Porosité n (%)*	*32.4%*	*31.1%*	**31.8%**
Indice des vides e	*0.48*	*0.45*	**0.47**
Degré de saturation S_r (%)	*99.3%*	*100.0%*	**99.7%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*18.1%*	*17.1%*	**17.6%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*21.2*	*21.4*	**21.3**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca3 / 10.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1911-001		DATE D'ESSAI : 31/01/2020

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL
Norme NFP 94-068

6

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*12.07*	*11.46*	
Masse humide + tare (g)	*130.21*	*174.03*	
Masse sèche + tare (g)	*112.25*	*147.41*	
	17.9%	*19.6%*	**18.8%**

Nature du matériau testé	*Sable grisatre*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*5*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*41.11*	
Proportion de la fraction 0/5mm	*C*	*93.67%*	
	$VBS = C.V_{bleu}/M_{d0}$ =		**0.11**

<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

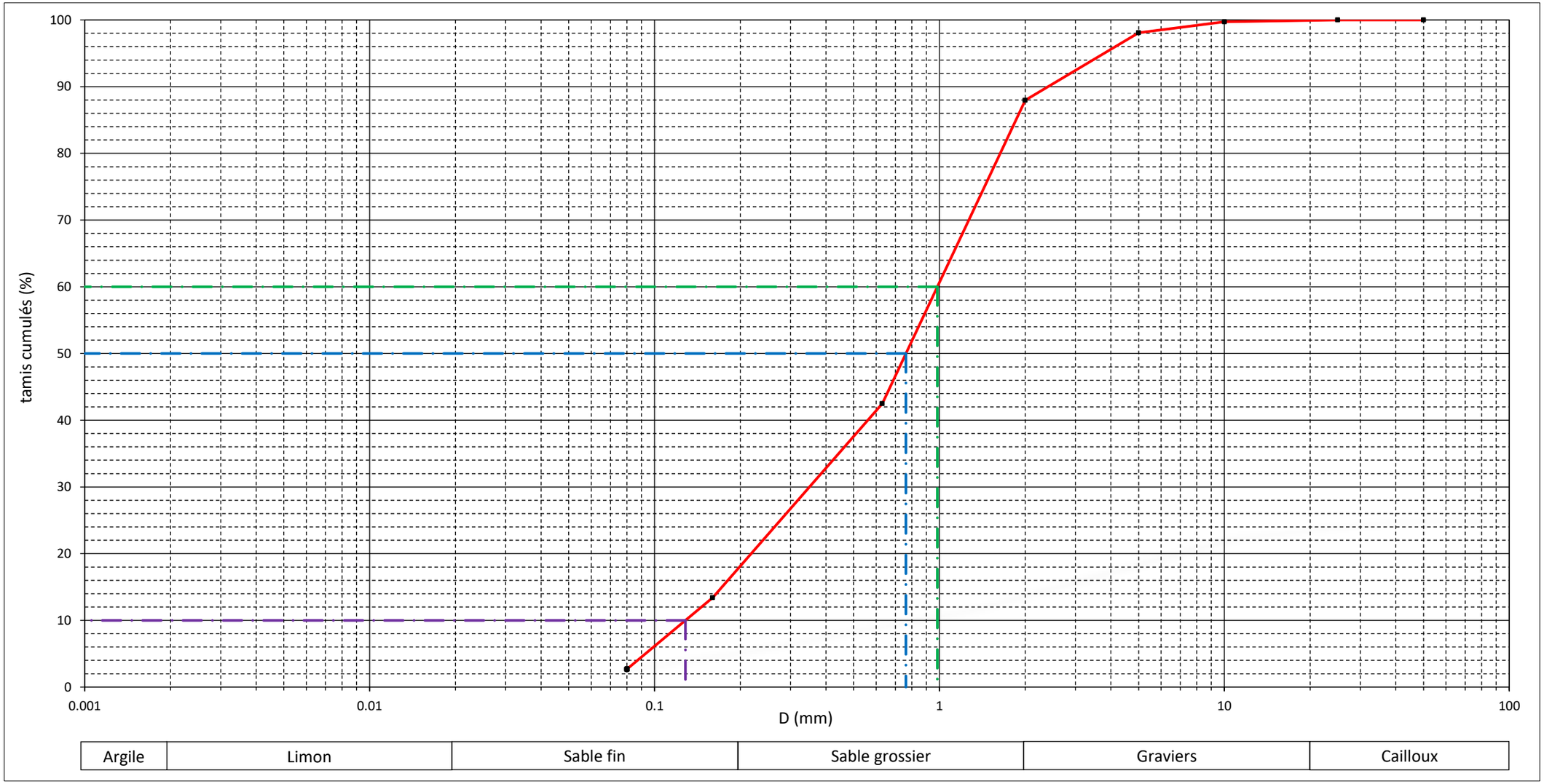
Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca3 / 10.5 m MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
Dossier n°1911-001	**Hôtel Etoile à Saint Jean**	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY DATE D'ESSAI : 31/01/2020

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE
Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

6



NATURE DE L'ECHANTILLON	D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm	Teneur en eau
Sable grisatre	25.00	0.983	0.762	0.128	7.66	SO	2.7 %	88 %	18.8 %

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

REFERENCES : **Ca3 / 10.5 m**

COMMUNE : SAINT BARTHELEMY

MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm

Dossier n°1911-001

DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019

DATE D'ESSAI : 03/02/2020

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

7

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*130.45*	*169.08*	
Masse parafinée (g)	*136.26*	*176.11*	
Masse immergé (g)	*66.62*	*86.20*	
	20.6	*20.6*	**20.6**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*12.06*	*11.53*	
Masse humide + tare (g)	*109.78*	*116.18*	
Masse sèche + tare (g)	*96.76*	*102.31*	
	15.4%	*15.3%*	**15.3%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*17.9*	*17.9*	**17.9**
Porosité n (%)*	*32.5%*	*32.6%*	**32.5%**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Indice des vides e	*0.48*	*0.48*	**0.48**
Degré de saturation S_r (%)	*84.7%*	*83.8%*	**84.2%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*18.1%*	*18.2%*	**18.2%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*21.1*	*21.1*	**21.1**

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca3 / 11.2 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1911-001		DATE D'ESSAI : 31/01/2020

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL Norme NFP 94-068	7

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*12.06*	*11.53*	
Masse humide + tare (g)	*109.78*	*116.18*	
Masse sèche + tare (g)	*96.76*	*102.31*	
	15.4%	*15.3%*	**15.3%**

Nature du matériau testé	*Sable argileux brun*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*80*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*49.83*	
Proportion de la fraction 0/5mm	*C*	*97.79%*	
	VBS = C.V $_{bleu}$ /M $_{d0}$ =		**1.57**

<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

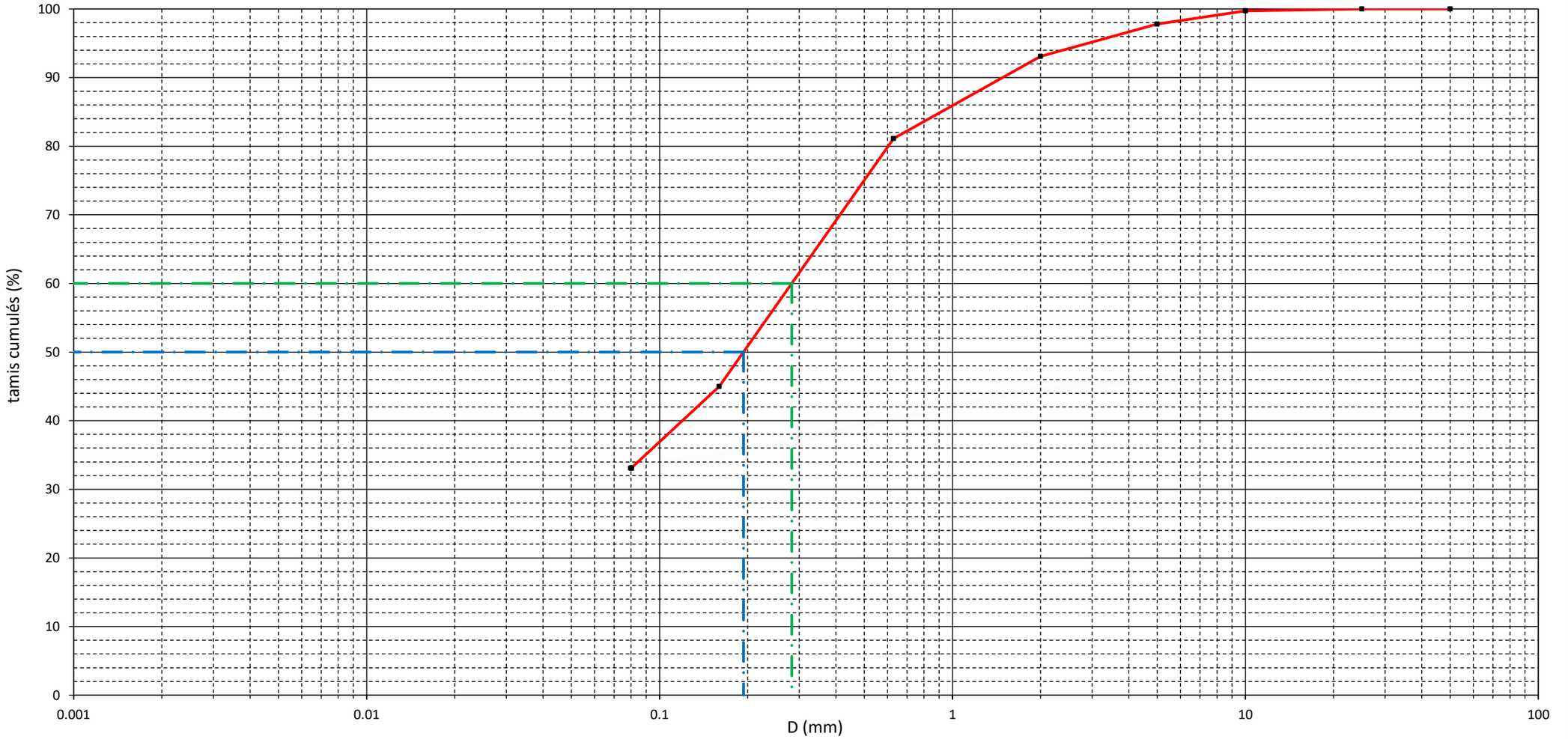
Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca3 / 11.2 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1911-001		DATE D'ESSAI : 31/01/2020

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE

Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

7



NATURE DE L'ECHANTILLON	D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm	Teneur en eau
Sable argileux brun	25.00	0.283	0.194	SO	SO	SO	33.1 %	93.1 %	15.3 %

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

REFERENCES :	Ca3 / 11.2 m	**Dossier n°1911-001**	
COMMUNE :	SAINT BARTHELEMY	DATE DE PRELEVEMENT :	03/12/2019
MODE DE PRELEVEMENT :	Carotté Ø116 mm	DATE D'ESSAI :	03/02/2020

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL Norme NFP 94-068	8

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*11.53*	*11.55*	
Masse humide + tare (g)	*125.74*	*126.38*	
Masse sèche + tare (g)	*107.86*	*107.91*	
	18.6%	*19.2%*	**18.9%**

Nature du matériau testé	*Sable + tout venant*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*5*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*42.23*	
Proportion de la fraction 0/5mm	*C*	*86.87%*	
	VBS = C.V $_{bleu}$ /M $_{d0}$ =		**0.10**

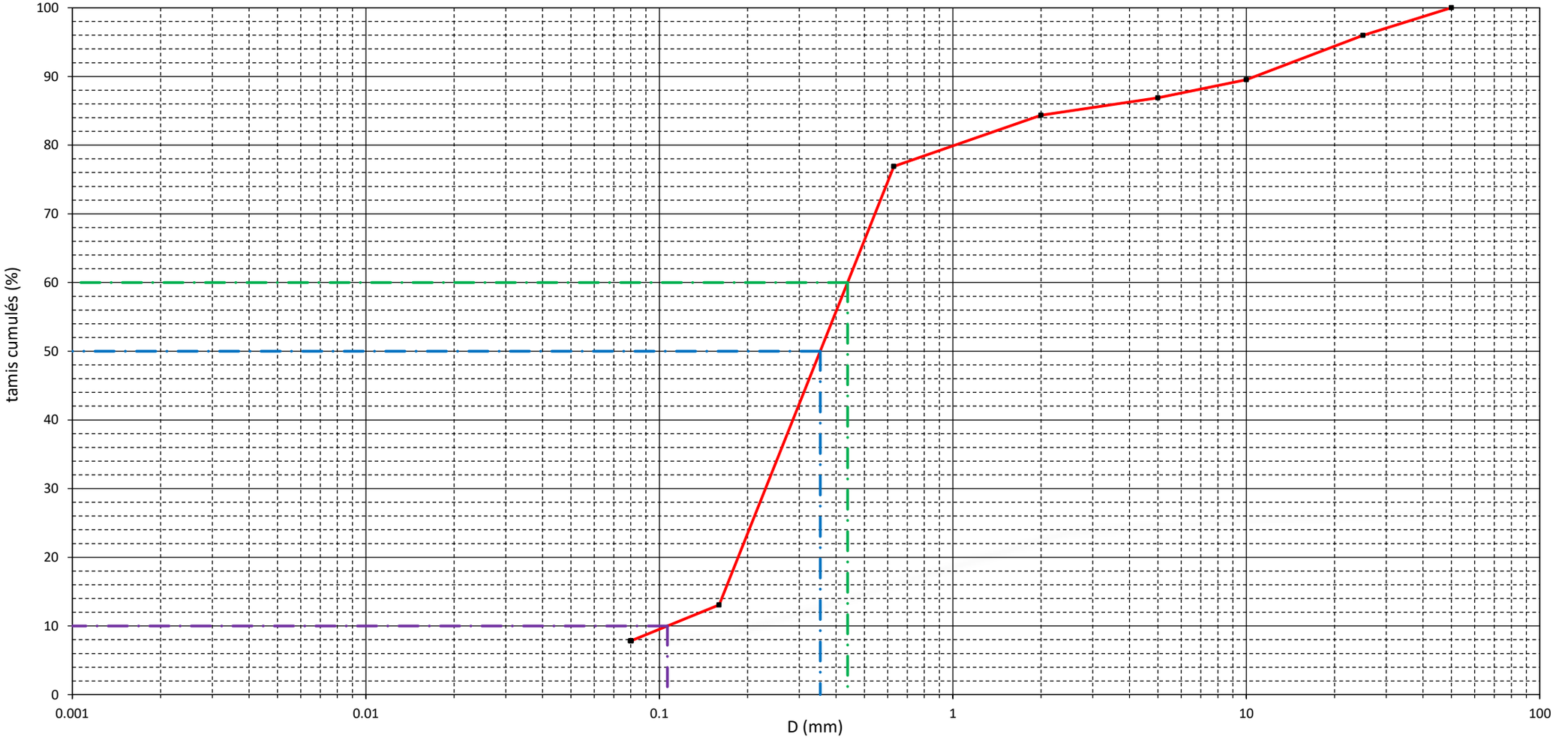
<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca4 / 0.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1911-001		DATE D'ESSAI : 31/01/2020

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE
Normes NFP 94-056 et NFP 94-057



NATURE DE L'ECHANTILLON
Sable + tout venant

D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm
50.00	0.438	0.354	0.107	4.11	SO	7.8 %	84.4 %

Teneur en eau
18.9 %

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

REFERENCES : **Ca4 / 0.5 m**	**Dossier n°1911-001**
COMMUNE : SAINT BARTHELEMY	DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm	DATE D'ESSAI : 03/02/2020

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

9

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*155.13*	*86.83*	
Masse parafinée (g)	*160.19*	*88.93*	
Masse immergé (g)	*80.09*	*44.45*	
	20.8	*20.6*	**20.7**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*11.65*	*11.36*	
Masse humide + tare (g)	*110.32*	*110.63*	
Masse sèche + tare (g)	*98.28*	*98.47*	
	13.9%	*14.0%*	**13.9%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*18.3*	*18.1*	**18.2**
Porosité n (%)*	*31.0%*	*31.8%*	**31.4%**
Indice des vides e	*0.45*	*0.47*	**0.46**
Degré de saturation S_r (%)	*82.0%*	*79.4%*	**80.7%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*16.9%*	*17.6%*	**17.3%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*21.4*	*21.3*	**21.3**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca4 / 2.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1911-001		DATE D'ESSAI : 31/01/2020

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL Norme NFP 94-068	9

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*11.65*	*11.36*	
Masse humide + tare (g)	*110.32*	*110.63*	
Masse sèche + tare (g)	*98.28*	*98.47*	
	13.9%	*14.0%*	**13.9%**

Nature du matériau testé	*Sable gravillonneux*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*5*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*44.06*	
Proportion de la fraction 0/5mm	*C*	*95.16%*	
	VBS = C.V $_{bleu}$ /M $_{d0}$ =		**0.11**

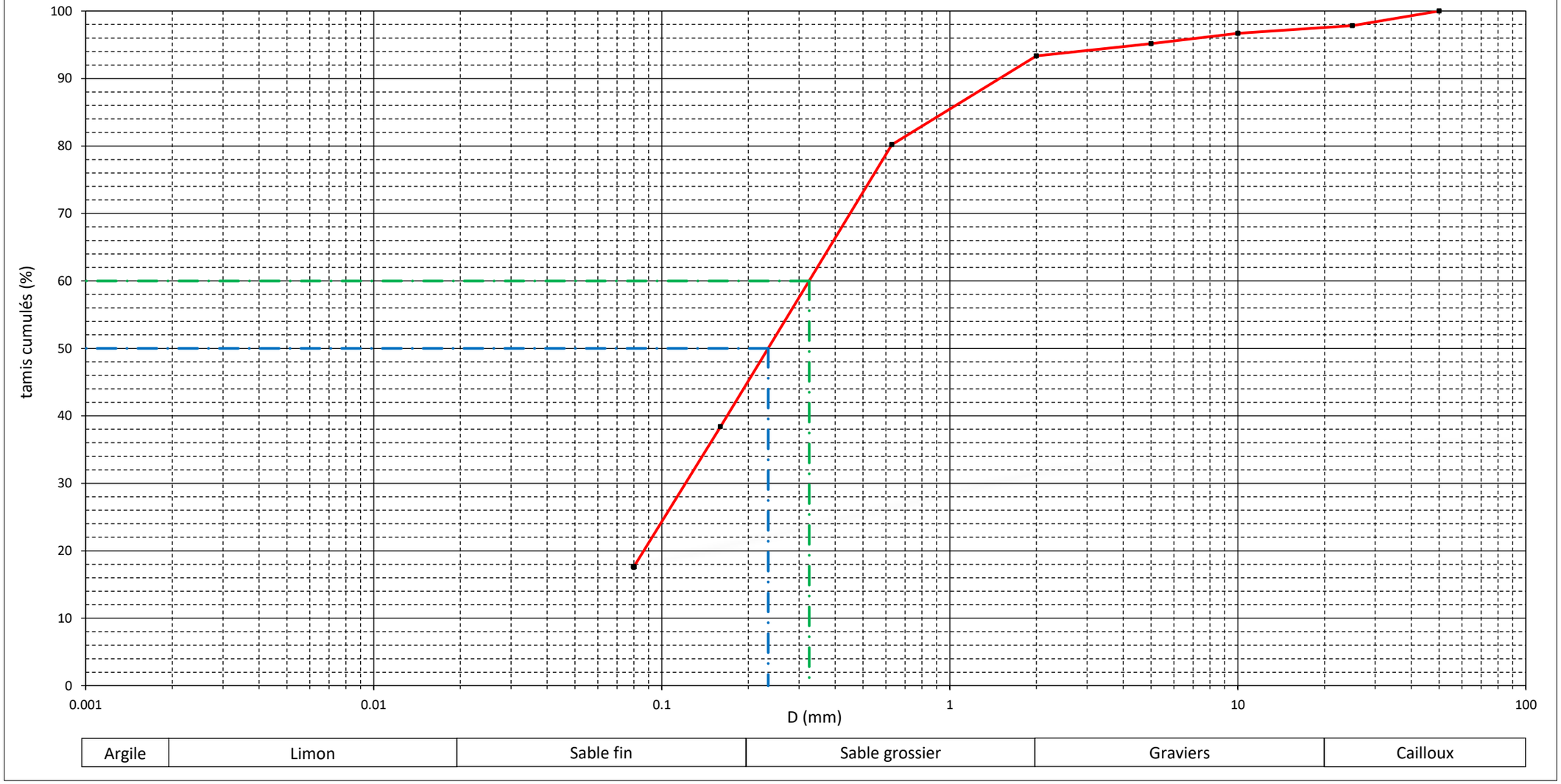
<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca4 / 2.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1911-001		DATE D'ESSAI : 31/01/2020

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE
Normes NFP 94-056 et NFP 94-057



NATURE DE L'ECHANTILLON	D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm	Teneur en eau
Sable gravillonneux	50.00	0.325	0.234	SO	SO	SO	17.6 %	93.3 %	13.9 %

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

REFERENCES : **Ca4 / 2.5 m**

COMMUNE : SAINT BARTHELEMY

MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm

Dossier n°1911-001

DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019

DATE D'ESSAI : 03/02/2020

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

10

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*232.83*	*143.88*	
Masse parafinée (g)	*238.67*	*147.82*	
Masse immergé (g)	*113.80*	*67.59*	
	19.7	*19.0*	**19.3**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*11.96*	*11.92*	
Masse humide + tare (g)	*181.60*	*153.87*	
Masse sèche + tare (g)	*150.93*	*128.40*	
	22.1%	*21.9%*	**22.0%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*16.1*	*15.6*	**15.8**
Porosité n (%)*	*39.2%*	*41.3%*	**40.2%**
Indice des vides e	*0.64*	*0.70*	**0.67**
Degré de saturation S_r (%)	*90.7%*	*82.5%*	**86.6%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*24.3%*	*26.5%*	**25.4%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*20.0*	*19.7*	**19.9**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles
Le laboratoire de la construction aux Antilles

Dossier n°1911-001

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

REFERENCE : Ca4 / 4.5 m
MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
DATE D'ESSAI : 31/01/2020

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL
Norme NFP 94-068

10

	1ère mesure	2ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*11.96*	*11.92*	
Masse humide + tare (g)	*181.60*	*153.87*	
Masse sèche + tare (g)	*150.93*	*128.40*	
	22.1%	*21.9%*	**22.0%**

Nature du matériau testé	*Sable coquillé*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*5*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*41.83*	
Proportion de la fraction 0/5mm	*C*	*92.27%*	
	$VBS = C.V_{bleu}/M_{d0}$ =		**0.11**

<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

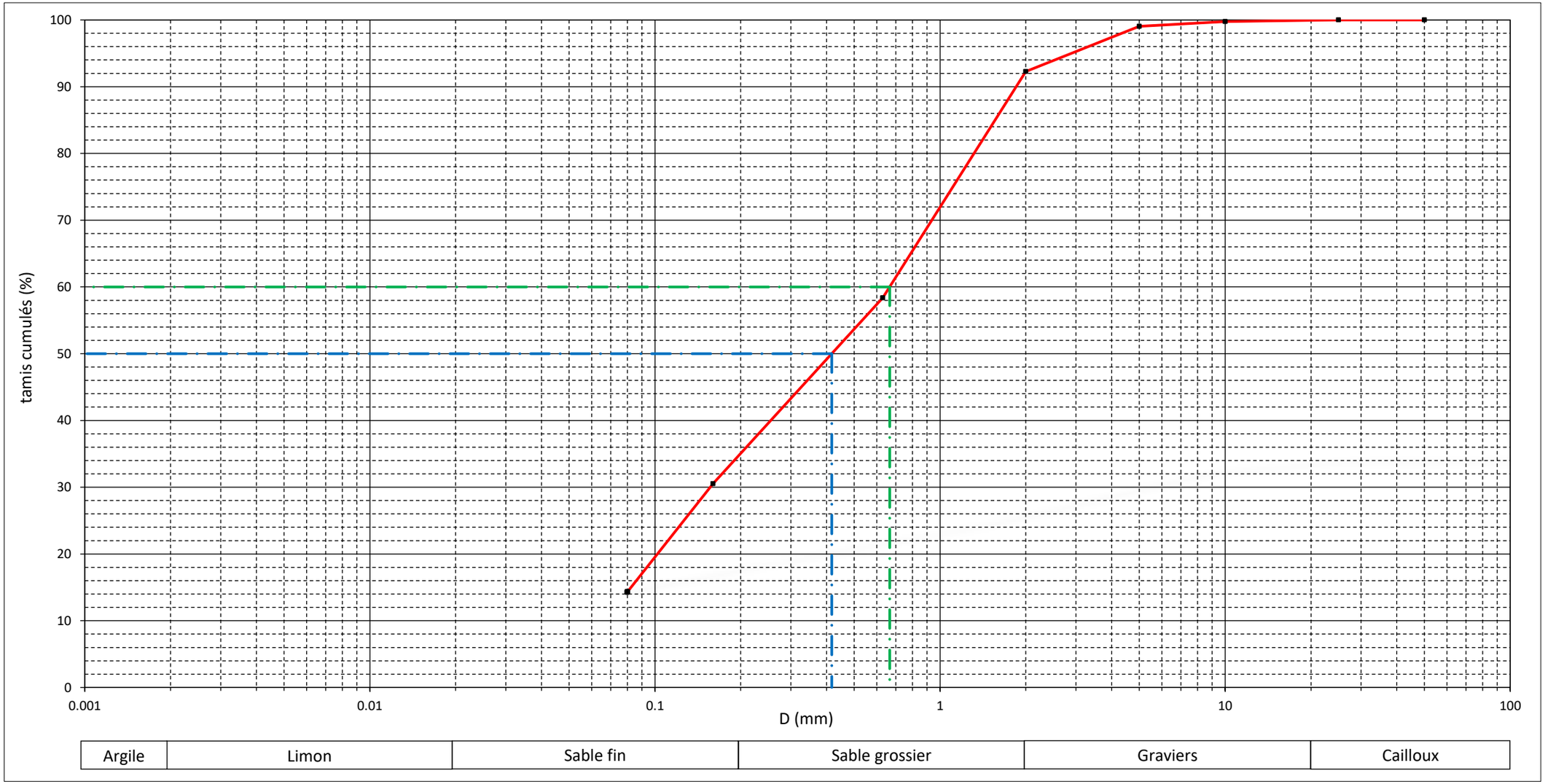
Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca4 / 4.5 m MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
Dossier n°1911-001	**Hôtel Etoile à Saint Jean**	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY DATE D'ESSAI : 31/01/2020

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE

Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

10



NATURE DE L'ECHANTILLON
Sable coquillé

D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm
25.00	0.666	0.417	SO	SO	SO	14.3 %	92.3 %

Teneur en eau
22 %

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

REFERENCES : **Ca4 / 4.5 m**

COMMUNE : SAINT BARTHELEMY

MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm

Dossier n°1911-001

DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019

DATE D'ESSAI : 03/02/2020

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

11

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*148.62*	*168.13*	
Masse parafinée (g)	*155.56*	*177.34*	
Masse immergé (g)	*75.78*	*78.58*	
	20.6	*19.0*	**19.8**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*11.70*	*11.58*	
Masse humide + tare (g)	*155.58*	*170.94*	
Masse sèche + tare (g)	*130.59*	*143.91*	
	21.0%	*20.4%*	**20.7%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*17.0*	*15.8*	**16.4**
Porosité n (%)*	*35.7%*	*40.5%*	**38.1%**
Indice des vides e	*0.56*	*0.68*	**0.62**
Degré de saturation S_r (%)	*100.0%*	*79.6%*	**89.8%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*20.9%*	*25.7%*	**23.3%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*20.6*	*19.8*	**20.2**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca4 / 6.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1911-001		DATE D'ESSAI : 31/01/2020

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL
Norme NFP 94-068

11

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*11.70*	*11.58*	
Masse humide + tare (g)	*155.58*	*170.94*	
Masse sèche + tare (g)	*130.59*	*143.91*	
	21.0%	*20.4%*	**20.7%**

Nature du matériau testé	*Sable coquillé*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*5*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*42.52*	
Proportion de la fraction 0/5mm	*C*	*92.27%*	
	$VBS = C.V_{bleu}/M_{d0}$ =		**0.11**

<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

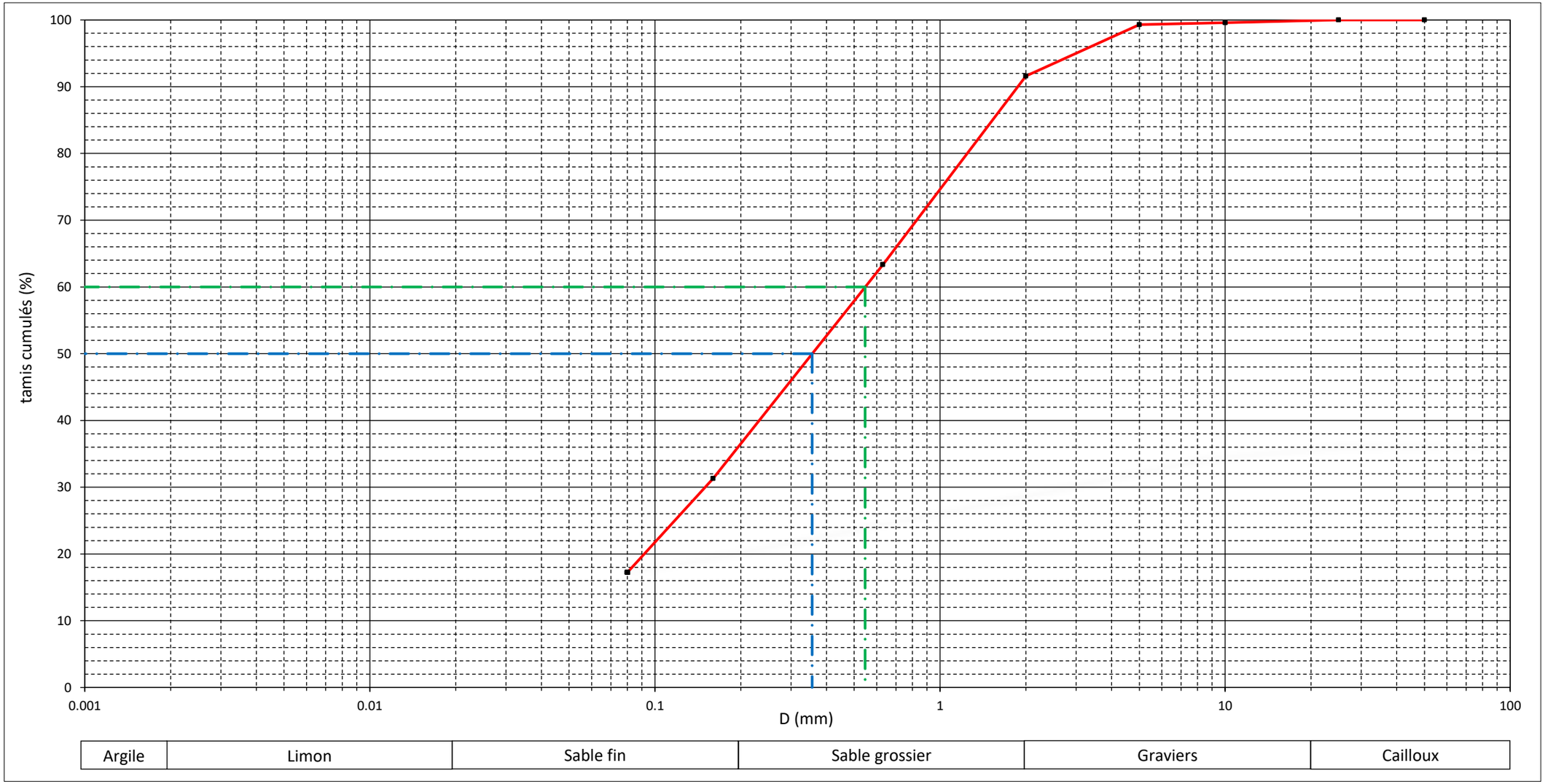
Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca4 / 6.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
Dossier n°1911-001	**Hôtel Etoile à Saint Jean**	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
		DATE D'ESSAI : 31/01/2020

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE
Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

11



NATURE DE L'ECHANTILLON
Sable coquillé

D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm
25.00	0.546	0.356	SO	SO	SO	17.2 %	91.6 %

Teneur en eau
20.7 %

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

REFERENCES : **Ca4 / 6.5 m**	**Dossier n°1911-001**
COMMUNE : SAINT BARTHELEMY	DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm	DATE D'ESSAI : 03/02/2020

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

12

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*120.57*	*132.10*	
Masse parafinée (g)	*124.44*	*135.90*	
Masse immergé (g)	*59.68*	*65.98*	
	19.9	*20.1*	**20.0**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*11.48*	*11.58*	
Masse humide + tare (g)	*123.06*	*128.08*	
Masse sèche + tare (g)	*106.74*	*110.88*	
	17.1%	*17.3%*	**17.2%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*17.0*	*17.1*	**17.1**
Porosité n (%)*	*35.8%*	*35.3%*	**35.5%**
Indice des vides e	*0.56*	*0.55*	**0.55**
Degré de saturation S_r (%)	*81.6%*	*84.0%*	**82.8%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*21.0%*	*20.6%*	**20.8%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*20.6*	*20.7*	**20.6**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles
Le laboratoire de la construction aux Antilles

Dossier n°1911-001

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

REFERENCE : Ca4 / 8.5 m
MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
DATE D'ESSAI : 31/01/2020

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL
Norme NFP 94-068

12

	1ère mesure	2ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*11.48*	*11.58*	
Masse humide + tare (g)	*123.06*	*128.08*	
Masse sèche + tare (g)	*106.74*	*110.88*	
	17.1%	*17.3%*	**17.2%**

Nature du matériau testé	*Sable*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*5*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*42.46*	
Proportion de la fraction 0/5mm	*C*	*92.27%*	
	$VBS = C.V_{bleu}/M_{d0}$ =		**0.11**

<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

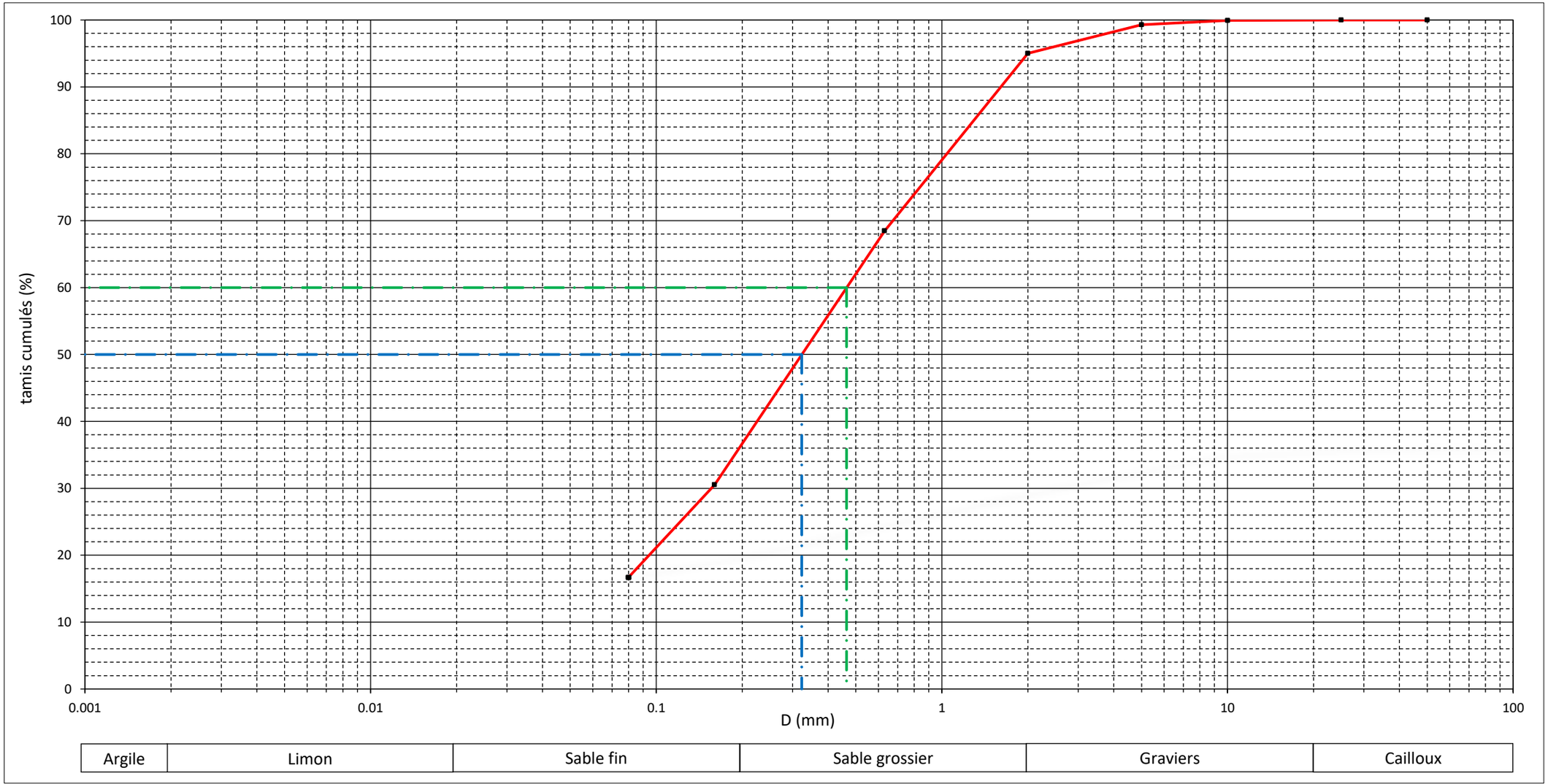
Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca4 / 8.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1911-001		DATE D'ESSAI : 31/01/2020

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE
Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

12



NATURE DE L'ECHANTILLON
Sable

D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm
25.00	0.464	0.323	SO	SO	SO	16.7 %	95 %

Teneur en eau
17.2 %

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

REFERENCES : **Ca4 / 8.5 m**	**Dossier n°1911-001**
COMMUNE : SAINT BARTHELEMY	DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm	DATE D'ESSAI : 03/02/2020

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

13

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :			
Masse humide (g)	*193.46*	*226.53*	
Masse parafinée (g)	*201.86*	*233.13*	
Masse immergé (g)	*97.01*	*115.84*	
	20.3	*20.6*	**20.4**
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*12.08*	*12.08*	
Masse humide + tare (g)	*104.82*	*107.68*	
Masse sèche + tare (g)	*89.44*	*92.30*	
	19.9%	*19.2%*	**19.5%**
Poids volumique sec (kN/m³) :	*16.9*	*17.3*	**17.1**
Porosité n (%)*	*36.2%*	*34.8%*	**35.5%**
Indice des vides e	*0.57*	*0.53*	**0.55**
Degré de saturation S_r (%)	*92.7%*	*95.3%*	**94.0%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)	*21.5%*	*20.1%*	**20.8%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)	*20.5*	*20.8*	**20.6**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca4 / 10.5 m
		MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm
		DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY
Dossier n°1911-001		DATE D'ESSAI : 31/01/2020

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL
Norme NFP 94-068

13

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% :			
Masse tare (g)	*12.08*	*12.08*	
Masse humide + tare (g)	*104.82*	*107.68*	
Masse sèche + tare (g)	*89.44*	*92.30*	
	19.9%	*19.2%*	**19.5%**

Nature du matériau testé	*Argile sablo-graveleuse marron*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*80*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*13.24*	
Proportion de la fraction 0/5mm	*C*	*97.31%*	
	$VBS = C.V_{bleu}/M_{d0}$ =		**5.88**

<u>Remarque</u> : La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

Argilosité du matériau	***Matériau fortement argileux***

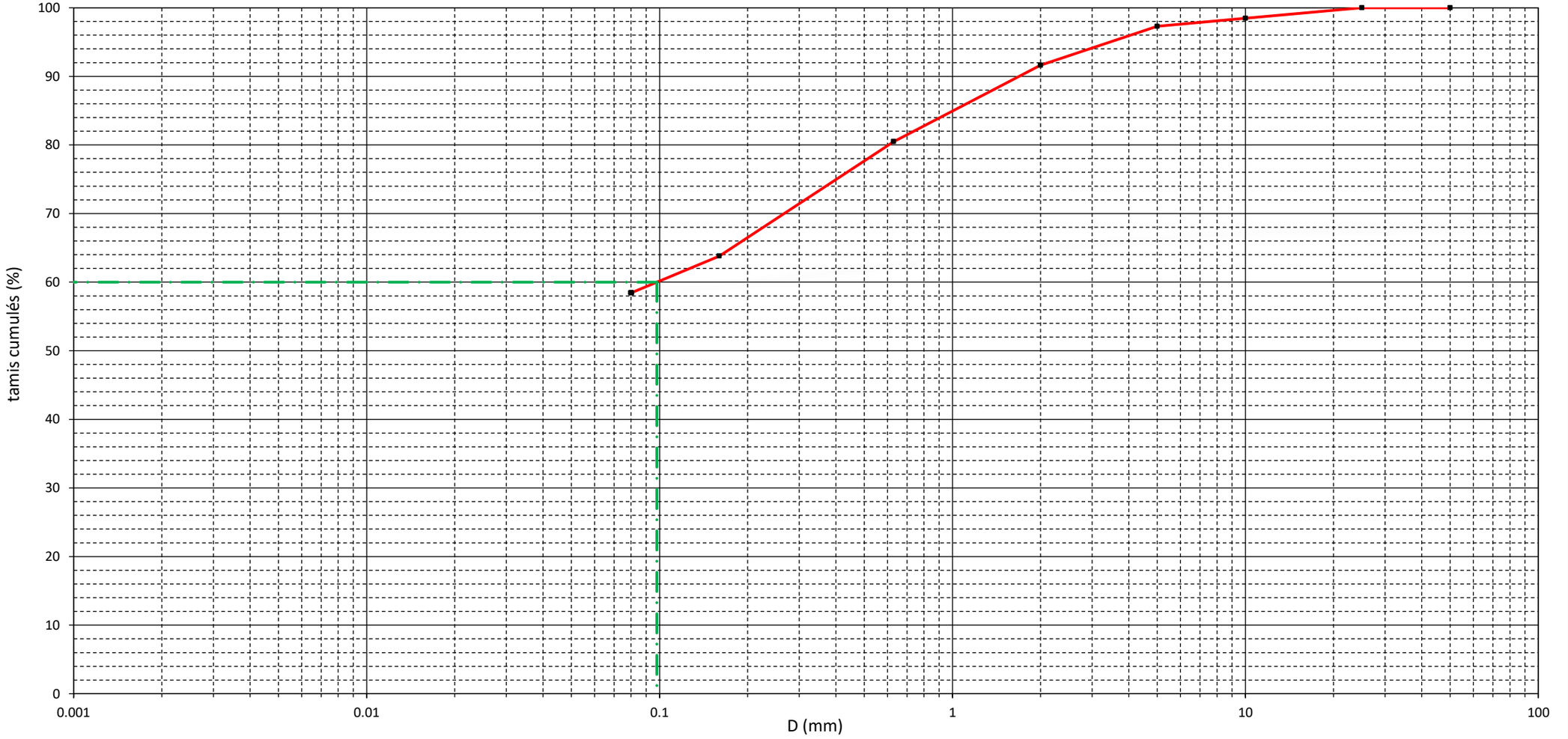
Essais réalisés par : B. MATHIEU

LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	REFERENCE : Ca4 / 10.5 m MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019
Dossier n°1911-001	**Hôtel Etoile à Saint Jean**	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT BARTHELEMY DATE D'ESSAI : 31/01/2020

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC ET SEDIMENTOMETRIQUE

Normes NFP 94-056 et NFP 94-057

13



NATURE DE L'ECHANTILLON	D_{max} (mm)	D60 (mm)	D50 (mm)	D10 (mm)	CU	Passant à 74 µm	Passant à 80 µm	Passant à 2 mm	Teneur en eau
Argile sablo-graveleuse marron	25.00	0.098	SO	SO	SO	SO	58.4 %	91.6 %	19.5 %

LABCO Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

REFERENCES : **Ca4 / 10.5 m**

COMMUNE : SAINT BARTHELEMY

MODE DE PRELEVEMENT : Carotté Ø116 mm

Dossier n°1911-001

DATE DE PRELEVEMENT : 03/12/2019

DATE D'ESSAI : 03/02/2020

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Mardi 31 janvier 2023

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 27/01/2023 Heure de prélèvement : 06h50
Echantillon reçu le : 27/01/2023 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°1**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 230186
Date de début d'analyse : 27/01/2023

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	* 8.1
- Température : (Ph mètre)	* 25.4 °c
- Salinité : (Ph mètre))	* 32.0 g/kg
- Oxygène dissous O_2 : (NF EN 25814)	* 8.12 mg/L
- Nitrates : (ISO 15923-1)	< 0.3 µmol/L
- Nitrites: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L
- Orthophosphates: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Azote total: (ISO 15923-1)	< 5.0 µmol/L
- DCO: (ISO 15705)	12.0 mg/L
- Matières en suspension : (NF EN 872)	36.2 mg/L
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

(* mesure in-situ)

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Mardi 31 janvier 2023

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 27/01/2023 Heure de prélèvement : 07h10
Echantillon reçu le : 27/01/2023 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°2**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 230187
Date de début d'analyse : 27/01/2023

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	* 8.1
- Température : (Ph mètre)	* 25.2 °c
- Salinité : (Ph mètre))	* 34.2 g/kg
- Oxygène dissous O_2 : (NF EN 25814)	* 8.21 mg/L
- Nitrates : (ISO 15923-1)	< 0.3 µmol/L
- Nitrites: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L
- Orthophosphates: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Azote total: (ISO 15923-1)	< 5.0 µmol/L
- DCO: (ISO 15705)	11.8 mg/L
- Matières en suspension : (NF EN 872)	40.2 mg/L
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

(* mesure in-situ)

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Mardi 31 janvier 2023

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 27/01/2023 Heure de prélèvement : 07h20
Echantillon reçu le : 27/01/2023 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°3**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 230188
Date de début d'analyse : 27/01/2023

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	* 8.1
- Température : (Ph mètre)	* 25.0 °c
- Salinité : (Ph mètre))	* 34.2 g/kg
- Oxygène dissous O_2 : (NF EN 25814)	* 8.21 mg/L
- Nitrates : (ISO 15923-1)	< 0.3 µmol/L
- Nitrites: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L
- Orthophosphates: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Azote total: (ISO 15923-1)	< 5.0 µmol/L
- DCO: (ISO 15705)	13.0 mg/L
- Matières en suspension : (NF EN 872)	34.8 mg/L
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	61 NPP

(* mesure in-situ)

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Mardi 02 mai 2023

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 27/04/2023 Heure de prélèvement : 07h10
Echantillon reçu le : 27/04/2023 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°1**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2304373
Date de début d'analyse : 27/04/2023

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	* 8.1
- Température : (Ph mètre)	* 27.0 °c
- Salinité : (Ph mètre))	* 36.6 g/kg
- Oxygène dissous O_2 : (NF EN 25814)	* 7.80 mg/L
- Nitrates : (ISO 15923-1)	< 0.3 µmol/L
- Nitrites: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L
- Orthophosphates: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Azote total: (ISO 15923-1)	< 5.0 µmol/L
- DCO: (ISO 15705)	13.5 mg/L
- Matières en suspension : (NF EN 872)	10.6 mg/L
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

(* mesure in-situ)

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Mardi 02 mai 2023

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 27/04/2023 Heure de prélèvement : 06h50
Echantillon reçu le : 27/04/2023 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°2**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2304372
Date de début d'analyse : 27/04/2023

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	* 8.2
- Température : (Ph mètre)	* 27.3 °c
- Salinité : (Ph mètre))	* 36.4 g/kg
- Oxygène dissous O_2 : (NF EN 25814)	* 7.48 mg/L
- Nitrates : (ISO 15923-1)	< 0.3 µmol/L
- Nitrites: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L
- Orthophosphates: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Azote total: (ISO 15923-1)	< 5.0 µmol/L
- DCO: (ISO 15705)	12.8 mg/L
- Matières en suspension : (NF EN 872)	10.2 mg/L
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

(* mesure in-situ)

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Mardi 02 mai 2023

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 27/04/2023 Heure de prélèvement : 06h40
Echantillon reçu le : 27/04/2023 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°3**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2304371
Date de début d'analyse : 27/04/2023

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	* 8.2
- Température : (Ph mètre)	* 27.2 °c
- Salinité : (Ph mètre))	* 36.2 g/kg
- Oxygène dissous O_2 : (NF EN 25814)	* 7.47 mg/L
- Nitrates : (ISO 15923-1)	< 0.3 µmol/L
- Nitrites: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L
- Orthophosphates: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Azote total: (ISO 15923-1)	< 5.0 µmol/L
- DCO: (ISO 15705)	11.3 mg/L
- Matières en suspension : (NF EN 872)	4.0 mg/L
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

(* mesure in-situ)

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 31 juillet 2023

RAPPORT D'ANALYS
N°250723-637

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 25/07/2023 Heure de prélèvement : 08h10
Echantillon reçu le : 25/07/2023 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°1**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2307637
Date de début d'analyse : 25/07/2023 à 08h35

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	* 8.1
- Température : (Ph mètre)	* 28.78 °c
- Salinité : (Ph mètre))	* 36.0 g/kg
- Oxygène dissous O_2 : (NF EN 25814)	* 8.12 mg/L
- Nitrates : (ISO 15923-1)	< 0.3 µmol/L
- Nitrites: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L
- Orthophosphates: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Azote total: (ISO 15923-1)	< 5.0 µmol/L
- DCO: (ISO 15705)	10.0 mg/L
- Matières en suspension : (NF EN 872)	4.2 mg/L
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	15 NPP

(* mesure in-situ)

NPP : le nombre le plus probable.

Le rapport d'analyse ne concerne que l'échantillon analysé.
Le laboratoire n'est pas responsable des données fournies par le client qui pourraient affecter la validité des résultats.
Dans le cas où le laboratoire n'a pas réalisé l'étape du prélèvement, les résultats s'appliquent uniquement à l'échantillon tel qu'il a été reçu.
Le rapport d'analyses ne doit être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation du laboratoire.

La Directrice du Laboratoire

Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 31 juillet 2023

RAPPORT D'ANALYS
N°250723-636

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 25/07/2023 Heure de prélèvement : 07h55
Echantillon reçu le : 25/07/2023 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°2**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2307636
Date de début d'analyse : 25/07/2023 à 08h35

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	* 8.1
- Température : (Ph mètre)	* 28.7 °c
- Salinité : (Ph mètre))	* 35.9 g/kg
- Oxygène dissous O_2 : (NF EN 25814)	* 7.58 mg/L
- Nitrates : (ISO 15923-1)	< 0.3 µmol/L
- Nitrites: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L
- Orthophosphates: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Azote total: (ISO 15923-1)	< 5.0 µmol/L
- DCO: (ISO 15705)	11.2 mg/L
- Matières en suspension : (NF EN 872)	7.4 mg/L
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

(* mesure in-situ)

NPP : le nombre le plus probable.

Le rapport d'analyse ne concerne que l'échantillon analysé.
Le laboratoire n'est pas responsable des données fournies par le client qui pourraient affecter la validité des résultats.
Dans le cas où le laboratoire n'a pas réalisé l'étape du prélèvement, les résultats s'appliquent uniquement à l'échantillon tel qu'il a été reçu.
Le rapport d'analyses ne doit être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation du laboratoire.

La Directrice du Laboratoire

Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 31 juillet 2023

RAPPORT D'ANALYS
N°250723-635

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 25/07/2023 Heure de prélèvement : 07h45
Echantillon reçu le : 25/07/2023 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°3**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2307635
Date de début d'analyse : 25/07/2023 à 08h35

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	* 8.1
- Température : (Ph mètre)	* 28.6 °c
- Salinité : (Ph mètre))	* 36.0 g/kg
- Oxygène dissous O_2 : (NF EN 25814)	* 7.62 mg/L
- Nitrates : (ISO 15923-1)	< 0.3 µmol/L
- Nitrites: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L
- Orthophosphates: (ISO 15923-1)	< 0.05 µmol/L

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Azote total: (ISO 15923-1)	24.1 µmol/L
- DCO: (ISO 15705)	12.0 mg/L
- Matières en suspension : (NF EN 872)	22.2 mg/L
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

(* mesure in-situ)

NPP : le nombre le plus probable.

Le rapport d'analyse ne concerne que l'échantillon analysé.
Le laboratoire n'est pas responsable des données fournies par le client qui pourraient affecter la validité des résultats.
Dans le cas où le laboratoire n'a pas réalisé l'étape du prélèvement, les résultats s'appliquent uniquement à l'échantillon tel qu'il a été reçu.
Le rapport d'analyses ne doit être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation du laboratoire.

La Directrice du Laboratoire

Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Vendredi 03 novembre 2023

RAPPORT D'ANALYS
N°301023-927

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 30/10/2023 Heure de prélèvement : 08h15
Echantillon reçu le : 30/10/2023 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°1**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2310927
Date de début d'analyse : 30/10/2023 à 09h00

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	* 8.3
- Température : (Ph mètre)	* 28.8 °c
- Salinité : (Ph mètre))	* 35.1 g/kg
- Oxygène dissous O_2 : (NF EN 25814)	* 7.60 mg/L
- Nitrates : (ISO 15923-1)	1.2 µmol/L
- Nitrites: (ISO 15923-1)	< 0.10 µmol/L
- Orthophosphates: (ISO 15923-1)	< 0.20 µmol/L

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Azote total: (ISO 15923-1)	< 5.0 µmol/L
- DCO: (ISO 15705)	11.4 mg/L
- Matières en suspension : (NF EN 872)	41.6 mg/L
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

(* mesure in-situ)

NPP : le nombre le plus probable.

Le rapport d'analyse ne concerne que l'échantillon analysé.
Le laboratoire n'est pas responsable des données fournies par le client qui pourraient affecter la validité des résultats.
Dans le cas où le laboratoire n'a pas réalisé l'étape du prélèvement, les résultats s'appliquent uniquement à l'échantillon tel qu'il a été reçu.
Le rapport d'analyses ne doit être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation du laboratoire.

La Directrice du Laboratoire

Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Vendredi 03 novembre 2023

RAPPORT D'ANALYS
N°301023-926

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 30/10/2023 Heure de prélèvement : 08h00
Echantillon reçu le : 30/10/2023 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°2**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2310926
Date de début d'analyse : 30/10/2023 à 09h00

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	* 8.3
- Température : (Ph mètre)	* 28.6 °c
- Salinité : (Ph mètre))	* 35.2 g/kg
- Oxygène dissous O_2 : (NF EN 25814)	* 7.69 mg/L
- Nitrates : (ISO 15923-1)	1.4 µmol/L
- Nitrites: (ISO 15923-1)	< 0.10 µmol/L
- Orthophosphates: (ISO 15923-1)	< 0.20 µmol/L

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Azote total: (ISO 15923-1)	< 5.0 µmol/L
- DCO: (ISO 15705)	12.1 mg/L
- Matières en suspension : (NF EN 872)	50.2 mg/L
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

(* mesure in-situ)

NPP : le nombre le plus probable.

Le rapport d'analyse ne concerne que l'échantillon analysé.
Le laboratoire n'est pas responsable des données fournies par le client qui pourraient affecter la validité des résultats.
Dans le cas où le laboratoire n'a pas réalisé l'étape du prélèvement, les résultats s'appliquent uniquement à l'échantillon tel qu'il a été reçu.
Le rapport d'analyses ne doit être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation du laboratoire.

La Directrice du Laboratoire

Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Vendredi 03 novembre 2023

RAPPORT D'ANALYS
N°301023-925

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 30/10/2023 Heure de prélèvement : 07h50
Echantillon reçu le : 30/10/2023 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°3**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2310925
Date de début d'analyse : 30/10/2023 à 09h00

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	* 8.3
- Température : (Ph mètre)	* 28.6 °c
- Salinité : (Ph mètre))	* 35.2 g/kg
- Oxygène dissous O_2 : (NF EN 25814)	* 7.27 mg/L
- Nitrates : (ISO 15923-1)	1.3 µmol/L
- Nitrites: (ISO 15923-1)	< 0.10 µmol/L
- Orthophosphates: (ISO 15923-1)	< 0.20 µmol/L

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@orange.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Azote total: (ISO 15923-1)	< 5.0 µmol/L
- DCO: (ISO 15705)	10.1 mg/L
- Matières en suspension : (NF EN 872)	48.6 mg/L
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	30 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	15 NPP

(* mesure in-situ)

NPP : le nombre le plus probable.

Le rapport d'analyse ne concerne que l'échantillon analysé.
Le laboratoire n'est pas responsable des données fournies par le client qui pourraient affecter la validité des résultats.
Dans le cas où le laboratoire n'a pas réalisé l'étape du prélèvement, les résultats s'appliquent uniquement à l'échantillon tel qu'il a été reçu.
Le rapport d'analyses ne doit être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation du laboratoire.

La Directrice du Laboratoire

Agnès LENFANT CAILLAUD

Ralph Clark

Brosnan Center Report

Observations of Beach Conditions at St. Jean Beach, St Barthelemy with Recommendations for Continued Beach Management

July 2011

Observations of Beach Conditions, at St. Jean Beach St Barthelemy with Recommendations for Continued Beach Management

Ralph R. Clark

July 2011

FINAL DRAFT

The data and opinions are those of the individual scientists and authors.

The study was supported by Mr. David Graham, Camp David, St Jean Beach, St Barthelemy FWI. A site visit and evaluation by beach and sediment transport experts Mr. Ralph Clark and Dr. Joan Oltma-Shay was commissioned by Mr. Graham and Dr. Deborah Brosnan (Brosnan Center) and provided to President Bruno Magras and the Government of St Barthelemy. A public meeting to discuss the findings was held at the offices of the Government of St Barthelemy. Two evaluations were conducted one in August 2008 and one in April 2011.

Background (2008 – 2011)

Coastal engineering observations were made of "St. Jean Beach" and "Nikki Beach Side" during two week-long visits to St. Barthélemy during August 21-27, 2008 and April 21-27, 2011.(See note on terminology[1]) The 2008 visit had been preceded by winter storm erosion along these popular beaches. In reaction to the severe beach erosion conditions, an emergency beach nourishment project was undertaken in early 2008 by hydraulically pumping sand from the near vicinity of St. Jean Beach. Sand was excavated not far from the headland of Eden Rock and placed along the beach to the west of Eden Rock. All dredging was conducted between the beach and the reef track. Local observations reported continued rapid erosion of this newly placed sand from St. Jean Beach as well as from Nikki Beach side to the east of Eden Rock. Two reports were developed during 2008 to provide recommendations for the restoration of St Jean Bay given it's importance to tourism and the ecology of the island (Brosnan, 2008; Brosnan, Oltman Shay and Clark 2009).

Observations from August 2008

Much of the beach width to the west of Eden Rock (**Photo** 1) remained enhanced by the recent nourishment activity even though this area was reported to have continued to experience shoreline retreat following the project.

[1] A note on terminology. St Jean Beach encompasses two discrete beach areas divided by the Eden Rock Tombolo. The beach west of the tombolo includes Eden Rock Hotel, the airport etc. and is known locally and in this report as St Jean Beach. The beach east of the tomoblo is known as the "Nikki Beach Side" (formerly Pelican) and includes Nikki Beach Club and Camp David.

Photo 1. St. Jean Beach to west of Eden Rock, August 2008.

Further west along St. Jean Beach, closer to the airport runway, significantly greater shoreline recession continued to be in evidence (**Photo 2**). This area likely benefited from the 2008 emergency beach nourishment project using sand from inside the reef track. Westward longshore transport of sediment from the project fill area likely contributed to the sediment volume in this area.

Photo 2. St. Jean Beach, east of airport runway.

West of the airport runway, the beach conditions in 2008 were critical with very little beach width and sediment volume to provide any recreational value or coastal protection to the upland properties (**Photo 3**). The barrier dune system was severely eroded and upland property owners had to resort to the construction of rigid coastal protection structures (seawalls and boulder rock revetments) to provide a reasonable degree of storm protection to their upland structures, infrastructure, and properties (**Photo 4)**.

Photo 3. Critical erosion west of airport runway along St. Jean Beach.

Photo 4. Boulder rock revetment above toe-wall cap.

To the east of Eden Rock, beach conditions in August 2008 along Nikki Beach were likewise critical with little beach width for recreation, and completely insufficient beach width and profile volume to

provide adequate protection from storm tides and wave activity (**Photo 5**). The beach profile had been reduced to only a narrow wet sand foreshore slope (**Photo 6**).

Photo 5. Critical erosion along Nikki Beach, August 2008.

Photo 6. Nikki Beach without dry beach berm, August 2008.

Along the eastern stretch of Nikki Beach Side, erosion was in evidence with insufficient width and elevation to provide adequate protection from major storm tides and waves (**Photo 7**); however, beach conditions at the time were not as critical as the western stretch of Nikki Beach.

Photo 7. Eastern stretch of Nikki Beach along Camp David property, August 2008.

Recommendations from August 2008

After inspections of the beach conditions in August 2008 and following discussions with the government, various stakeholders, scientific and environmental professionals that had been continually observing the beach conditions and evaluating the various coastal systems (including the reef tract and sea grass beds), several recommendations were developed for the immediate and long term management of St. Jean Beach and Nikki Beach Side. These recommendations were developed within the scope of a larger restoration plan that included recovering the degraded barrier coral reef in order to restore the beach stabilization and protection it once provided to St Jean Bay. The specific beach sand recommendations may be categorized and briefly discussed under the following three topics.

1. Beach Restoration – Various beach erosion and coastal protection strategies exist that require consideration when developing a beach management strategy for a critically eroded shoreline. These strategies are generally grouped under nourishment, armoring, and coastal retreat. For St. Jean and Nikki Beaches the latter two were dismissed for either their high cost or for not achieving desired results. For example, the relocation of existing development would be cost prohibitive and would not achieve desired results. Also, armoring the entire shoreline with seawalls and revetments would likewise be costly, and with continued erosion stress would result in the complete loss of the beach. So, beach restoration by hydraulically pumping beach compatible sand back to the beach system was determined to be the most economically feasible strategy that would achieve the desired results of

having a recreational beach and providing upland protection from storm tides and waves. Substantial data existed from Florida and elsewhere that provided adequate justification for beach restoration along St. Jean and Nikki Beaches. It was likewise acknowledged that certain erosion hotspots that may develop following initial beach restoration could subsequently be nourished in follow-up maintenance projects. Nourishment of erosion hotspots would contribute additional sediment volume to the adjacent beaches. In addition, as part of a total beach restoration program, it was also recommended to construct dunes and stabilize them with beach/dune plantings.

2. Sand source outside the reef track. The 2008 post-storm emergency nourishment project did not appear to have adequate coastal engineering guidance due to the selection of the borrow area inside the reef track. However, in due consideration to the critical erosion conditions at the time, the dredge equipment available for the project may have been limited by the distance between the borrow site and the beach. That said, while there may have been a sufficient quantity of beach quality sand available inside the reef, there were also impacts to be expected by dredging close to shore. As previously noted, observations from that project indicated continued rapid erosion of not only the fill area west of Eden Rock, but also the western segment of Nikki Beach Side to the east of Eden Rock. Deepening areas through dredging within the nearshore causes instability for the entire profile from the beach through the nearshore. In simple terms, the greater water depth created close to shore allows higher waves to approach the beach and expend greater energy causing erosion of the foreshore. The sediment that is eroded from the foreshore is transported seaward into the deeper hole created by the dredging in a process where the profile is seeking its equilibrium. The action of dredging too close to shore and the observation of rapid erosion of the adjacent beaches is simply the process of profile equilibration.

With the nearshore areas of sand not considered a viable source for a beach restoration project, a preliminary sand search was conducted during August 2008. A large sediment volume was confirmed outside the reef track. This area was recommended as a feasible source of material, and estimates determined that there was a sufficient quantity of beach quality material. It was acknowledged that while sufficient sediment of adequate grain size existed similar to the native beach material, the potential existence of coral reef debris and finer, silt material necessitated a dredging protocol of quality control. Various recommendations were provided to ensure the protection of coral reefs, hard bottom habitat, sea grass beds, and sea turtles. Fill placement procedures were available to minimize turbidity at both the dredge site and the fill placement site. Various environmental monitoring was recommended to be conducted during the project. **Photo 8** identifies the general area recommended as a sediment source, along with the recommended minimum quantities of material needed for beach restoration in 2008. Also shown are the quantities and locations recommended for fill placement. These quantities and locations were intended to optimize the project placement strategy and considered longshore spreading of the fill material to adjoining beach areas.

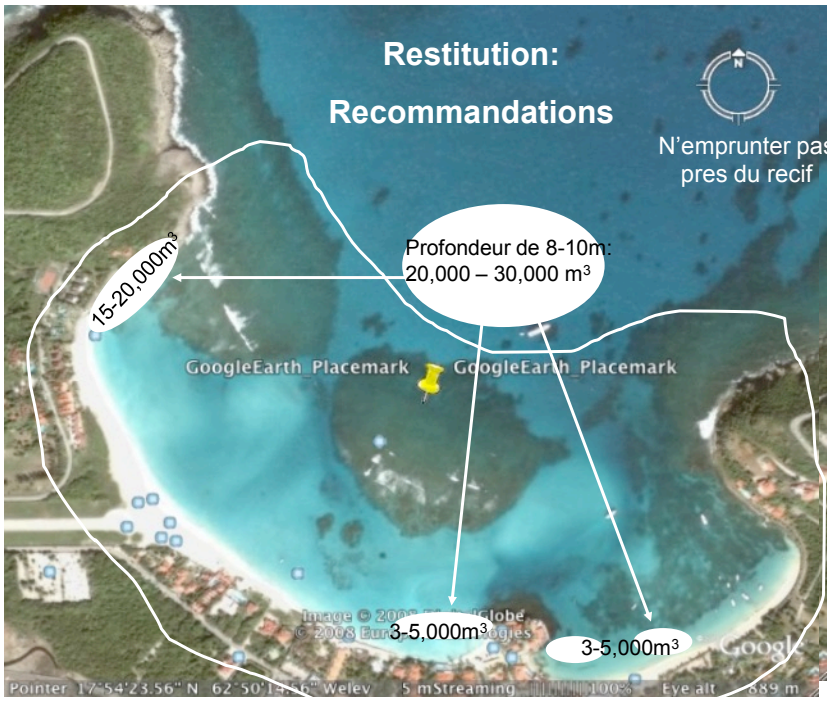


Photo 8. Plan view of recommended restoration project.

3. *Monitoring beach fill performance*. A critical recommendation provided in August 2008 was the establishment of long term physical monitoring. The following was recommended –

The beaches of St. Barthélemy are an extremely valuable resource which will require future management decisions that should be based upon a long term program of physical data acquisition. It is highly recommended that a monumented baseline be established along the beaches of St. Jean's Bay and eventually along the entire sandy beach shorelines of the island. Along these beaches it is recommended that a minimum of annual beach profiles be obtained. Beach profiles should also be obtained immediately following major storm conditions to measure erosion volumes. And it is essential to obtain all the profiles of a particular beach, not just the profiles in the areas experiencing erosion. Even long term monitoring of the more isolated beaches on the island not experiencing direct effects from man should be conducted to compare long term natural trends related to sea level rise.

For the beaches of St. Jean's Bay, the profiles should be spaced no greater than 500 feet along the beach and also be located within each differing physiographic segment. More specific guidance in siting profile lines to be monitored may be provided. The profiles should be obtained far enough landward to include any dune or other feature that may be eroded in an extreme coastal storm event. The profiles should at least initially extend offshore to the depth at which storm induced sediment transport will not be expected to cause a significant change in the bathymetry. Subsequent periodic

profile surveys may include only the beach portion as might be needed for a more economical post-storm response or a "beach conditions" survey.

In the future, comparative profile data will describe storm erosion events, post-storm recovery, and long term erosion and accretion trends. Beach profile monitoring will also provide an understanding of the performance of any beach nourishment project and the effects of nearby dredging or construction in the coastal zone. This profile data and any additional controlled aerial photography will be essential for making decisions for the effective management of the St. Barthélemy beaches. (Brosnan, Oltman-Shay and Clark 2008)

Beach Restoration Activity: July – November 2009

In July and August 2009, small quantities of sand were dredged seaward of the reef track with placement within the western stretch of St. Jean Beach west of the airport runway. This dredge operation experienced problems with waves breaking discharge pipe connections and the suction pipe. With the passage of Hurricane Bill, additional critical erosion occurred at the east and west ends of St. Jean Beach. In early September, an anchor line broke causing the dredge to run aground along with the tender boat, and the dredge had to be towed back to St. Maarten for repairs. Following repairs, the dredge commenced pumping during October and November and placed a substantial but undetermined quantity of material along the west end of St. Jean Beach until the dredge pump had bearing problems and became inoperative. Planned nourishment for Nikki Beach had to be postponed until 2010.

Beach Restoration Activity: November 2010 – April 2011

In 2010, the Collectivité took over financing of the beach restoration project. The borrow site was selected outside the reef track approximately 800 meters offshore. Approximately 15,000 cubic meters of sand were anticipated for nourishment. The project was to commence to the west of Eden Rock, and to also include Nikki Beach and the western stretch of St. Jean Beach. The project actually commenced in the fall of 2010. Hydraulic dredging operations took place between November 2010 and April 2011 with down time due to high seas during the winter. Winter months are typically the most difficult time to conduct such a project due to the high energy wave conditions and unpredictable currents. Photography and progress reports of this operation have not been provided or not obtained, so little can be said about the operation other than approximately several thousand cubic meters of material were placed on the beach to the west of Eden Rock.

April 2011: Post-Restoration Observations

Coastal engineering observations were made of St. Jean Beach and Nikki Beach Side during April 21-27, 2011. The 2011 visit had been preceded by one major hurricane in summer 2010, winter storm activity as well as the beach restoration activity previously discussed. Along with visual observations of the beach conditions, photographs were taken to compare with those obtained during August 2008. In addition, given the lack of available physical monitoring data that was recommended in 2008, beach

width surveys were made along St. Jean Beach and Nikki Beach Side. Although this beach width data does not provide the information necessary to determine volumetric gains and losses and subsequently project performance, it is of assistance in a qualitative beach conditions evaluation and may be used for future comparisons.

Beach Conditions Observations

1. Substantial beach fill is in evidence throughout the entire length of St. Jean Beach (**Photo 9**). The quality of the material on the beach appears to be excellent; however, there appears to be substantial silt material within the nearshore resulting in persistent surf zone turbidity.

Photo 9. Wide beach along St. Jean Beach, April 2011.

2. An erosion hotspot exists west of Eden Rock (**Photo 10**). Offshore waves are able to propagate unbroken between the outer reef tracks along the course of a natural channel resulting in an erosion zone west of Eden Rock.

Photo 10. West of Eden Rock along an erosion hotspot.

3. A small shadow zone fillet exists immediately west of Eden Rock (**Photo 11**). The headland of Eden Rock and the submerged reef structure provides some sheltering for a limited short segment of shoreline immediately to the west.

Photo 11. Sheltered zone west of Eden Rock.

4. A southerly rip current exists under most all wave conditions west of Eden Rock. Waves propagating shoreward west of Eden Rock expend energy via a shore-breaking process that has resulted in an erosion hotspot. West of the hotspot, wave energy is reduced due to the sheltering provided by the outer reef track located directly offshore. Rip currents along sandy coasts align with gaps or breaks within the outer bars that parallel the shoreline. The natural channel extending offshore from Eden Rock is a corridor for a rip current to exist. Greater wave energy in this area will result in greater rip current velocities. In April 2011, under relatively low wave conditions, a turbidity plume was transported seaward from the beach providing clear evidence of the rip current's existence (**Photo 12**). Under high wave conditions as was experienced during winter storm events, the rip current would be strong enough to transport both suspended sediment and bed load sediment seaward to an offshore area directly north of Eden Rock.

Photo 12. Seaward directed rip current shown by the turbidity plume transporting suspended sediment offshore.

5. Substantial fill/accretion has taken place west of the airport runway since the severely eroded condition of August 2008 (**Photo 13**). This area received the benefit of direct material placement during the nourishment activity of 2009. In addition, substantial natural recovery from past storms has occurred in this area. Without physical monitoring surveys it is unclear how much of the accretion can be attributed to the recent nourishment activity during November 2010 through April 2011.

Photo 13. Western St. Jean Beach, west of airport runway, showing improved beach conditions in April 2011.

6. Substantial accretion has taken place at the western stretch of Nikki Beach (**Photo 14**). It was observed that during the recent beach nourishment activity along St. Jean Beach that substantial accretion occurred simultaneously to Nikki Beach. Winter storm wave activity during the on-going beach restoration project inflicted substantial erosion within the hotspot area west of Eden Rock (note observation 2). Winter storm waves from the north to northeast caused erosion of the new fill material and transported a substantial quantity of sediment seaward along the rip current discussed in observation 4. The same waves that suspended sediment for the rip current to transport were also propagating shoreward on the east side of Eden Rock. Given the absence of a rip current east of Eden Rock, the same waves that were eroding sand west of Eden Rock were transporting sand shoreward east of Eden Rock. There appears to be a sediment transport pathway to bypass Eden Rock from west to east during high wave conditions. Physical monitoring would assist in the identification of this transport pattern.

Photo 14. Accretion along western Nikki Beach.

7. The eastern stretch of Nikki Beach has not shared in the accretion that has occurred to the western stretch, and continued erosion has become critical from Camp David eastward.

Photo 15. Critically eroded conditions along Camp David.

Surveyed Beach Widths

On April 26, 2011, beach widths were measured along 24 profile lines extending normal (perpendicular) to the shoreline. The foreshore was measured between the low water break and the seaward crest of the berm. The backshore or berm width was also measured between the seaward crest of the berm and the vegetation line or any wall or upland fence. **Table 1** lists berm widths, foreshore widths and total beach widths for each profile.

Photo 16. St. Jean Bay with St. Jean Beach and Nikki Beach separated by Eden Rock headland.

Table 1. Beach Width Measurements for St. Jean Beach and Nikki Beach, April 26, 2011.

Profile Number	Total Beach Width (m)	Berm Width (m)	Foreshore (m)
Nikki Beach Side			
1a	6.5	0	6.5
1b	10	0	10
2	6	0	6
3	9	1.5	7.5
4	19	12.5	6.5
5	20.5	11.5	9
6	15	4.5	10.5
7	12.5	2.5	10
Un-named Pocket Beach (By Eden Rock Hotel)			
8	7	0	7
St. Jean Beach			
9	19	9.5	9.5
10	19	9	10
11	14	5	9
12	26	16	10
13	20.5	8.5	12
14	29.5	16.5	13
15	28.5	15.5	13
16	40.5	26.5	14
17	33.5	18.5	15
18	35	17.5	17.5
19	37.5	16.5	21
20	34	19	15
21	24	11	13
22	19.5	10.5	9
23	11	3	8
24	7	0	7

Conclusions

Sediment Budget and Erosion Hotspot Identification

Without a physical monitoring program to periodically survey beach and nearshore profiles, no definitive or quantitative sediment budget can be developed. At this point, only observed sediment pathways and patterns of sand transport may be discussed. Only qualitative data is currently available; however, with future beach width measurements, some rudimentary quantitative shoreline change information would become available.

Figure 1 provides a qualitative description of the current sediment transport patterns during northeast wave activity that is generally associated with winter conditions. There appear to be three erosional hotspots along St. Jean Beach and at least one on Nikki Beach Side.

As discussed in Beach Condition Observation #2 and shown in **Photo 10**, there exists an erosion hotspot to the west of Eden Rock. Storm waves are able to propagate shoreward unbroken between the reef tracks. Beach sediments from this hotspot area are driven both offshore and along shore to the west. During calmer conditions, there is possibly a small reverse filling of the hotspot from the west, but no sediment supply to bring material from the east due to the existence of the headland. There likewise does not appear to be any shoreward driven transport due to the persistent offshore flowing rip current.

Not discussed in the beach observations is a second erosion hotspot located along the vicinity of the airport runway by "Tom Beach Hotel". There is also a gap in the reef tracks offshore from this hotspot. Winter wave activity propagates down the length of the natural channel to cause offshore and longshore sediment transport from the beach profile in this area. There is also an offshore flowing rip current at this location. This erosion hotspot area is not so consistently pronounced as the one by Eden Rock, because there is an abundant sediment supply to the east and west to provide natural recovery. However, beach sediments appear to be transported off the beach at this location and may be transported further offshore if caught up in the channel current passing between the reefs.

A third hotspot exists at the west terminus of St. Jean Beach. Over time, with factors such as sea level rise, repetitive major storms, and disintegration of the protective reefs, the beach sediment volume has slowly been depleted. As the beach sediment volume becomes less, the lateral extent of the beach diminishes. The west end of the beach gradually retreats eastward as a result of the diminishing sediment supply.

The various beach fill projects had a positive influence on the sediment budget of St. Jean Beach. Even the post-storm emergency fill project in 2008 that dredged material inside the reef track provided addition material to the longshore transport system benefitting the beach primarily between Eden Rock and the airport runway. The 2009 nourishment activity likewise benefitted primarily the critically eroded western segment between the airport runway and the west end. The recent nourishment project (2010-2011) has introduced an additional sand between Eden Rock and the airport runway. Longshore transport has carried this material into the western segment of St. Jean Beach, and offshore transport

from the Eden Rock hotspot has provided a material source for the natural accretion at the west end of Nikki Beach Side (largely in front of Nikki Beach Club).

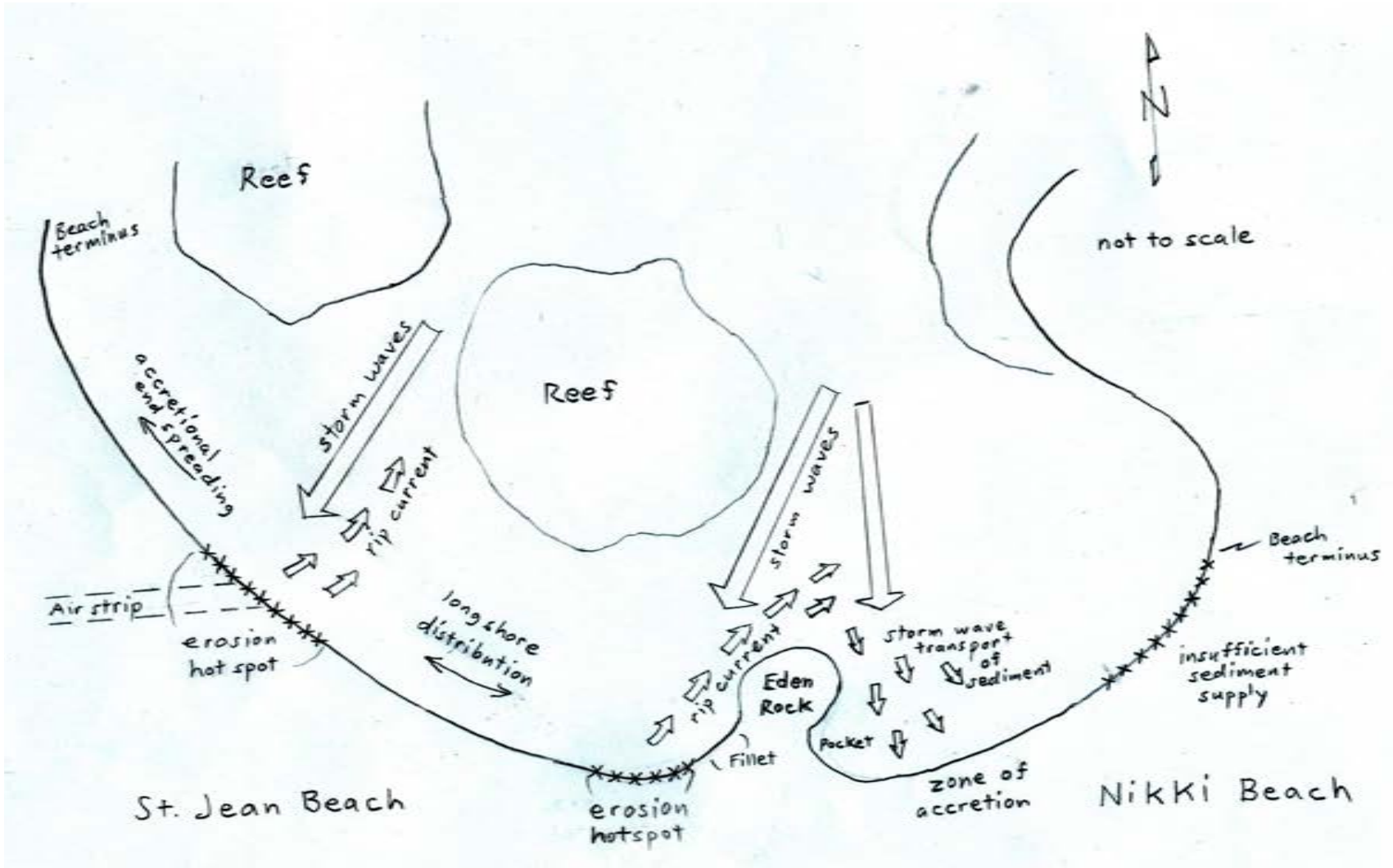
As discussed in Beach Condition Observation #7 and shown in **Photo 15**, there exists an erosion hotspot along the eastern segment of Nikki Beach Side (e.g. Camp David location). Since the 2008 observations, this area has become critically eroded. There appears to be an insufficient sediment supply in this area. As has occurred at the west end of St. Jean Beach, the beach sediment volume has decreased and the lateral extent of the beach has diminished. The east end of Nikki Beach Side gradually retreats westward as a result of the diminishing sediment supply.

In contrast, the western segment of Nikki Beach Side (by Nikki Beach Club) has been accretional. As previously discussed, beach conditions in August 2008 were critical in this area (see **Photos 5** and **6**). During the winter of 2011, the combination of nourishment west of Eden Rock with winter storm wave activity has contributed to the accretion of this area. As discussed in Beach Condition Observations #4 and 6 and shown in **Photos 12** and **14**, there appears to be a sediment transport pathway to bypass Eden Rock from west to east during high wave conditions. It is not known if this process requires the active placement of fill or is simply subject to the available volume of material within the erosion hotspot area west of Eden Rock.

Nourishment Success

The recent beach restoration activity this year has been extremely successful in contributing a substantial quantity of beach quality sediment to both St. Jean Beach and indirectly to Nikki Beach Side. Although beach widths have only been measured following fill placement, and cannot be compared to conditions prior to fill placement, the conditions observed during 2008 and 2011 have been qualitatively compared. There is substantially more beach width for recreation use along all of St. Jean Beach and the western segment of Nikki Beach. The nourishment has directly increased the recreation beaches. In addition, there is also substantial new storm protection from waves and storm tides. All of St. Jean Beach and the western segment of Nikki Beach are in a greatly improved condition over that which existed in 2008. Nikki Beach still remains threatened throughout its length, but the restoration activity to date has not yet specifically targeted this area.

Figure 1. Sketch of sediment transport patterns affecting St. Jean Beach and Nikki Beach.


Reef
Beach terminus
not to scale
N
Reef
accretional end spreading
storm waves
rip current
storm waves
Beach terminus
Air strip
erosion hot spot
long shore distribution
rip current
Eden Rock
storm wave transport of sediment
insufficient sediment supply
Pocket
Fillet
zone of accretion
St. Jean Beach
erosion hotspot
Nikki Beach

Recommendations

Part, but not all of the 2008 recommendations have been conducted. Some of the beach restoration activity, including sand fill placement on St. Jean Beach, has been conducted. In addition, at least one property has planted dune plant material to stabilize the backshore and dune area. As recommended, all nourishment material was obtained from an offshore source seaward of the reef tracks. However, nourishment of Nikki Beach has not been conducted, and shore-wide dune restoration with dune plantings has not been conducted. Given the significant quantity of silt material within the fill area, it is not known what quality control the dredge company employed during construction. The lack of initiative with physical monitoring is another major deficiency at this time. In addition, the reef rebuilding identified as a critical component of the program has so far encompassed mostly privately funded pilot studies.

1. Project Monitoring

The need for physical monitoring cannot be over-stated. With over 100 beach restoration or nourishment projects in Florida, physical monitoring has been critical to the long term success of those projects. A minimum of annual beach profiles should be obtained along St. Jean Beach and Nikki Beach. As with the recent beach width surveys, approximately 24 profiles would be appropriate. Along with annual surveys, profiles should be obtained following an extreme storm event. The profiles should be obtained far enough landward to include any dune or other feature that may be eroded in an extreme coastal storm event. The profiles should at least initially extend offshore to the depth at which storm induced sediment transport will not be expected to cause a significant change in the bathymetry. Subsequent periodic profile surveys may include only the beach portion as might be needed for a more economical post-storm response or a "beach conditions" survey. Upon the establishment of survey markers (even virtual ones tied to a survey control point), the field work for a typical survey along St. Jean Beach and Nikki Beach should easily be conducted in a day.

Following each annual survey, comparative profile data will describe storm erosion events, post-storm recovery, and long term erosion and accretion trends. Beach profile monitoring will also provide an understanding of the performance of the beach restoration project and the effects of the dredging or construction in the coastal zone.

Additionally, annual aerial photography should be obtained as close as practical to the date of ground surveys. Profile data and any additional aerial photography are highly recommended for the effective management of St. Jean Beach and Nikki Beach.

2. Direct Beach Nourishment along Eastern Segment of Nikki Beach

As discussed in Beach Condition Observation #7 and shown in **Photo 15**, there exists an erosion hotspot along the eastern segment of Nikki Beach Side. Since the 2008 observations, this area has become critically eroded, but has not yet received any nourishment. This area should be prioritized for any future nourishment activity. The quality control issues should also be resolved so that less than 5%

silt is transported to the beach. Excessive turbidity in this area may be expected to adversely impact adjacent sea grass beds offshore.

3. Dune Restoration and Plantings for Added Storm Protection

The value of dunes is well documented. Dune restoration and plantings were recommendations in 2008 as supplemental elements for beach restoration. Dunes provide added storm protection from high tides and wave up-rush. Dune vegetation not only stabilizes dunes, it promotes vertical accretion by entrapping aeolian transport (wind-blown sand).

4. Reef Restoration for Stability and Added Storm Protection

Living coral reefs can absorb up to 90% of wave energy, resulting in less beach erosion and less storm damage onshore. As identified in the 2008 reports full scale restoration of reef should be undertaken in order to provide a long-term solution.

5. Post-Storm Assessment after Future Severe Storms

Typically after a hurricane or other extreme storm event, beach communities struggle to deal with the damage and emergency response. Post-storm coastal engineering forensics is necessary to determine the level of damages and modes of failure to coastal construction. With lesser storms that may only cause substantial beach erosion, a post-storm survey of all beach profiles would be appropriate; however, for greater storms that cause damages to seawalls, breakwaters, piers, buildings, and other major structures, it is recommended that an appropriate post-storm damage assessment be conducted by a qualified coastal engineer. This investigation would be directly beneficial to determine the scope and specifics of the damages, and to provide recommendations for post-storm recovery.

6. Feasibility to Dampen Hotspot Erosion West of Eden Rock

The hotspot west of Eden Rock may continue to be an appropriate location for feeder beach nourishment. Periodic fill placement at the hotspot would serve to nourish beaches to the west as well as to the east at Nikki Beach. However, it is highly recommended that a feasibility analysis be conducted for a structural alternative designed to “soften” this erosion hotspot. One structural feature that may have desirable results would be an artificial reef/breakwater located seaward of the hotspot in waters to the north of Eden Rock. However a feasibility analysis would evaluate costs, wave dampening, effects on the rip current, and impact to the sediment budget. Without such an analysis and calculation the potential for creating a greater problem is high.

Acknowledgements

Thanks to Dr Deborah Brosnan, Joan Oltman Shay, and Mr David Graham for collaborations and input.

Vestibulum condimentum velit sit amet leo. Aliquam vulputate lacinia eros. Vestibulum nonummy. Duis velit. Proin justo. Donec nunc sapien, pellentesque sed, posuere nec, pellentesque sed, ligula. Etiam non ante.

EchoGéo

51 | 2020
Territoires « cyclonés »

Changements côtiers et inondations suite au passage d'un ouragan extrême (Irma, 2017) aux Petites Antilles

Tony Rey, Thomas Candela, Matthieu Péroche et Frédéric Leone

Édition électronique
URL : https://journals.openedition.org/echogeo/18666
DOI : 10.4000/echogeo.18666
ISSN : 1963-1197

Éditeur
Pôle de recherche pour l'organisation et la diffusion de l'information géographique (CNRS UMR 8586)

Référence électronique
Tony Rey, Thomas Candela, Matthieu Péroche et Frédéric Leone, « Changements côtiers et inondations suite au passage d'un ouragan extrême (Irma, 2017) aux Petites Antilles », *EchoGéo* [En ligne], 51 | 2020, mis en ligne le 25 avril 2020, consulté le 10 août 2021. URL : http://journals.openedition.org/echogeo/18666 ; DOI : https://doi.org/10.4000/echogeo.18666

Ce document a été généré automatiquement le 10 août 2021.

EchoGéo est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International (CC BY-NC-ND)

Changements côtiers et inondations suite au passage d'un ouragan extrême (Irma, 2017) aux Petites Antilles

Tony Rey, Thomas Candela, Matthieu Péroche et Frédéric Leone

Cette étude s'intègre dans le projet TIREX, coordonnée par F. Leone, financé par l'ANR Ouragans. Les auteurs remercient les partenaires de l'équipe TIREX, les collectivités locales de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy, Monsieur Chalifour responsable du pôle scientifique de la Réserve Naturelle à Saint-Martin et la population pour leur accueil et les témoignages précieux.

Introduction

Les petites îles tropicales sont exposées et vulnérables aux événements extrêmes parmi lesquels les ouragans les plus puissants sont malheureusement connus pour les désastres qu'ils occasionnent (Hoeke *et al.*, 2013 ; Nurse *et al.*, 2014). Les impacts sur les systèmes côtiers sont nombreux et leurs caractéristiques soulèvent encore de nombreuses interrogations malgré des avancées certaines : quelles sont les réponses morpho-dynamiques et sédimentaires des côtes à un forçage météo-marin extrême ? Quelles formes prennent-elles ? Existe-t-il des différences de réactions entre les côtes urbanisées et naturelles ? Les impacts de l'ouragan peuvent-ils créer un point de rupture ou entrainer une bifurcation radicale dans le système côtier ? Des interrogations qui ont donné des résultats prolifiques, et surtout, qui nous éloignent de tout déterminisme et catastrophisme (McInnes *et al.*, 2003 ; De la Torre *et al.*, 2008 ; Canavesio *et al.*, 2014 ; Duvat *et al.*, 2016). Les submersions marines sont une autre conséquence régulière des ouragans (Etienne, 2012 ; Brill *et al.*, 2016 ; Rey *et al.*, 2017), affectant en priorités les zones topographiques basses du littoral et dépassant parfois les digues et les dunes, jusqu'à les rompre (Fritz *et al.*, 2007).

L'évaluation *a posteriori* des effets de l'ouragan Irma a reposé sur une analyse topo-morphologique diachronique sur l'observation des dégâts et le recoupement de témoignages. Les relevés ont été réalisés au mois d'octobre 2017 soit six semaines après l'ouragan puis au mois de mai 2018 (t+ 8 mois). La variété des changements a impliqué une étude systémique, multi-scalaire, à l'échelle de la cellule sédimentaire (Bray *et al.*, 1995) de façon à qualifier les agents géomorphologiques, biophysiques et anthropiques qui interagissent entre eux (Harris *et al.*, 2005 ; Rey, 2017). Les sites d'étude ont été choisis en fonction des dégâts observés après la photo-interprétation des images Pléiades post-cyclones. Nous avons également choisi des sites peu à densément urbanisés de façon à comparer la diversité des réponses morpho-sédimentaires. Les indicateurs choisis ont permis d'estimer : l'extension des inondations et les effets de site, l'influence des aménagements côtiers et des habitations du front de mer, les changements côtiers et la résistance des écosystèmes côtiers. Les inondations ont une genèse et une dynamique qui parfois déroutent, tant la cinétique est éloignée de scénario prédéfinis (Boyett, 2013 ; Torres *et al.*, 2014).

La sous-estimation des effets des ouragans et de leurs conséquences, voire leur méconnaissance pour certains, le manque de préparation et de prévention nous invitent à analyser les évènements extrêmes et leurs impacts.

L'ouragan Irma : contexte et dynamique

Les îles de Saint-Martin (SXM) et de Saint-Barthélemy (SB) sont situées dans la zone cyclonique atlantique entre les latitudes 10° et 19° N., ce qui les expose aux ouragans de juillet à fin octobre. L'ouragan Irma est né au large des côtes africaines le 30 août 2017 (illustration 1a) et a commencé à frapper les îles des Petites Antilles le 6 septembre 2017 (illustrations 1a et 1b). Il est le premier ouragan de catégorie 5 à toucher les Petites Antilles depuis les bases de données de 1851 (illustration 1b). Irma s'inscrit dans une saison cyclonique chargée sur le bassin Atlantique Nord/Caraïbes. Une saison précoce, avec la tempête Arlène qui s'est formée le 19 avril, une saison extrêmement active avec à la fin du mois d'août le premier ouragan Harvey classé 4 sur l'échelle Simpson-Saffir, puis Irma (cat. 5), José (cat. 4) et Maria (cat. 5). Ces trois ouragans font partie des 25 ouragans les plus puissants de l'histoire du bassin Atlantique Nord. Irma devient aussi le deuxième ouragan le plus intense de l'histoire (indice ACE de 66.6)[1] juste derrière l'ouragan Ivan en 2004 (70.4). Enfin, Irma fait aussi partie des cinq plus puissants ouragans observés dans l'atlantique tropical depuis les années 1950 (K. Hoarau, communication orale)[2].

À Saint-Martin, les vents moyens ont soufflé à plus de 290-295 km/h et une rafale a été enregistrée à 317 km/h (Météo France). Selon les données du marégraphe à Marigot (SXM), nous estimons la surcote marine autour de 2,8 m. À l'approche du rivage, les vagues ont gonflé et ont déferlé avec violence. Les dommages ont été exceptionnels (illustration 1c). Vents et vagues ont causé des dommages considérables aux habitations, automobiles, réseaux électriques, téléphoniques. 95 % des structures de Saint-Martin ont été endommagées ou détruites (Gustin, 2017). Onze personnes y ont perdu la vie et quatre dans la partie néerlandaise à Sint Maarten.

Illustration 1a - Trajectoire et intensités de l'ouragan Irma du 30 août au 9 septembre 2017

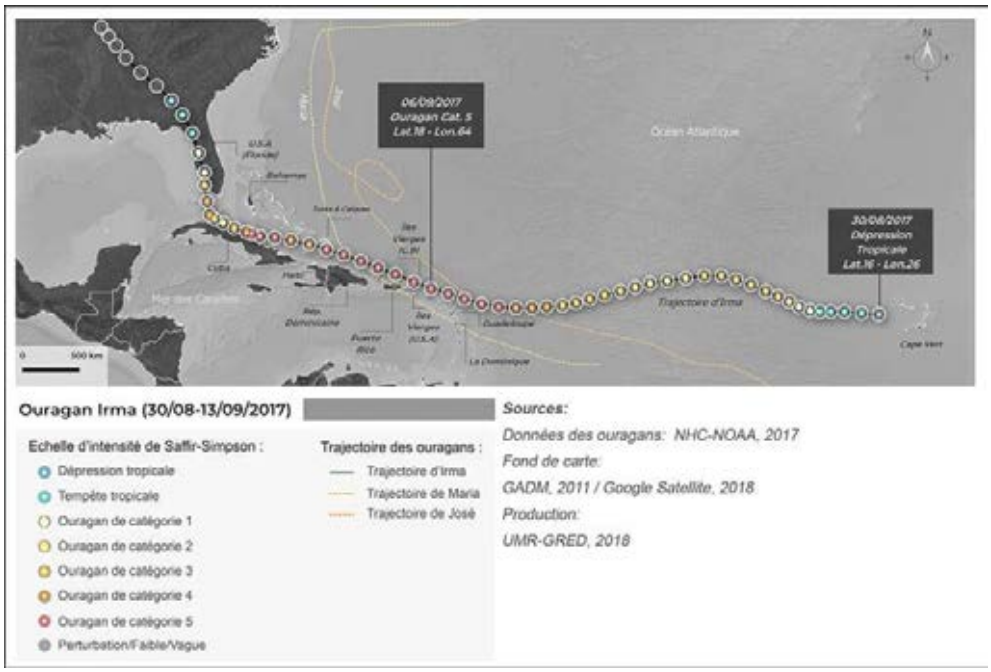


Illustration 1b - Dommages et intensités de l'ouragan Irma en Mer des Caraïbes

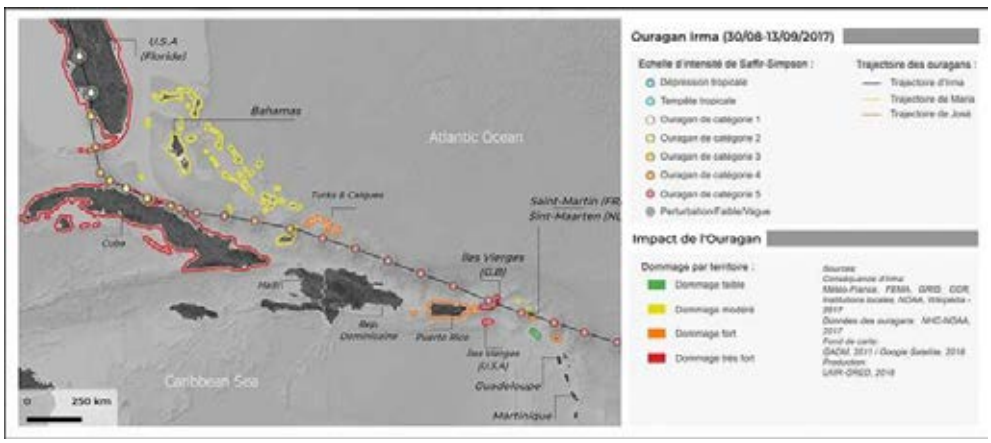
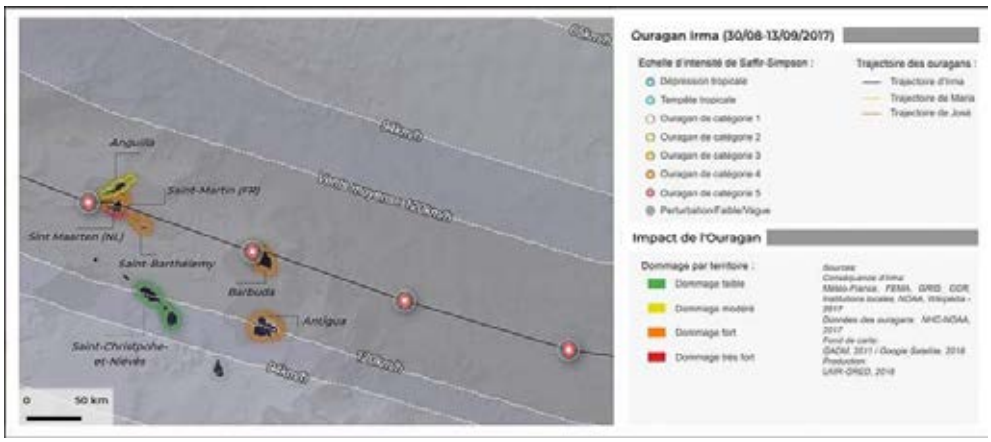


Illustration 1c - Dommages et intensités de l'ouragan Irma à l'échelle des îles de St Martin et St Barthélemy



Après la traversée de Saint-Martin et Saint-Barthélemy, l'ouragan Irma a poursuivi sa route en direction d'Anguilla, des îles Vierges Britanniques, de Porto-Rico, de la République Dominicaine, d'Haïti, de Cuba, puis a été rétrogradé en tempête tropicale au moment de toucher la côte ouest de Floride.

Sites d'étude

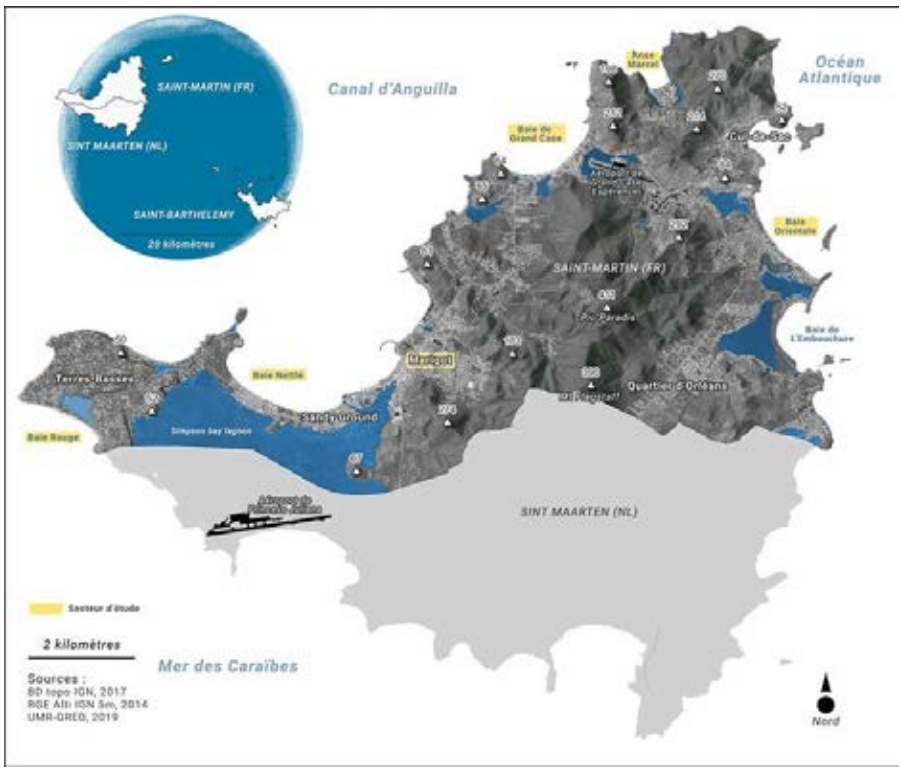
L'île de Saint-Martin (illustration 2), située entre la mer des Caraïbes et l'océan Atlantique, est une petite île découpée en deux entités politiques avec d'un côté Sint Maarten pour les Pays-Bas et Saint-Martin pour la France, d'environ 90 km^2 (dont 50 pour la partie française). Depuis le début des années 1980, l'île a connu une croissance démographique rapide. La population était estimée à plus de 73 000 habitants en 2015[3] alors qu'elle comptait moins de 22 000 habitants en 1982[4]. La population française s'élevait à 35 941 personnes en 2014 contre 8 072 habitants en 1982.

Depuis plusieurs décennies, la pression démographique s'amplifie sur l'espace littoral de Saint-Martin. Plusieurs quartiers ont émergé en dehors de toute maitrise foncière, sans souci ou sans possibilité financière de respecter les règles de construction. Une croissance urbaine qui va de pair avec une exposition toujours plus accrue des populations aux aléas météo-marins. En plus de cette exposition, s'ajoutent des vulnérabilités sociales, économiques et politiques aux origines profondes et anciennes (Duvat, 2008).

Saint-Martin possède une topographie variée, composées de collines, de vallées sèches, de plaines côtières. Les points hauts plafonnent à 424 m avec le Pic Paradis et le mont Caréta à 401 m. La presqu'île des Terres Basses est reliée à l'île de Saint-Martin par deux lidos qui enserrent la lagune de Simpson Bay. Les lidos sont aujourd'hui urbanisés par les quartiers Sandy Ground, Nettlé et l'aéroport international de Juliana. Le littoral a une morphologie et une topographie irrégulière. Il est découpé par des côtes rocheuses qui occupent les deux tiers de l'île, le reste étant caractérisé par des plages de fond de baie. La végétation côtière est surtout représentée par la mangrove en plus de quelques espèces tropicales comme *Coccoloba uvifera* (le raisinier des plages), *Sesuvium portulacastrum* et des espèces introduites comme *Scaevola taccada*. Les fonds marins autour de l'île sont formés d'une plate-forme rocheuse. La profondeur maximale n'excède pas 30 m ce qui laisse supposer une possible mobilisation des sédiments vers

l'avant-côte et les plages par les courants pendant les tempêtes (Héquette, 2001). Ces fonds abritent des peuplements coralliens qui se concentrent surtout au nord-est de l'île.

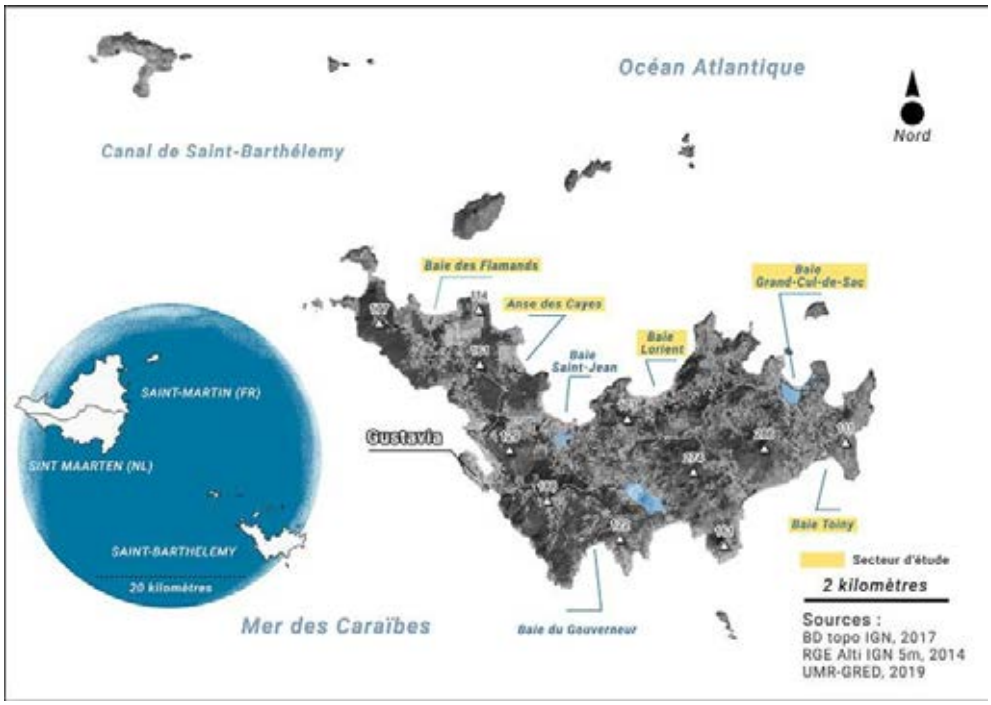
Illustration 2 - Localisation des sites d'étude à Saint-Martin



L'île de Saint-Barthélemy est principalement composée de dépôts volcaniques sous-marins recouverts par des calcaires d'âge éocène (Christman, 1953). L'île aride s'étend sur 25 km^2 et forme un V ouvert vers le nord (illustration 3).

La population est estimée à 9 625 habitants avec une densité moyenne de 458 hab/km^2 (INEDOM, 2018). Elle se concentre sur la frange côtière et s'étire vers l'intérieur des terres et des mornes en fonction de la topographie et des réseaux routiers. Les côtes rocheuses au sud-est restent préservées de l'urbanisation continue. Les mornes aux pentes raides n'atteignent pas plus de 300 m (point culminant à 286 m au Morne Vitet). Les plaines littorales sont petites, elles comportent quelques dépressions lagunaires qui, dans le passé, ont pu être transformées en marais salants (Grande Saline). Les plages sableuses occupent les échancrures et s'étirent au fond des baies. Les plus longues plages se situent au nord à anse Flamands (0,7 km) et anse des Cayes (0,6 km) et à l'ouest [anses Lorient (1 km), anse Grand Cul-de-Sac (1,1 km)] tandis que celles situées au sud sur la côte-au-vent sont plus petites et composées de matériaux plus hétérogènes et grossiers [plage Toiny (0,5 km), anse du Gouverneur (0,3 km)]. Certaines d'entre-elles bénéficient de la protection de récifs coralliens (les cayes). Les mangroves sont clairsemées autour des lagunes (Grand Étang, Grande Saline, Saint Jean) et à la marge des plages bien abritées telles que Grand Cul-de-Sac.

Illustration 3 - Localisation des sites d'étude à Saint-Barthélemy



Les vents et les vagues dominants à Saint-Martin et Saint-Barthélemy sont de direction est-nord-est et sud-est. Les hauteurs de vagues avoisinent 1 à 2 m avec des périodes courtes de 4 à 6 secondes. Ces îles sont aussi exposées aux houles en provenance du nord-nord-est avec des périodes supérieures à 10 secondes et des hauteurs de vagues significatives supérieures à 2 m (Reguero *et al.*, 2013). Les côtes sont microtidales (marnage autour de 30 cm) avec une marée mixte et une composante diurne prononcée.

Méthodes et outils

Plusieurs indicateurs topo-morphologiques, sédimentaires et anthropiques ont été évalués pour déterminer les impacts de l'ouragan Irma. Le choix des indicateurs a permis une évaluation de l'extension spatiale des inondations et des hauteurs d'eau et d'identifier les interactions entre les structures côtières, les habitations en front de mer et les écosystèmes côtiers. Les sites ont été choisis en fonction du degré d'urbanisation de façon à comparer la diversité des réponses morpho-sédimentaires. Les caractéristiques des indicateurs sont présentées par site d'étude dans le tableau 1.

Évaluation des changements côtiers

L'analyse des effets de l'ouragan Irma (submersion marine, changements côtiers, dommages) s'est appuyée sur l'utilisation d'images Pléiades, de résolution 50 cm (CNES/ Airbus©) pour le mois de septembre 2017, et des images plus anciennes prises par WorldView-2, de résolution 50 cm (Digital Globe Inc.©) datant de février 2017. Nous avons également produit des vidéos et des photographies des côtes post-Irma grâce à l'utilisation d'un aéronef télépiloté Phantom 4 Pro de la marque DJI, possédant une résolution photographique de 20 mégapixels. Ces images nous ont permis d'identifier les impacts géomorphologiques de l'ouragan Irma. Pour chaque site, nous avons

cartographié les formes d'accumulation biodétritiques tels que les *washover*, localisé et mesuré les blocs coralliens déplacés et/ou projetés, nous avons également analysé les formes d'ablation telles que les falaises d'érosion. L'analyse géomorphologique de l'ouragan a intégré les dommages côtiers liés à l'action mécanique des vagues et aux projections de matériaux (tableau 1).

Enfin, les témoignages ont été très utiles car les personnes vivant sur ces espaces côtiers ont partagé leur vécu de l'événement (durée, œil du cyclone, perception...) et leur connaissance des côtes. Ils nous ont décrit un paysage côtier parfois très différent de ce qu'ils connaissaient avant l'ouragan. En outre, les échanges témoignent d'une bonne connaissance du phénomène cyclonique et des comportements à adapter (Terry, 2010).

Évaluation des inondations

Les inondations aux causes polygéniques (submersions marines, surcotes des lagunes, ruissellements pluviaux) ont rendu difficiles la reconstitution de l'événement. L'étendue des inondations, les traces morpho-sédimentaires, les mesures *in situ* de la hauteur maximale du jet de rive et les dommages ont été utilisées pour cartographier et mesurer les niveaux d'eau extrêmes. Ces indicateurs ont permis de mieux cerner les causes des inondations (submersion marine, débordement des lagunes, ruissellement pluvial) (Morton et Sallenger, 2003 ; Wang et Horwitz, 2007 ; Etienne et Terry, 2012).

Évaluation des écosystèmes côtiers

L'analyse de la végétation repose sur le type d'espèces (introduites et indigènes) et l'état de dégradation : racines exhumées, végétation brulée par le sel, cocotiers décapités, palétuviers couchés... Elle permet de se questionner sur l'impact des espèces végétales sur les vagues cycloniques et de qualifier leur rôle dans les changements côtiers, le piégeage des matériaux naturels et des détritus. Nous n'avons pas eu la possibilité de mesurer directement les effets des récifs coralliens reconnus pour leur influence sur l'énergie des vagues (Ferrario *et al.*, 2014 ; Monismith *et al.*, 2015; Jeanson *et al.*, 2016 ; Rogers *et al.*, 2016 ; Storlazzi *et al.*, 2019). Néanmoins, la variabilité des niveaux d'eau observés sur les sites (surcote, jet de rive) révèle l'influence du platier récifal sur les hauteurs de vagues. Par ailleurs, le platier récifal a constitué une source importante de matériaux coralliens mobilisables par les vagues cycloniques. En effet, nous avons observé les conséquences morphologiques des transferts sédimentaires du platier vers la plage et au-delà, spécialement le long des côtes peu ou non urbanisées. Cette dynamique de transfert de sédiments constitue dès le passage de l'événement extrême une première forme d'ajustement et de résilience côtière.

Résultats et discussions

Sur les îles de Saint-Martin et Saint-Barthélemy, la règlementation en matière d'urbanisme est mise à mal depuis plusieurs décennies. L'attractivité du littoral se traduit par l'installation de complexes hôteliers et de propriétés privées qui ont mis en place des systèmes de protection lourds tels que des enrochements sur le front de mer, des épis et des murs, sans qu'il y ait toujours eu une concertation avec les autorités

locales lors de leur mise en place. Il en résulte une grande variété de situations autant du point de vue des inondations que des changements côtiers (tableau 1).

Tableau 1 - Évaluation des impacts de l'ouragan Irma sur les côtes de Saint-Martin et Saint-Barthélemy

Sites d'étude	Caractéristiques générales des côtes basses	Erosion côtière, transfert de sédiments et accrétion		Surcote / Hauteur maximale du jet de rive	Dommages côtiers et inondations
		Ablation	Accrétion		
Baie Rouge SXM	Plage et dune (hauteur ~3m) Platier rocheux Etang Maisons côtières	Erosion de la plage et des dunes Beachrock exhumé Affouillement pied des bâtiments: 1-1,2 m	Nombreux washover (dépôts dans l'étang) Transport de blocs coralliens hétérométriques (max 108 kg) et de sables Déplacement de dalles du platier sur la plage	Hmax : 3 m Hmax : 6-8 m sur les caps rocheux	Inondations des maisons au bord de mer Murs effondrés Affouillement vertical et déplacement des enrochements Dégradation des fondations
Baie Nettlé SXM	Côte à lido Front de mer urbanisé (habitations et hôtels)	Erosion des plages sableuses Falaise d'érosion dunaire (> 40 cm) Beachrock exhumé	Transfert de sédiment vers le haut de plage Transport de blocs coralliens hétérométriques (max 300 kg) Dalles du platier cassées et arrachées du récif	Surcote : 3-4 m Hmax : 6 m Hmax : 6-8 m sur les caps rocheux	Maisons et hôtels endommagés ou détruits Affouillement des digues Déplacement des enrochements Cocotiers décapités
Marigot SXM	Absence de plages Front de mer urbanisé		Transport de blocs coralliens hétérométriques et sables sur la route	Surcote ~2 m Hmax : 4 m	Fronts de mer inondés Digues endommagées Déplacement des enrochements
Baie Orientale SXM	Plage de fond de baie Lagune et mangrove Côte urbanisée	Erosion des plages sableuses	Accrétion sur le haut de plage (formation de dunes) Transport de blocs coralliens hétérométriques Mangrove :obstacle mécanique, piégeage de sédiments et de détritus	Surcote : 3 m Hmax : 5 m Hmax : 9-10 m sur les caps rocheux	Maisons et hôtels endommagés ou détruits Déplacement des enrochements Cocotiers déracinés Salinisation de la mangrove (forte mortalité) Végétation couchée
Grand-Case SXM	Plage urbaine Front de mer urbanisé	Forte érosion de la plage Affouillement au pied des bâtiments : 50 cm	Accumulation de sables dans les aires urbaines Transport de blocs de corail	Surcote : 3 m Hmax : 5-6 m	Murs effondrés Dégradation des fondations Front de mer endommagé
Anse Marcel SXM	Plage de fond de baie Petite Mangrove Cocotiers Complexes touristiques et habitations	Erosion des plages sableuses	Faible transfert de sables	Surcote : 3 m Hmax : 3 m	Maisons et hôtels endommagés ou détruits Salinisation de la mangrove (forte mortalité) Cocotiers décapités
Anse Lorient SB	Côte à lido Platier rocheux Front de mer urbanisé (habitations et hôtels)	Falaise d'érosion dunaire > 50 cm	Nombreux washover dans les espaces non urbanisés Projection de blocs de corail sur les plages	Surcote : 2 m Hmax : 3 m et plus sur les caps rocheux	Maisons et hôtels endommagés et inondés Murs effondrés Dégradation des fondations
Anse des Cayes SB	Plage sableuse et de blocs coralliens Front de mer urbanisé (habitations et hôtels)	Falaise d'érosion dunaire > 50 cm- 1 m Beachrock exhumé	Transfert de sédiments sur le haut de plage Transport de blocs coralliens hétérométriques	Surcote : 2-2,5 m Hmax : 3 - 4 m	Maisons et hôtels endommagés Dégradation des fondations Déplacement des enrochements Cocotiers décapités
Anse Grand Cul de Sac SB	Barrière récifal Lagune connectée à la mer Lido urb anisé (statio n touristique)	Erosion des plages Beachrock exhumé	Déplacement de dalles du platier sur la plage (10-20 cm) Accumulation of débris coralliens Blocs coralliens piégés par la mangrove	Surcote : 3 m Hmax < 5 m	Maisons et hôtels endommagés et inondés Murs effondrés Dégradation des fondations Déplacement des enrochements Végétation couchée Salinisation de la mangrove (Forte mortalité)
Baie Flamands SB	Plage de fond de baie Lido urbanisé (station touristique)	Erosion de la plage entre les bâtiments (300 à 800m3) Falaise d'érosion dunaire > 1.7m max Beachrock exhumé	Transport de blocs coralliens (max 50 kg)	Surcote : 3 m Hmax : 5 m sur les plages Hmax : 8-10 m sur les caps rocheux	Bâtiments (resorts) endommagés Murs effondrés Dégradation des fondations Déracinement des cocotiers
Anse Toiny SB	Lido sableux Etang bordé d'une mangrove	Falaise d'érosion dunaire > 50cm	Nombreux washover Formation d'un cordon non consolidé de blocs de corail Transport de gros blocs coralliens hétérométriques (max 230 kg) Mangrove :obstacle mécanique, piégeage de sédiments et de détritus	Surcote : 2,5-3 m Hmax > 4 m sur les plages Hmax >6 m sur les caps rocheux	Déracinement des Pandanus et cocotiers Végétation couchée

Des inondations polygéniques

Dans les points bas du littoral, les vents puissants de l'ouragan Irma ont entrainé une submersion marine, des ruptures des cordons et des surverses par-dessus les digues et les ouvrages de protection côtière. L'ouragan a déclenché des pluies diluviennes (plus de 150 mm en six heures) contribuant alors au ruissellement pluvial.

Les différences de niveaux d'eau observés sur les sites étudiés s'expliquent par les caractéristiques de l'ouragan (direction des vents et des vagues, intensité...), des caractéristiques topo-morphologiques des côtes et des écosystèmes côtiers, auxquels s'ajoutent des facteurs anthropiques susceptibles d'expliquer la variabilité des hauteurs d'eau observée sur les fronts de mer et plus à l'intérieur des terres. En accord avec Duvat *et al.* (2019) et Pillet *et al.* (2019), nos relevés soulignent une exposition accrue des côtes orientales de Saint-Martin et des côtes septentrionales de Saint-Barthélemy. Sur

ces côtes basses, nous avons estimé la surcote à plus de 3 m. Le déferlement des vagues s'est ajouté aux impacts de la surcote. Les hauteurs les plus importantes ont été mesurées sur les fronts de mer densément urbanisés comme à Grand Case (SXM) ou Baie Flamands (SB). Les bâtiments côtiers ont formé un « mur de béton » sur lequel les vagues sont venues se briser. Dans la partie occidentale de Grand Case, le *run-up* des vagues a dépassé les 6 m de hauteur (illustration 4).

Illustration 4 - Inondations polygéniques sur une côte urbanisée : l'exemple de Grand Case

Fond cartographique : images drone, UMR GRED, 2017.

La projection de matériaux et l'effet de réflexion des vagues ont provoqué des dégâts extrêmement importants aux infrastructures, tels que la mise à nue de fondation (illustration 5a), l'effondrement de murs et de maisons, murs effondrés, baies vitrées brisées (illustrations 5b et 5c). Les vagues les plus hautes ont été estimées dans les zones urbaines en raison du déferlement des vagues sur les bâtiments situés en bord de mer et d'autres processus telles que les vagues infragravitaires (Krien *et al.*, 2018).

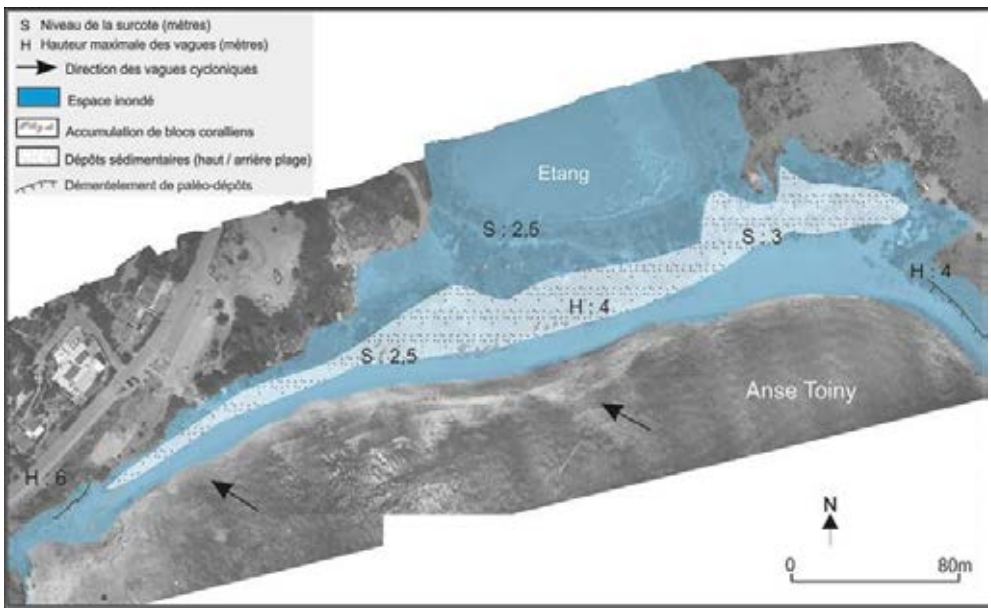
Illustration 5a - Impacts de l'ouragan Irma sur les bâtiments et les infrastructures côtières : affouillement des fondations

Illustration 5b - Impacts de l'ouragan Irma sur les bâtiments et les infrastructures côtières : murs effondrés sous l'effet de l'érosion verticale

Illustration 5c - Impacts de l'ouragan Irma sur les bâtiments et les infrastructures côtières : inondations des habitations et endommagement des murs, sol, système électrique…

Les inondations les plus importantes se sont produites dans les points bas du littoral, sans grands obstacles topographiques, et où les crêtes dunaires n'excédaient pas 1,5 m. L'extension maximale de l'inondation a été mesurée sur les lidos de Nettlé et Baie Orientale, rejoignant les lagunes en arrière (illustration 6). La végétation, notamment la mangrove, n'a pas atténué les hauteurs de vagues. La largeur et la densité de la mangrove n'étaient pas suffisantes pour avoir un effet sur l'atténuation de l'énergie des vagues, en revanche, la végétation a eu un rôle de filtre sur les blocs et les déchets (*infra*).

Illustration 6 - Submersion marine dans un espace faiblement urbanisé : l'exemple de Toiny



Fond cartographique : images drone, UMR GRED, 2017.

Les fronts de mer urbanisés (habitations, murs) ont probablement limité la submersion marine, en revanche l'imperméabilisation des sols a accru les inondations par

ruissellement pluvial (ex : Gustavia SB, Marigot SXM). L'ouragan Irma s'est accompagné de pluies diluviennes. Selon les données de Météo-France, les précipitations totales ont dépassé 150 mm en six heures. De telles intensités ont provoqué des inondations importantes dans les zones urbaines, déjà touchées dans les zones côtières par la submersion marine. Les niveaux d'eau ont été plus élevés dans les ruelles, les impasses, et dans les habitations et les résidences clôturées par des murets (hôtel Mercure à Nettlé). Les inondations ont alors eu une cinétique complexe (submersion marine, pluie et ruissellement, débordement des lagunes), difficilement prévisible en raison des obstacles et du « contrôle » du bâti sur les écoulements (dont la vitesse).

Des changements côtiers rapides

Les analyses de terrain mettent en évidence des transferts sédimentaires distincts en fonction du degré d'artificialisation des côtes. Les changements ont été rapides, pour certains transitoires et éphémères.

Des situations transitoires et éphémères ?

Les côtes urbanisées ont été sensibles aux impacts de l'ouragan et ont montré une forte réactivité. Au cours de l'ouragan Irma, les vagues se sont brisées sur les murs de défense, les façades de bâtiments et sur les enrochements transversaux et longitudinaux de protection.

Dans le cas des fronts urbains quasi-continus tels que Grand Case (SXM), Baie Nettlé et Baie Flamands (SB), la ligne du rivage n'a pas évolué alors que la plage a subi une ablation latérale et verticale sévère sous l'effet de la réflexion des vagues. L'érosion a généré une diversité de dégâts : chute de mur, sapement de fondation, rupture de conduite d'eau... Les ouvrages de protection n'ont pas limité l'érosion des plages et leur structure n'a pas toujours résisté à la puissance des vagues cycloniques. Par exemple, les plages équipées de Nettlé (surtout des brise-lames et quelques murs de protection) ont reculé de 15 m de part et d'autre des ouvrages. Les habitations situées en première ligne du front de mer ont été lourdement endommagées par le déferlement des vagues, l'inondation marine et les projections de divers matériaux (blocs, palmiers...). Les éléments les plus endommagés par l'action de l'eau ont été les façades, ouvertures de fenêtres, portes et les équipements à l'intérieur des habitations. Des méga blocs d'enrochements pesant plus d'une tonne ont été déplacés par la mer en direction du haut de plage et se sont retrouvés piégés dans des habitations (illustrations 7a et 7b), ou posés sur les routes côtières (Marigot, Baie Orientale). Nous avons pu observer l'importance des transferts de sables qui ont ensablés les rez-de-chaussée de logements (volumes de 1 à 2 m^3) (illustration 7c).

Illustration 7a - Matériaux transportés par les vagues cycloniques : exemple d'endommagement des habitations situées sur le front de mer

Illustration 7b - Matériaux transportés par les vagues cycloniques : enrochements déplacés par les vagues cycloniques

Illustration 7c - Matériaux transportés par les vagues cycloniques : ensablement des rez-de-chaussée des bâtiments situés sur le font de mer

Sur les côtes peu artificialisées et possédant une zone tampon suffisamment large, la forme d'ablation la plus commune reste la falaise d'érosion à l'interface plage/dune. Elle dessine une ligne plus ou moins continue en fonction des obstacles rencontrés par les vagues (végétations, propriétés, route...). Là où la zone tampon était supérieure à 20 m, nous avons pu observer une limite avec d'un côté, l'érosion côtière, et de l'autre des accumulations sédimentaires. Cette limite traduit d'une part le déplacement de la zone de *swash* vers le haut de plage, et d'autre part, un seuil énergétique située autour de 20 m à partir du rivage soit à environ à 1m NGF. Nous avons pu observer et mesurer de nombreux blocs coralliens témoignant de ce seuil énergétique notamment à Baie Nettlé. Les blocs ont été transportés à 29 m du rivage, leur taille moyenne est de 45*42*7 cm pour un poids équivalant à 15,6 kg mais l'énergie des vagues a aussi permis le déplacement de blocs plus importants tels qu'une dalle arrachée du platier, située à 35 m du rivage et pesant près de 240 kg selon les mesures effectuées. Hormis certaines situations liées à la topographie de la plage et à la morphologie des blocs et des dalles, on remarque que plus la distance au rivage augmente plus la taille des blocs diminue.

Le trait de côte des plages les moins urbanisées a généralement reculé. Par exemple, à Toiny la plage a reculé d'environ 15 m, à Baie Orientale le recul a atteint plus de 50 m. Cependant, ce qu'il faut ici mettre en avant, ce sont les transferts sédimentaires de l'avant-côte vers le haut et l'arrière plage. Les transferts de sédiments (surverse, brèche marine...) ont donné naissance à une large gamme de *washover* (Donnely *et al.*, 2006) parfois bien individualisés (illustration 8, Baie Rouge), plus ou moins superposés et jointifs (Toiny) et d'autres plus étalés (Baie Orientale). Ils se composent principalement de sables bio-détritiques. Les plus nombreux *washover* ont été observés sur les plages peu urbanisées qui, peu contrariés par la topographie, ont pu s'étirer sur la plaine côtière, remplissant les lagunes et ensablant les routes et habitations (illustrations 8b et 8c). Le plus imposant est probablement celui qui s'est formé sur le lido à Nettlé (13000 m²). Leur présence révèle l'importance des transferts sédimentaires de l'avant-côte vers l'intérieur des terres (illustration 8a). Ces transferts constituent un processus d'ajustement de la côte à un forçage paroxystique, et à moyen terme, ils participent au processus de récupération des plages.

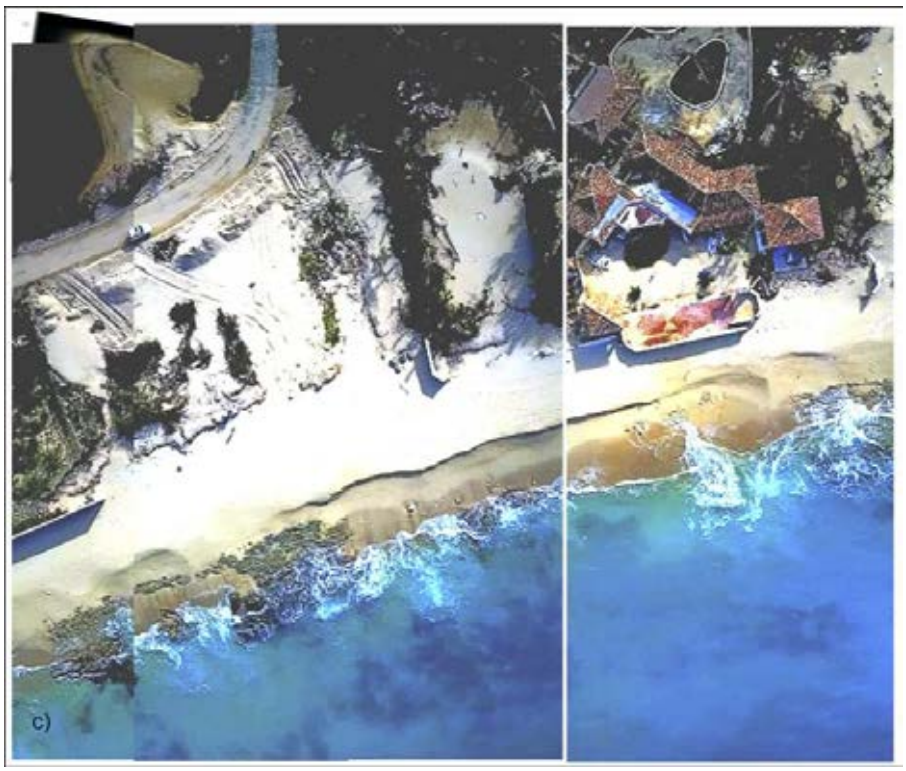
Illustration 8a - Impacts morphologiques de l'ouragan Irma à Baie Rouge (St Martin) : formation de washover et dommages sur les murs de clôture

Trait continu noir : murs en place ; trait en tirets noir : murs effondrés

Illustration 8b - Impacts morphologiques de l'ouragan Irma à Baie Rouge (St Martin) : transfert de sables depuis le bas de plage.

Blocs projetés et dalles démantelées.

Illustration 8c - Impacts morphologiques de l'ouragan Irma à Baie Rouge (St Martin) : effondrement des murs de clôture et formation d'un washover jusqu'à Red Pond



Source : images drone, UMR GRED, 2017.

Illustration 8d - Impacts morphologiques de l'ouragan Irma à Baie Rouge (St Martin) : dommages caractéristiques des vagues cycloniques sur les infrastructures et habitations côtières

L'ouragan Irma a aussi conduit à l'exhumation des dalles de *beachrocks*, ce qui témoigne d'un changement ponctuel de l'équilibre morpho-dynamique de la côte sableuse. À moyen et long terme, l'exhumation systématique des beachrocks traduira une tendance d'érosion (illustration 9).

Illustration 9 - Dalles de beachrock affleurantes et démantelées

Transport et dépôts de blocs coralliens par l'ouragan Irma

L'énergie des vagues a permis le transport d'importantes quantités de matériaux inertes (squelettes, blocs, conglomérats sablo-coquillers) du platier récifal vers les plages. Les vagues cycloniques ont aussi mobilisé des matériaux déjà présents sur les plages. Ils se distinguent souvent par leur couleur plus sombre par rapport aux dépôts fraichement transportés. Les blocs sont posés les uns sur les autres. Bien triés et disposés en tuilage face aux houles incidentes, ces amas de matériaux coralliens forment des épandages de blocs (illustration 10a) et des cordons non consolidés, plus ou moins continus, avec une crête bien individualisée parallèle au trait de côte (illustration 10b). La pente dirigée vers la mer révèle une topographie en marches d'escalier, avec une pente abrupte et plutôt concave (Kelletat et Schellmann, 2002). Ces dépôts ne s'observent que sur les côtes peu artificialisées, là où les processus morpho-sédimentaires ne sont pas contrariés par les aménagements côtiers et l'urbanisation du front de mer. En fonction de la végétation présente, les processus physico-chimiques favoriseront la lithification des matériaux bio-détritiques et leur consolidation.

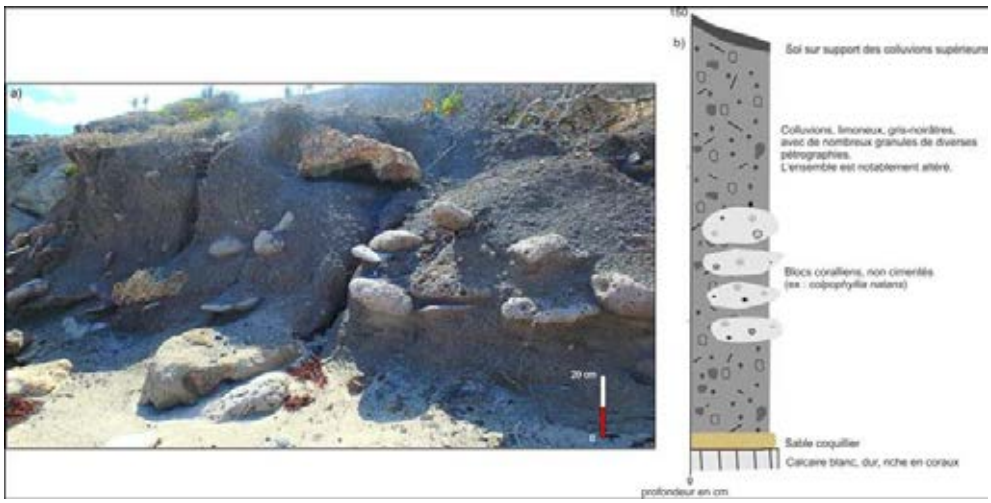
Illustration 10a - Mise en place de dépôts de haute énergie (Irma, 2017) : épandage de blocs coralliens

Illustration 10b - Mise en place de dépôts de haute énergie (Irma, 2017) : Exhaussement du cordon de galets

Ce type de dépôts cycloniques est assez rare à Saint-Barthélemy et St Martin, ce qui suppose une préservation délicate probablement en raison des remaniements lors

d'évènements postérieurs. Toutefois, lors de nos analyses sur la plage de Toiny (SB), un talus entaillé par les vagues a délivré une stratigraphie complexe dans laquelle plusieurs faciès de dépôts continentaux et marins s'inscrivent (illustration 11a).

Illustration 11 - Paléo-dépôt de haute énergie entaillé par l'érosion côtière (plage de Toiny, Saint-Barthélemy)



a) Photographie de la coupe sédimentaire. b) Log litho-stratigraphique simplifié

Comme illustré sur l'illustration 11b, la base de la coupe sédimentaire se caractérise par une formation constituée d'un calcaire riche en coraux typique des plateformes d'avant-côte. Sur cette formation repose une fine couche de sables fins coquilliers. Sur celle-ci, se sont déposés des colluvions qui proviennent du talus qui se raccorde au morne Vitet. La formation colluviale est altérée. Elle contient de gros blocs coralliens (4000 à 6000 cm^3) émoussés, non cimentés, plus ou moins organisés sous forme de tuilage. Ce faciès s'apparente à celui des cordons formés par un ou plusieurs évènements météo-marins paroxystiques (Scheffers *et al.*, 2009) mais il est exceptionnel d'en observer d'aussi bien préservés.

Le rôle de la végétation

Quelles que soient les espèces, la végétation côtière a été très endommagée par la mer et le vent. Les dommages prennent plusieurs formes en fonction des espèces et de l'agent destructeur : végétation couchée, déracinement total ou partiel, tronc plié ou rompu, décapitation des cocotiers, sursalure de la végétation (Tate et Battaglia, 2013**)**. En arrière du front de végétation côtière très dégradé, certaines espèces indigènes ont mieux résisté tels que *Coccoloba uvifera* (le raisinier bord de mer) et certains palétuviers comme *Laguncularia racemosa* et *Conocarpus erectus* contrairement à *Avicennia germinans* et *Rhizophora mangle* qui accusent un fort taux de mortalité (Conservatoire du Littoral, 2018). Néanmoins, les espèces les plus résistantes ont bloqué les débris (tôles, bois...) et piégé les matériaux biodétritiques (illustrations 12a et 12b).

Illustration 12a - Accumulation de débris et de blocs coralliens sous l'effet de l'ouragan Irma : sable et blocs coralliens piégés par la végétation côtière

Illustration 12b - Accumulation de débris et de blocs coralliens sous l'effet de l'ouragan Irma : amas de blocs non consolidés disposés en tuilage

Cette fonction de filtre a probablement réduit les dommages sur les zones urbaines. Il ne fait aucun doute que ces espèces indigènes favorisent également la résilience des plages (Griggs *et al.*, 2017). Le constat est différent pour les espèces introduites dont la résistance est faible (Petit et Prudent, 2008). Quasiment tous les cocotiers et palmiers ont été arrachés ou décapités.

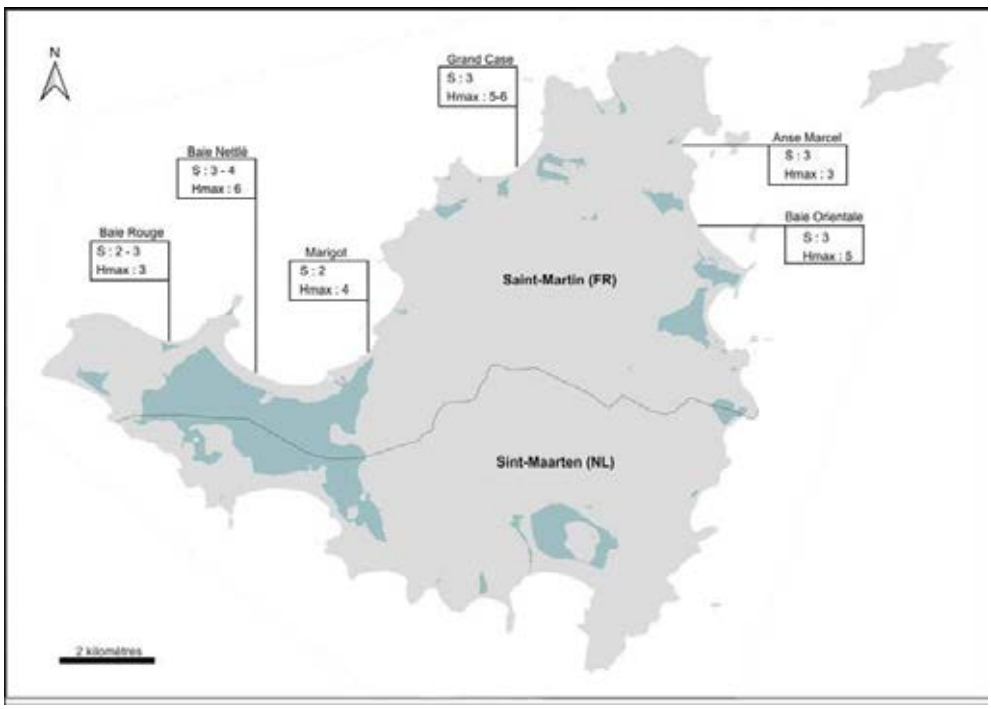
Conclusion

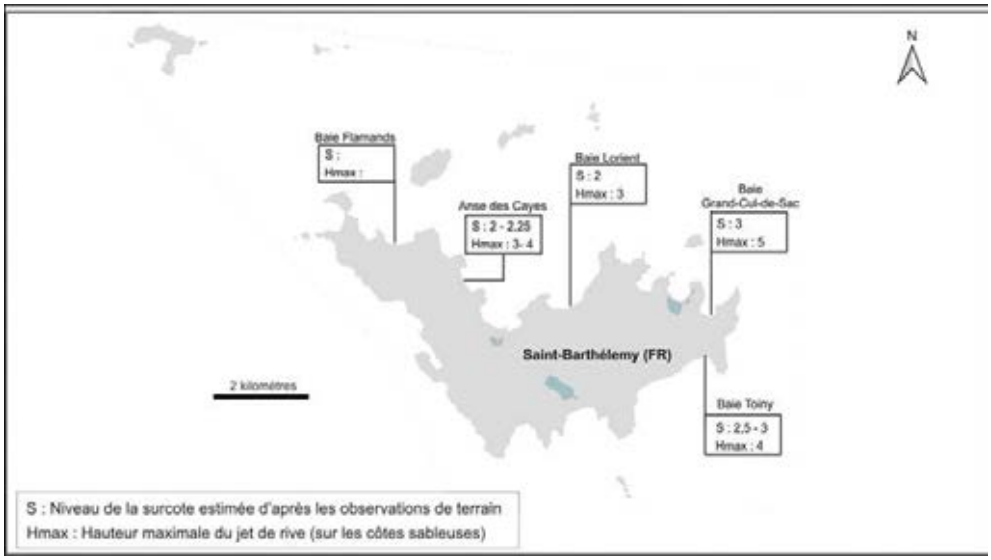
Les effets d'Irma sur les systèmes côtiers de Saint-Martin et Saint-Barthélemy sont conditionnés par les capacités de résistance et d'ajustement des plages, lesquelles diffèrent en fonction du degré de pressions exercées par les hommes sur les côtes. Les observations géomorphologiques ont révélé des niveaux d'eau extrêmes variés le long

des côtes (illustration 13). Ceux-ci peuvent s'expliquer par l'accumulation et le déferlement des vagues, ou par d'autres processus telles que les vagues d'infragravité (Rey *et al.*, 2019). Les écosystèmes côtiers, notamment les récifs coralliens, ont influencé la propagation des vagues et leur énergie, et il ne fait aucun doute que les frottements avec le fond ont réduit les hauteurs de vague à la côte. Nous pouvons aussi affirmer que la réflexion des vagues sur les fronts de mer densément urbanisés a participé à l'amplification du *run up* des vagues et aux dommages associés.

Les côtes urbanisées ont eu une forte sensibilité et une forte réactivité aux effets de l'ouragan. Comprimés par, d'un côté la pression urbaine, et de l'autre la mer, les côtes basses n'ont pas pu s'ajuster au forçage. L'exiguïté ou l'inexistence d'une zone tampon du système plage-dune a conduit à une érosion côtière et des dommages urbains souvent très importants. Deux ans après le passage de l'ouragan Irma, la résilience ou la capacité des plages urbaines à retrouver un état d'équilibre est lente et difficile, notamment si la tendance préexistante est caractérisée par l'érosion (Ding *et al.*, 2015). Sur la période d'observation post-Irma, lorsque la récupération des plages est probante, elle est souvent le fruit de rechargements avec la mise en place de géobags comme à Grand-Cul-de-Sac à St Barthélemy. La lente récupération des systèmes côtiers urbanisés souligne l'importance des seuils en termes de changement d'état ou de seuils d'irréversibilité. En effet, l'artificialisation de la cellule sédimentaire limite voire bloque les transferts de matériaux. La récupération des côtes se retrouve également entravée par les ouvrages de protection qui perturbent les dynamiques côtières.

Illustration 13 - Carte de synthèse représentant le niveau de la surcote et les hauteurs maximales du jet de rive le long des côtes sableuses





Sur les côtes plus naturelles, les hauts de plage ont migré vers l'intérieur, nourris par les sédiments venant de l'avant-côte et de l'érosion des plages. Ces transferts sédimentaires et les formes associées sont une réponse au forçage cyclonique et une première forme de résilience côtière. Loin d'être un évènement catastrophique pour les plages pas ou peu artificialisées, les cyclones redynamisent les cellules littorales. Les vagues cycloniques mobilisent et remobilisent des sédiments pour alimenter l'avant-côte et les plages en sables et débris coralliens. Comme nous avons pu l'observer sur de nombreuses plages à Saint-Barthélemy et Saint-Martin, la récupération peut être extrêmement rapide. Tout d'abord, elle résulterait de l'état de dégradation *ante* et *post* cyclone, puis dépendrait d'autres paramètres comme les sources sédentaires disponibles, les transferts côtiers, l'état des écosystèmes côtiers, la morphologie du littoral, la pente… (Woodruff *et al.*, 2013). Le retour à l'équilibre des systèmes côtiers nécessite une approche multidimensionnelle avec d'une part l'hystérèse des côtes face à un évènement de haute énergie et d'autre part, des dynamiques morpho-sédimentaires complexes sur des temps plus longs (Rey, 2017).

Sur les deux îles, les superficies de mangrove sont petites hormis à Baie d'Embouchure où la largeur atteint 300 m de large. D'une manière générale, ces forêts ne sont pas suffisamment larges et denses pour atténuer l'énergie des vagues d'un cyclone de catégorie 5. Toutefois, ce rempart végétal a permis de réduire les dommages en bloquant et en filtrant les matériaux et les détritus. Les forêts de mangrove ont été lourdement touchées par les vents cycloniques et les vagues : défoliation, déracinement, hyper salinisation. Leur reboisement devrait prendre 10 à 15 ans (Imbert, 2018). Le risque est que cet asynchronisme entre la récupération des plages et celui de la végétation conduisent à une dégradation bien plus sévère si un phénomène météorologique intense touchait prochainement ces îles.

Les fronts de mer urbanisés ont été un obstacle aux inondations marines mais les dommages aux bâtiments ont été extrêmement importants (Mortlock *et al.*, 2018). Les observations de terrains soulignent les processus responsables des dommages à l'intérieur et à l'extérieur des habitations et hôtels situés près du rivage :

- affouillement des fondations et murs effondrés,
- déplacement des enrochements et projection de matériaux sur les façades et l'intérieur des bâtiments,

- pressions de l'eau et du vent exercées sur les portes, les volets et les vitres,
- inondations des bâtiments et endommagement des murs, sol, système électrique...

La majorité des dommages aux bâtiments résulte de plages étroites, de dunes trop basses et surtout souligne les difficultés à gérer et aménager ces territoires insulaires qui depuis trois décennies subissent de fortes pressions démographiques et immobilières, même si les formes d'urbanisation et les problématiques foncières ne sont pas similaires entre les deux îles. Les risques côtiers sont croissants, néanmoins, les vulnérabilités notamment sociales, économiques et politiques sont différentes et résultent du caractère insulaire. Les lois et les règlements (PPRN 2011) existent mais leur respect est délicat et les lois sont parfois incohérentes (Nicolas *et al.*, 2019). Par exemple, la loi n° 96-1241 du 30 décembre 1996 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur de la zone des cinquante pas géométriques dans les départements d'outre-mer conduit à la régularisation de la situation des occupants sans titre en leur permettant d'acquérir le terrain qu'ils occupent à usage d'habitation principale. Face aux impacts d'Irma sur les littoraux de Saint-Martin et Saint-Barthélemy, c'est ici la recomposition territoriale et l'investissement des politiques publiques qui est en jeu.

BIBLIOGRAPHIE

Boyett R., 2013. Post-Hurricane Isaac assessment: modeling confirms the HSDRRS hadlittle impact on areas outside the system. *Riverside Mag*. Spring, p. 13–14.

Bray M. J., Carter D. J., Hooke J., 1995. Littoral cell definition and budget for central southern England. *Journal of Coastal Research*, vol. 11, n° 2, p. 391-400.

Brill D., May S. M., Engel M., Reyes M. *et al.*, 2014. La gestion du risque cyclonique en Polynésie française et ses limites : exemple du cyclone tropical Oli, février 2010. *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, n° 3, p. 396-408.

Christman R.A., 1953. Geology of St. Bartholomew, St. Martin, and Anguilla, Lesser Antilles. GSA Bulletin [En ligne], vol. 64, n° 1, p. 65-96. DOI: https://doi.org/10.1130/0016-7606(1953)64[85:gosbsm]2.0.co;2

Conservatoire du Littoral, 2018. Analyse et diagnostic écologique post-cyclone Irma 2017 à Saint-Martin. Rapport final, Juillet 2018. *In* Harteman M. *Nature et développement*. 93 p.

De La Torre Y., Lecacheux S., Pedreros R., Balouin Y., 2008. Modélisation de la houle cyclonique dans le lagon de Mayotte. Journées Nationales Génie Côtier- Génie Civil, 14-16 octobre 2008, Sophia Antipolis, p. 325-334.

Ding D., Yang J., Li G., Dada O. A. *et al.*, 2015. A geomorphological response of beaches to Typhoon Meari in the eastern Shandong Peninsula in China. *Acta Oceanol. Sin*, vol. 34, n° 9, p. 126–135.

Donnelly C., Kraus N., Larson M., 2006. State of Knowledge on Measurement and Modeling of Coastal Overwash. *Journal of Coastal Research*, n° 224, p. 965–991.

Duvat V., 2008. Le système du risque à Saint-Martin (Petites Antilles françaises). *Développement durable et territoires* [En ligne]. Dossier 11. URL : http://journals.openedition.org/developpementdurable/7303

Duvat V., Magnan A., Étienne S. *et al.*, 2016. Assessing the impacts of and resilience to Tropical Cyclone Bejisa, Reunion Island (Indian Ocean). Natural Hazards, p. 1-40.

Duvat V., Pillet V., Volto N. *et al.*, 2019. Geomorphology High human influence on beach response to tropical cyclones in small islands: Saint-Martin Island, Lesser Antilles. *Geomorphology,* n° 325, p. 70–91.

Etienne S., 2012. Marine inundation hazards in French Polynesia: geomorphologic impacts of tropical cyclone Oli in February 2010. In Terry J., Goff J. (ed), *Natural Hazards in the Asia-Pacific Region: Recent Advances and Emerging Concepts*. The Geological Society of London Special Publication, vol. 361, p. 21-39.

Etienne S., Terry J. P., 2012. Coral boulders, gravel tongues and sand sheets: Features of coastal accretion and sediment nourishment by Cyclone Tomas (March 2010) on Taveuni Island, Fiji. *Geomorphology*, n° 175-176, p. 54-65.

Faye I., 2010. *La dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux d'Afrique de l'Ouest. Approches régionale et locale par photo-interprétation, traitement d'images et analyse de cartes anciennes.* Thèse de doctorat de géographie, Université de Bretagne Occidentale: Brest, France.

Ferrario F., Beck M. W., Storlazzi C. D. et al., 2014. The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation. Nature Communications [En ligne], n° 5, 3794. DOI: https://doi.org/10.1038/ncomms4794

Fritz H., Blount C., Sokoloski R. *et al.*, 2007. Hurricane Katrina storm surge distribution and field observations on the Mississippi Barrier Islands. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* [En ligne], vol. 74, n° 1-2, p. 12-20. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.03.015

Griggs D. J., Nilsson M., Stevance A., McCollum D., 2017. *A Guide to SDG Interactions: From Science to Implementation*. Paris, International Council for Science.

Gustin P., 2017. *Repenser les Iles du Nord pour une reconstruction durable*. Rapport, Délégation interministérielle à la reconstruction des îles de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin [En ligne]. Saint-Martin. https://www.gouvernement.fr/irma-reconstruction-des-iles-de-saint-barthelemy-et-saint-martin

Harris M.S, Gayes P.T., Kindinger J.L. *et al.*, 2005. Quaternary Geomorphology and Modern Coastal Development in Response to an Inherent Geologic Framework: An Example from Charleston, South Carolina. *Journal of Coastal Research*, p. 49-64.

Héquette A., 2001. Courants et transports sédimentaires dans la zone littorale : le rôle des courants orbitaux et de downwelling / Currents and sediment transport in the coastal zone: the role of orbital and downwelling currents. *In* Géomorphologie : relief, processus, environnement, vol. 7, n° 1. p. 5-16. DOI: https://doi.org/10.3406/morfo.2001.1082

Hoeke R. K., McInnes K. L., Kruger J. C. *et al.*, 2013. Widespread Inundation of Pacific Islands Triggered by Distant-Source Wind-Waves. *Global and Planetary Change*, n° 108, p. 128-138.

Jeanson M., Dolique F., Sedrati M. *et al.*, 2016. Wave modification across a coral reef: Cap Chevalier, Martinique Island. *Journal of Coastal Research* [En ligne], vol. 75, n° 1, p. 582-586. DOI : https://doi.org/10.2112/SI75-117.1

Kelletat D., Schellmann G., 2002. Tsunamis on Cyprus: field evidences and 14C dating results. *Zeitschrift fur Geomorphologie* (NF), vol. 46, n° 1, p. 19-34.

Krien Y., Arnaud G., Cécé R. *et al.*, 2018. Can We Improve Para-metric Cyclonic Wind Fields Using Recent Satellite Remote Sensing Data? *Remote Sensing* [En ligne], vol. 10, n° 12, 1963. DOI: https://doi.org/10.3390/rs10121963

Lemoigne B., Paulineau M., Nachbaur A., Stépanian A., 2013. *Établissement d'un état de référence du trait de côte de la Martinique. Situation en 2010 et évolution historique depuis 1951.* Rapport Final. BRGM/RP-61686-FR150, Oréans, 85 p.

Maue R. N., 2011. Recent historically low global tropical cyclone activity. *Geophys. Res. Letts* [En ligne], vol. 38, L14803, 6 p. DOI: https://doi.org/10.1029/2011GL047711

McInnes K. L., Walsh K. J. E., Hubbert G. D., Beer T., 2003. Impact of sea level rise and storm surges on a coastal community. *Natural Hazards*, vol. 30, n° 2, p. 187-207.

Monismith S.G., Rogers J.S., Koweek D., Dunbar R.B., 2015. Frictional wave dissipation on a remarkably rough reef. *Geophys. Res. Lett.*, n° 42, p. 4063-4071.

Mortlock T.R., Metters D., Soderholm J. *et al.*, 2018. Extreme water levels, waves and coastal impacts during a severe tropical cyclone in northeastern Australia: a case study for cross-sector data sharing. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.,* n° 18, p. 2603-2623.

Morton R. A., Sallenger H. Jr., 2003. Morphological impacts of extreme storms on sandy beaches and barriers. *Journal of Coastal Research*, n° 19, p. 560-573.

Nicolas T., Pagney Bénito-Espinal F., Lagahé E., Gobinddass M-L., 2019. Les catastrophes cycloniques de septembre 2017 dans la Caraïbe insulaire au prisme de la pauvreté et des fragilités sociétales, EchoGéo [En ligne], 46. URL : http://journals.openedition.org/echogeo/16439 - DOI : https://doi.org/10.4000/echogeo.16439

Nurse L.A., Mcleaen R.F., Agard J. *et al.*, 2014. Small islands. *In* Barros V.R. *et al.* (ed.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (UK) and New York (USA), Cambridge University Press, p. 1613–1654.

Petit J., Prudent G. (ed.) 2008. *Climate Change and Biodiversity in the European Union Overseas Entities* [En ligne]. IUCN, Gland, Switzerland and Brussels, Belgium. URL: http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/2010-064.pdf

Pillet V., Duvat V., Krien Y. *et al.*, 2019. Assessing the impacts of shoreline hardening on beach response to hurricanes: Saint-Barthélemy, Lesser Antilles. *Ocean and Coastal Management* [En ligne], n° 174, p. 71-91. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.023.021

Reguero B. G., Méndez F. J., Losada I. J., 2013. Variability of multivariate wave climate in Latin America and the Caribbean. *Global Planet. Change* [En ligne], n° 100, p. 70-84. DOI: https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.09.005

Rey T., Le Dé L., Leone F., Gilbert D., 2017. An integrative approach to understand vulnerability and resilience post-disaster: The 2015 cyclone Pam in urban Vanuatu as case study. *Disaster Prevention and Management: An International Journal,* vol. 26, n° 3, p. 259-275.

Rey T., 2017. *Des paléoenvironnements aux aléas côtiers : un géomorphologue à travers les temporalités littorales.* Dossier d'habilitation à diriger des recherches, Université Paul-Valéry Montpellier 3, Volume 1, 200 p.

Rey T. *et al.*, 2019. Coastal Processes and Influence on Damage to Urban Structures during Hurricane Irma (St-Martin & St-Barthélemy, French West Indies). *Journal of Marine Science and Engineering* [En ligne], n° 7, 215. DOI: https://doi.org/10.3390/jmse7070215

Rogers J.S., Monismith S.G., Koweek D.A., Dunbar R.B., 2016. Wave dynamics of a Pacific Atoll with high frictional effects. *J. Geophys. Res. Oceans,* vol. 121, p. 350–367.

Scheffers S., Haviser J., Browne T., Scheffers A., 2009. Tsunamis, hurricanes, the demise of coral reefs and shifts in prehistoric human populations in the Caribbean, Quaternary International, vol. 195, n° 1-2, p. 69-87.

Stoddart D. R., Steers J. A., 1977. The nature and origin of coral reef islands. *In*: Jones O.A., Endean R. (ed.), *Biology and Geology of Coral Reefs*, vol. IV. New York, Academic Press, p. 59-105.

Storlazzi C. D., Reguero B. G., Cole A. D. *et al.*, 2019. *Rigorously valuing the role of U.S. coral reefs in coastal hazard risk reduction* [En ligne]. U.S. Geological Survey Open-File Report 2019-1027, 42 p. DOI: https://doi.org/10.3133/ofr20191027

Tate A. S., Battaglia L. L., 2013. Community disassembly and reassembly following experimental storm surge and wrack application. *Journal of Vegetation Science,* vol. 24, n° 1, p. 46-57.

Terry J. P., 2010. Geomorphic influences on the variability of coastal erosion and deposition on Ambae Island, Vanuatu, caused by Ouragan Funa in January 2008. *In* Oh J. H. (ed.), *Atmospheric Science. Advances in Geosciences*. Singapore, World Scientific Publishing 16, p. 193-202.

Torres M. A., Jaimes M. A., Reinoso E., Ordaz M., 2014. Event-based approach for probabilistic flood risk assessment. *International Journal of River Basin Management,* vol. 12, n° 4, p. 377-389.

Wang P., Horwitz M. H., 2007. Erosional and depositional characteristics of regional overwash deposits caused by multiple hurricanes. *Sedimentology*, n° 54, p. 545-564.

Woodruff J.D., Irish J.L., Camargo S.J., 2013. Coastal flooding by tropical cyclones and sea-level rise. *Nature,* vol. 504, 7478, p. 44-52.

Yamano H., Kayanne H., Chikamori M., 2005. An overview of the nature and dynamics of reef islands. *Global Environmental Research*, vol. 9, p. 9-20.

Zhang K., Liu H., Li Y. *et al.*, 2012. The role of mangroves in attenuating storm surges. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* vol. 102-103, p. 11-23.

NOTES

1. *Accumulated Cyclone Energy*. L'ACE correspond à l'énergie cumulative des ouragans. Cet indice combine la fréquence, la durée et l'intensité des cyclones (Maue, 2011).
2. Hoarau K. L'activité des ouragans extrêmes de l'Atlantique Nord (1980-2017), 14èmes rencontres Géorisques, Montpellier, le 23 janvier 2018.
3. Estimations de l'INSEE et du Department of Statistics Sint Maarten
4. Recensements 1982 : 8 072 (F) ; 13156 (PB) ; Recensement 2014 : 35 941 (F) ; Recensements 2011 : 33 609 (PB)

RÉSUMÉS

Cette étude porte sur les changements côtiers et les inondations suite au passage d'un ouragan de catégorie 5 (Irma) les 5 et 6 septembre 2017 sur les îles de Saint-Martin et Saint-Barthélemy aux Antilles. Deux missions de terrain à t+2 mois et t+8 mois sur les deux îles ont permis d'analyser les impacts de l'ouragan Irma sur des côtes basses particulièrement sensibles aux événements météo-marins extrêmes et aux pressions anthropiques. Le retour d'expérience a été réalisé sur les côtes les plus touchées par l'évènement. Pour comparer les impacts de l'ouragan Irma et les interactions avec les systèmes côtiers et les infrastructures côtières, nous avons choisi d'analyser des côtes peu urbanisées et des littoraux densément aménagés. La méthode a reposé sur l'analyse d'images satellites avant le passage de l'ouragan Irma et l'analyse d'images drones post-évènement. Elle s'est aussi appuyée sur des observations géomorphologiques, la mesure des hauteurs de vagues et la cartographie des espaces inondées. Les systèmes côtiers ont répondu très différemment en fonction du degré d'artificialisation de la côte, révélant des changements côtiers variés, des transferts sédimentaires perturbés et une influence sur les hauteurs d'eau maximales à la côte.

This study deals with the coastal changes, flooding and damage after the passage of a category 5 hurricane (Irma) on 6 September 2017 over the islands of Saint-Martin and Saint-Barthélemy in the Lesser Antilles. Two field work were made 2 and 8 months after the catastrophe over the two islands. It made it possible to analyze the impacts of Hurricane Irma on the low-lying shores that are particularly susceptible to extreme cyclonic events and anthropogenic stressors. The field work was made on the coasts most affected by the cyclonic event. To compare impacts of hurricane Irma and interactions with coastal systems and coastal infrastructure, we chose to analyze undeveloped to highly urbanized coasts. The method was based on the analysis of satellite images and Unmanned Aerial Vehicle surveys. It also relied on qualitative observations, geomorphological and sedimentary surveys and the measurement of wave run up and the mapping of flooded areas. The coastal system revealed a variety of morpho-sedimentary responses on both the natural and highly urbanized coasts, showing varied coastal changes, perturbed sedimentary transfers and the effects of coastal structures and street on flow channeling and on water level increase

INDEX

Keywords : Hurricane, Lesser Antilles, coastal change, flooding, Irma, St Martin, St Barthélemy
Mots-clés : Ouragan, Antilles, changement côtier, inondation, Irma, St Martin, St Barthélemy
Thèmes : Sur le Champ - Sur le Terrain

AUTEURS

TONY REY

Tony Rey, tony.rey@univ-montp3.fr, est maître de conférences HDR à l'Université Paul Valéry Montpellier 3. Il a récemment publié :
- Rey T., Leone F., Candela T. et al., 2019. Coastal Processes and Influence on Damage to Urban Structures during Hurricane Irma St-Martin & St-Barthélemy, French West Indies). *Journal of Marine Science and Engineering* [En ligne], vol. 7, n° 7, 215. DOI: https://doi.org/10.3390/

jmse7070215
- Rey T. et Defossez S., 2019. Comprendre la gestion des risques hydrométéorologiques au Cambodge, Territoire en mouvement. *Revue de géographie et aménagement* [En ligne], n° 42. URL : http://journals.openedition.org/tem/5761 - DOI: https://doi.org/10.4000/tem.5761
- Rey T., Le Dé L., Leone F. et David G., 2018. Leçons tirées du cyclone Pam au Vanuatu (Mélanésie) : aléas côtiers, crues éclairs et dommages. *Géomorphologie: relief, processus, environnement* [En ligne], vol. 23, n° 4. URL : http://journals.openedition.org/geomorphologie/11842 - DOI: https://doi.org/10.4000/geomorphologie.11842

THOMAS CANDELA

Thomas Candela, thomas.can@hotmail.fr, est doctorant à l'Université Paul-Valéry Montpellier 3, rattaché à l'UMR GRED et responsable R&D au BE RisCrises. Il a récemment publié :
- Rey T., Leone F., Candela T. *et al*., 2019. Coastal Processes and Influence on Damage to Urban Structures during Hurricane Irma St-Martin & St-Barthélemy, French West Indies). *Journal of Marine Science and Engineering* [En ligne], vol. 7, n° 7, 215. DOI: https://doi.org/10.3390/jmse7070215

MATTHIEU PÉROCHE

Matthieu Péroche, matthieu.peroche@univ-montp3.fr, est maître de conférences à l'Université Paul Valéry Montpellier 3. Il a récemment publié :
- Vinet F., Péroche M., Palany P. *et al.*, 2020. Collecte et gestion des débris post-cycloniques à Saint-Martin (Antilles françaises) après le passage du cyclone Irma (sept. 2017) – *Cybergeo : European Journal of Geography*, 937, http://journals.openedition.org/cybergeo/34154 ; DOI: https://doi.org/10.4000/cybergeo.34154
- Péroche M., Leone F., Aliaga B., Granjon A., 2019. Caractérisation de l'exposition des navires de croisières lors des exercices d'alerte tsunami dans le bassin des Caraïbes en 2013 et 2014. In Rivages et Horizons, Hommages au Pr. Jean Marie Miossec, Paris, Ed. L'Harmattan.
- Girres J.-F., Leone F., Péroche M. *et al.*, 2018. Analysis of tsunami evacuation maps for a consensual symbolization rules proposal. *International Journal of Cartography* [En ligne], vol. 4, p. 4-24. DOI: https://doi.org/10.1080/23729333.2018.1440711

FRÉDÉRIC LEONE

Frédéric Leone, Frederic.Leone@univ-montp3.fr, est professeur à l'Université Paul Valéry Montpellier 3. Il a récemment publié :
- Rey T., Leone F., Candela T. et al., 2019. Coastal Processes and Influence on Damage to Urban Structures during Hurricane Irma St-Martin & St-Barthélemy, French West Indies). *Journal of Marine Science and Engineering* [En ligne], vol. 7, n° 7, 215. DOI: https://doi.org/10.3390/jmse7070215
- Bennani O, Druon E., Leone F., *et al.*, 2019. A spatial and integrated flood risk diagnosis. Relevance for disaster prevention at Ourika valley (High Atlas-Morocco). *Disaster Prevention and Management* [En ligne], vol. 28, n° 5, p. 548-564. DOI : doi:10.1108/DPM-12-2018-0379
- Leone F., Komorowski J.C., Gherardi-Leone M. *et al.*, 2018. Accessibilité territoriale et gestion de crise volcanique aux Antilles françaises (Guadeloupe & Martinique) : contribution à la planification des évacuations. *Cybergeo: European Journal of Geography, Espace, Société, Territoire,* document 865. URL : http://journals.openedition.org/cybergeo/29425 - DOI: https://doi.org/10.4000/cybergeo.29425

Collectivité de Saint Barthélémy

Baie de Saint Jean

Construction de l'hôtel « ETOILE »

Hôtel de cinq étoiles

Note technique sur la gestion de l'énergie

Juin 2020

MAITRE D'OUVRAGE	:	**ST. JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS (SJBREI)** LD SAINT JEAN 97 133 SAINT BARTHELEMY,
Assistant Technique au Maitre d'ouvrage	:	**ACPH** 82 rue de la Victoire 75 009 PARIS
BET	:	**EGIS BATIMENTS ANTILLES-GUYANE** 4, Rue DOLORES IBARRURI 93 100 Montreuil

GRILLE DE REVISION

Indice	Date	Auteur.	Vérificateur	Description
0	Juin 2020	LN	EE	Emission initiale

SOMMAIRE

1 OBJET DE LA NOTICE 3

2 DETERMINATION DES PRINCIPALES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DE L'HOTEL DE REFERENCE 3

2.1 CONSOMMATION D'ENERGIE LIEE AU CONDITIONNEMENT DE L'AIR INTERIEUR 3

2.1.1 Méthode 3

2.1.2 Hypothèses de calcul 6

2.1.3 Résultats de calcul 8

2.2 CONSOMMATION D'ENERGIE LIEE A L'ECLAIRAGE 8

2.2.1 Méthode 8

2.2.2 Hypothèses de calcul 8

2.2.3 Résultats de calcul 10

2.3 CONSOMMATION D'ENERGIE LIEE A LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE 10

2.3.1 Méthode 10

2.3.2 Hypothèses de calcul 10

2.3.3 Résultats de calcul 10

3 DETERMINATION DE LA CONSOMMATION D'EAU ANNUELLE DU PROJET D'HOTEL ETOILE 11

3.1 CONSOMMATION D'ENERGIE LIEE AU CONDITIONNEMENT DE L'AIR INTERIEUR 11

3.1.1 Méthode 11

3.1.2 Hypothèses de calcul 11

3.1.1 Résultats de calcul 13

3.2 CONSOMMATION D'ENERGIE LIEE A L'ECLAIRAGE 14

3.2.1 Méthode 14

3.2.2 Hypothèses de calcul 14

3.2.3 Résultats de calcul 15

3.3 CONSOMMATION D'ENERGIE LIEE A LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE 15

3.3.1 Méthode 15

3.3.2 Hypothèses de calcul 15

3.3.3 Résultats de calcul 16

4 SYNTHESE DES RESULTATS 16

4.1 COMPARAISON DES CONSOMMATIONS D'EAU DE RESEAU (VILLE OU DESSALEMENT) 16

5 ANNEXES 17

5.1 ANNEXE 1 :CONSOMMATIONS JOURNALIERES D'EAU A 60°C 17

1 OBJET DE LA NOTICE

La présente notice a pour objet de détailler l'ensemble des principales consommations d'énergie du site (climatisation, éclairage et eau chaude sanitaire) et de mettre en évidence les efforts faits par la maitrise d'ouvrage pour en rationnaliser l'utilisation. Nous calculerons ainsi les consommations d'énergie d'un hôtel de référence classique que nous comparerons aux consommations anticipées du projet « Etoile ».

2 DETERMINATION DES PRINCIPALES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DE L'HOTEL DE REFERENCE

Les 3 principales sources de consommation énergétiques dans un hôtel, sont les consommations liées à :

- Le conditionnement de l'air (climatisation)
- L'éclairage
- La production d'eau chaude sanitaire

2.1 CONSOMMATION D'ENERGIE LIEE AU CONDITIONNEMENT DE L'AIR INTERIEUR

2.1.1 METHODE

Pour déterminer les consommations de climatisation d'un bâtiment pas encore construit, nous utilisons un outil ou logiciel de simulation thermique dynamique.

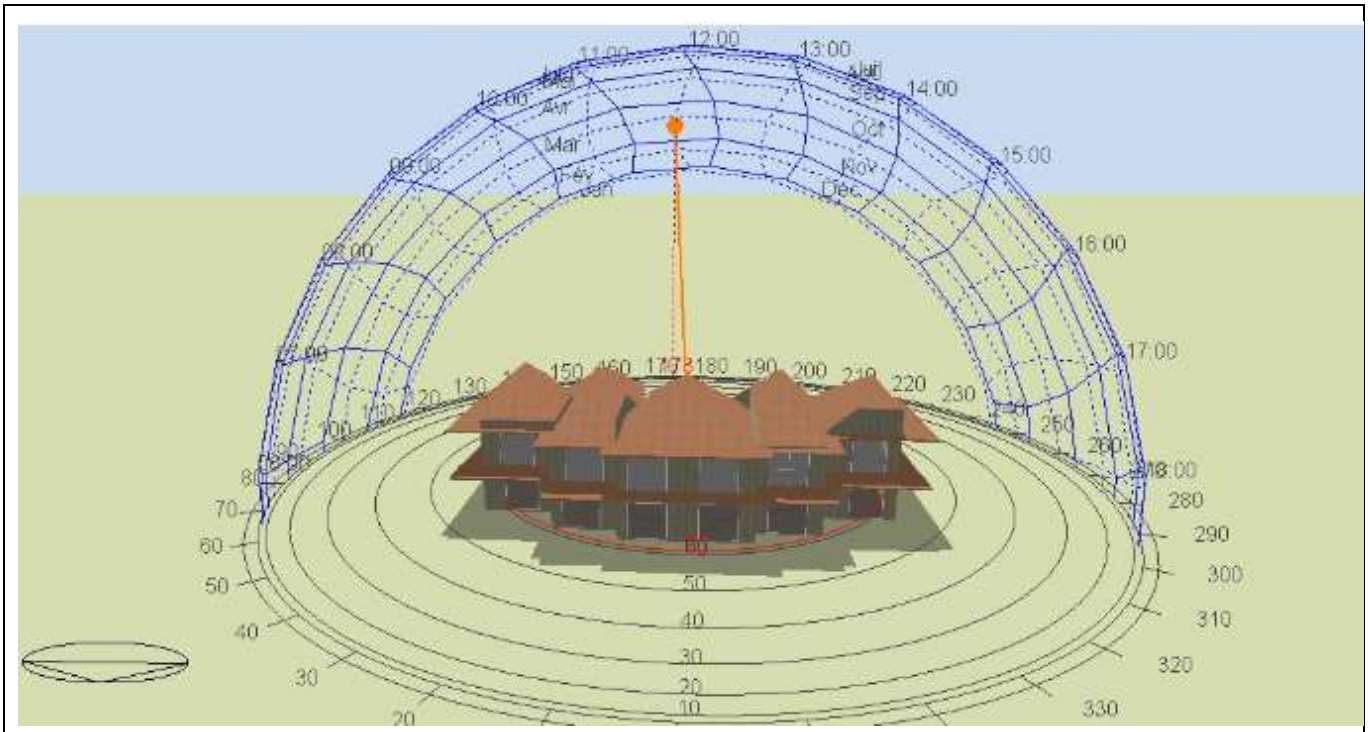
Principe de fonctionnement :

Son principe de fonctionnement nécessite les renseignements d'un nombre important de paramètres liés à la climatologie du site, l'enveloppe du bâtiment, les conditions d'occupation, de ventilation, éventuellement de climatisation et la prise en compte de charges thermiques diverses.
Celles-ci sont ensuite utilisées comme entrées par le logiciel qui calcule de façon dynamique, c'est-à-dire au pas de temps horaire sur une année type, le comportement thermique du bâtiment.
Les résultats obtenus sont de diverses sortes : températures résultantes, humidité relative, besoins de rafraichissement, etc. Ils sont exploités afin d'évaluer le confort thermique et la performance énergétique du projet.
Les simulations réalisées n'entendent pas fournir avec exactitude les consommations ou besoins énergétiques futurs ou encore l'évolution des températures du projet, mais d'en évaluer la réponse thermique de manière prévisionnelle, avec un certain degré d'incertitude.
Bien que les phénomènes physiques soient modélisés à travers d'algorithmes qui reproduisent de façon fidèle la réalité ; les résultats dépendent fortement des hypothèses de simulations qui sont forcément différentes des conditions d'utilisations futures (incertitudes liées au climat, à l'environnement proche, à la saisie, à l'usage et à l'exploitation du bâtiment qui seront faits). Néanmoins, les hypothèses qui sont prises se veulent les plus réalistes possibles.
Il s'agit donc d'un outil dont le rôle est la quantification de l'impact de différents paramètres, afin d'apporter une aide à la décision et à la conception.
Le logiciel utilisé sera **DesignBuilder version 6**, logiciel homologué et reconnu par la profession.

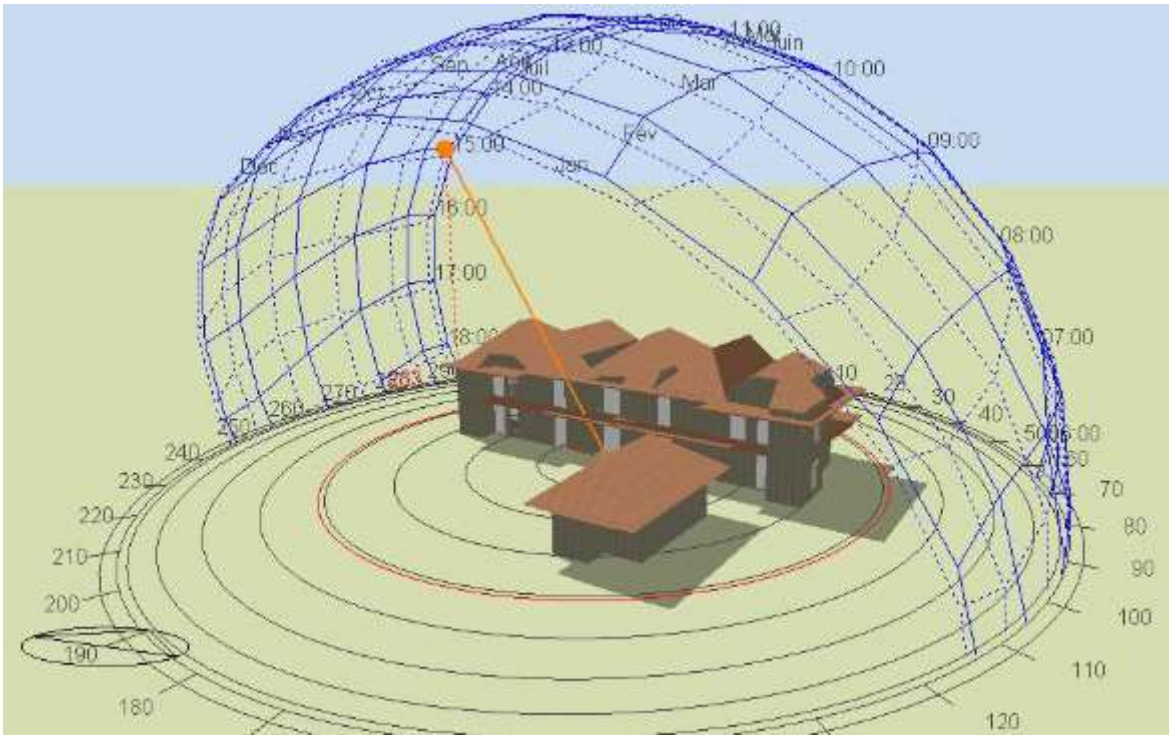
Démarche de réalisation :

- Création d'une maquette numérique 3D

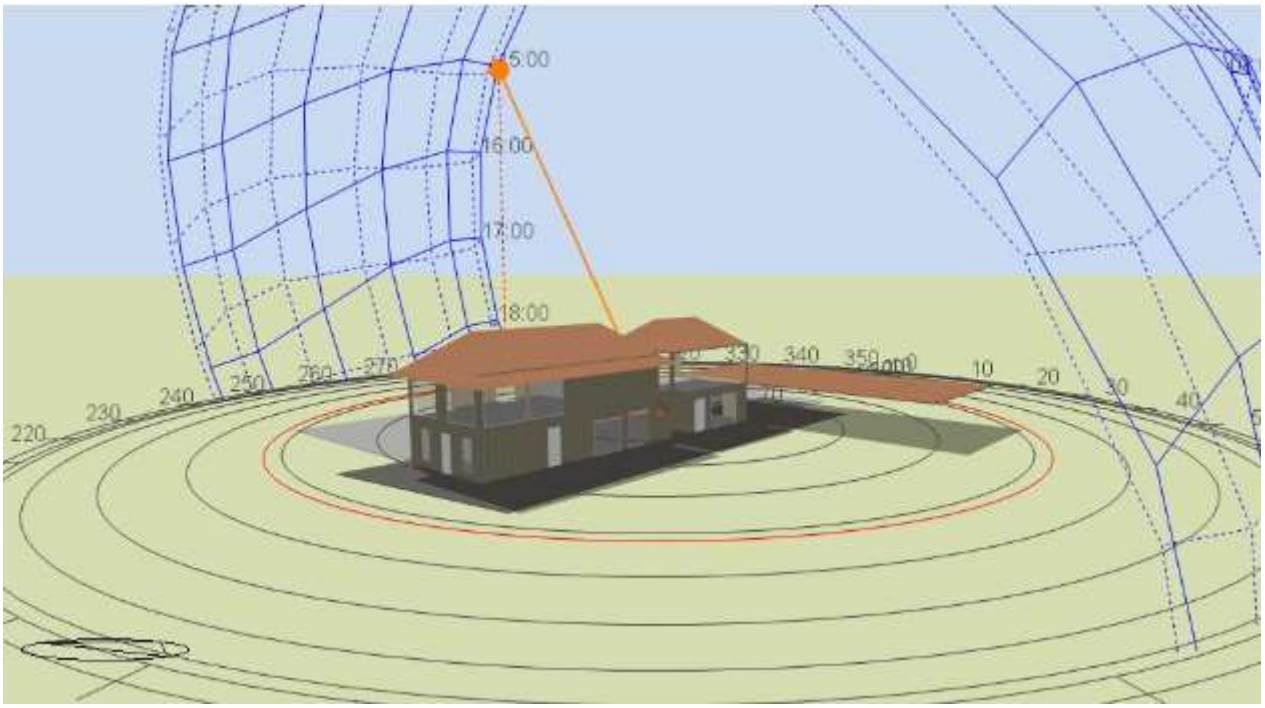
La première étape de la simulation thermique dynamique consiste, à partir des plans transmis, à dessiner en 3 dimensions les bâtiments du site à étudier. Cette maquette reprend toutes les hypothèses architecturales et constructives établies (type et nature des murs, toitures, planchers et ouvertures).



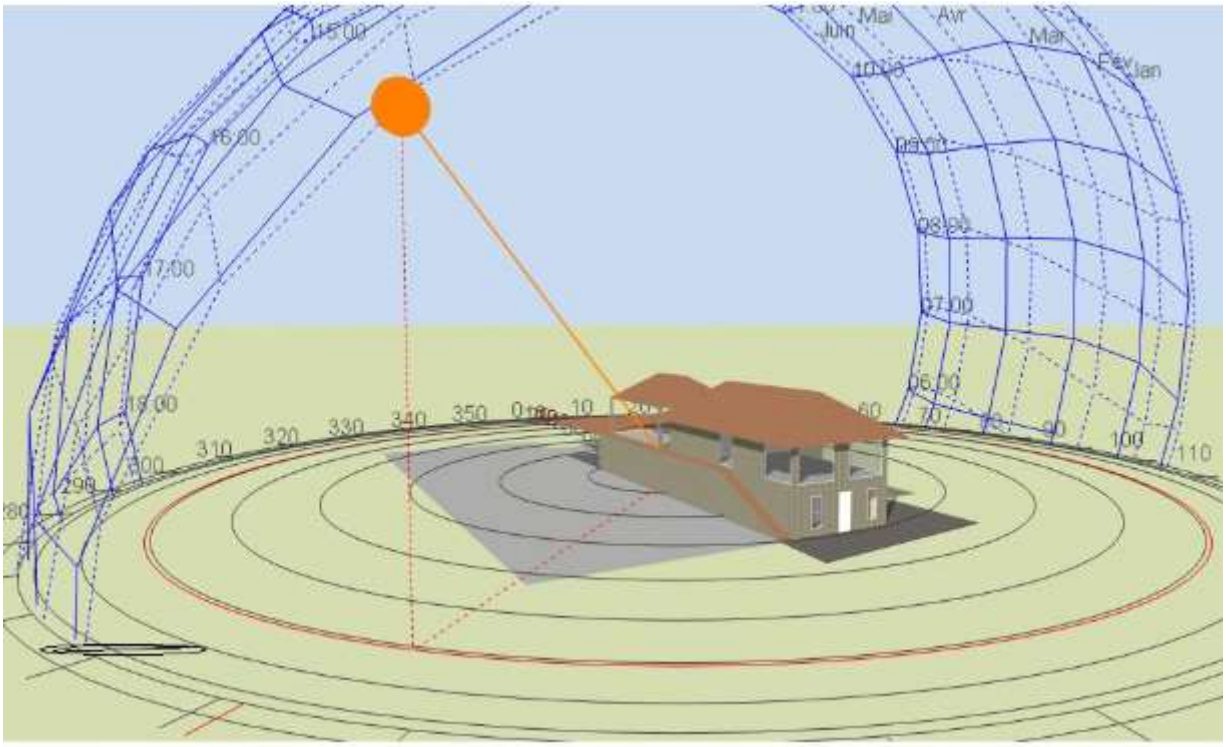
Héliodon Bâtiment 8 : Prise de vue : 21 Décembre (solstice d'hiver) à 12H Orientation Nord



Héliodon Bâtiment 8 : Prise de vue : 21 Juin (solstice d'été) à 12H Orientation Sud-Est



Héliodon Bâtiment A : Prise de vue : 21 Juin (solstice d'été) à 15H Orientation Sud-Est



Héliodon Bâtiment A : Prise de vue : 21 Décembre (solstice d'hiver) à 15H Orientation Sud-Ouest

- Simulation de la réponse thermique des bâtiments

A partir des scénarii d'occupation, d'éclairage, de dissipation de chaleur des équipements et du fichier météo de l'emplacement du site, le cœur du logiciel modélise la réaction du bâtiment. Cela permet d'extraire les données climatiques prévisionnelles, dans notre cas les besoins de climatisation.

2.1.2 HYPOTHESES DE CALCUL

Composition des parois

Murs :

		Conv. Ext.	Matériau 1	Conv. Int.	U Global	Facteur solaire
Mur sur extérieur	Nature matériau	0,06	Béton armé	0,11	3,57 W/m².K	0,03
	λ [W/m.K]		1,75 W/m.K			
	e		20 cm			
	e/λ		0,11 m²K/W			

		λ sol	Matériau 1	Conv. Int.	U global	U équivalent
Mur enterré	Nature matériau	1,5 W/m.K	Béton Armé	0,11	4,54 W/m²K	0,5 W/m²K
	λ [W/m.K]		1,750 W/m.K			
	e		20,0 cm			
	e/λ		0,11 m²K/W			

		Conv. Ext.	Matériau 1	Conv. Int.	U Global	Facteur solaire
Mur sur sous-sol	Nature matériau	0,06	Béton armé	0,11	3,57 W/m².K	0
	λ [W/m.K]		1,75 W/m.K			
	e		20 cm			
	e/λ		0,11 m²K/W			

Toiture :

		Conv. Ext.	Matériau 1	Conv. Int.	U Global	Facteur solaire
Dalle béton sous comble perdu ventilé	Nature matériau	0,05	Béton armé	0,09	5 W/m².K	0,25
	λ [W/m.K]		1,75 W/m.K			
	e		12 cm			
	e/λ		0,06 m²K/W			

		λ sol	Matériau 1	Conv. Int.	U Global	U équivalent
Dalle béton sous terre végétale	Nature matériau	1,5 W/m.K	Béton armé	0,09	5 W/m².K	1,2 W/m²K
	λ [W/m.K]		1,75 W/m.K			
	e		20 cm			
	e/λ		0,11 m²K/W			

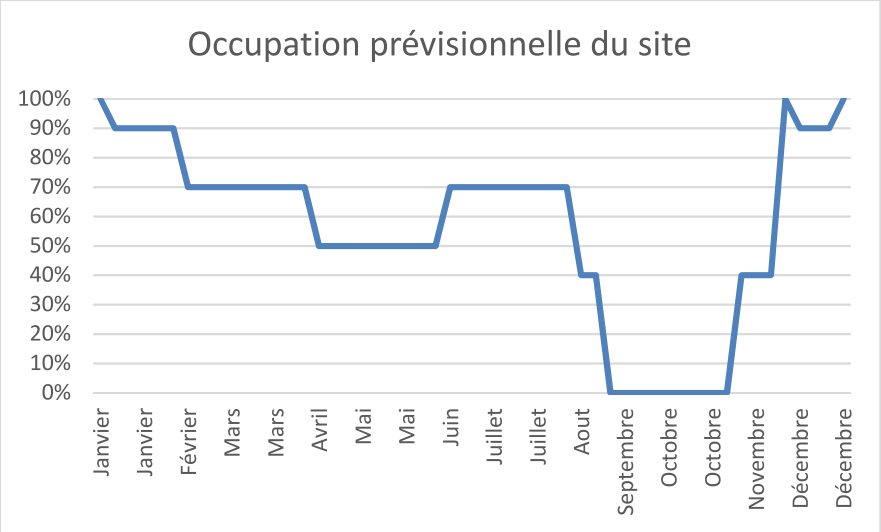
Plancher bas :

		λ_{sol}	Matériau 1	Conv. Int.	U Global	U équivalent
Plancher béton sur Terre-plein	**Nature matériau**	**1,5 W/m.K**	**Béton armé**	**0,09**	**6,67 W/m².K**	**0,5 W/m²K**
	λ [W/m.K]		**1,75 W/m.K**			
	e		**20 cm**			
	e/λ		**0,06 m²K/W**			

Menuiserie :

Fenêtre simple vitrage de 4mm d'épaisseur : **U= 5,8 W/m².K** **Facteur solaire = 1**

Taux d'occupation moyen annuel de l'hôtel : 56%



Système de climatisation

Le système de climatisation de l'hôtel de référence est de type mono et multi split, ayant un EER saisonnier d'environ 2,5

Consigne de température

Local	Consigne de température (°C)
Chambre	22
Restaurant	24
Boutique	24
Salle de fitness	26
SPA	24
Bureaux	24
Cuisines	27
Lingerie / Buanderie	27
Salle de repos personnel	26
Salle de formation	26
Vestiaire personnel	26

2.1.3 RESULTATS DE CALCUL

Nous obtenons les résultats suivants :

Local	Consommation climatisation (kWh thermique)
Chambres	635 237
Bâtiment A (Cuisine/Restaurant/Salle fitness)	513 451
Bureaux Sous-sol	17 482
SPA	43 350
Lingerie /Buanderie	18 619
Salle de repos personnel	5 117
Vestiaire Personnel	5 827
Salle de formation	2 700
Boutiques	4 319
Total	**1 246 103**

Les besoins nominaux de climatisation annuels de l'hôtel de référence sont de 1 246 103 kWh thermiques/an.

Remarque : Le taux d'occupation de 56% aux chambres ainsi que la fermeture de 2 mois (Septembre / Octobre) ont été appliqués au calcul**.**

En considérant un EER saisonnier de l'installation de 2,5, la consommation électrique annuelle de l'hôtel de référence liée à la climatisation est de **498 441 kWh électriques/an.**

2.2 CONSOMMATION D'ENERGIE LIEE A L'ECLAIRAGE

2.2.1 METHODE

Pour déterminer les consommations d'éclairement d'un bâtiment pas encore construit, nous utilisons un outil ou logiciel de simulation thermique dynamique. Le principal intérêt de cet outil est qu'il permet de conditionner l'allumage de l'éclairage artificiel à la luminosité naturelle.

2.2.2 HYPOTHESES DE CALCUL

Quantité d'éclairement artificiel

Afin de déterminer la consommation d'éclairage de l'hôtel de référence, nous nous sommes basées sur la norme d'éclairement Européenne, qui donne les valeurs d'éclairement réglementaires suivantes :

Zones, tâches, activités	Eclairement moyen à maintenir (lux) Valeur minimale
Zone de circulation et couloirs	100
Escaliers, quai de chargement	150
Magasins, entrepôts	100
Magasins de vente, zone de vente	300
Zone de caisse	500
Espaces publics, halls d'entrée	100
Guichets	300
Restaurants, hôtels Réception, caisse, concierge	300
Cuisines	500
Bâtiments scolaires, salle de classe en primaire et secondaire	500
Salle de conférences	500
Salle de dessin industriel	750
Eclairage des bureaux :	
– classement	300
– dactylographie, lecture	500
– poste CAO	500
– réception	300
– archives	200

Valeurs réglementaires d'éclairement

Technologie d'éclairement

Les technologies retenues pour le calcul sont de type Led et fluorescentes.

Gestion de l'éclairement

Les équipements de gestion de l'éclairement sont les suivants :

Local	Système de gestion
Chambre	Interrupteur
Restaurant	Interrupteur
Salle de fitness	Interrupteur
SPA	Interrupteur
Bureaux	Interrupteur
Cuisines	Interrupteur
Lingerie / Buanderie	Interrupteur
Salle de repos personnel	Interrupteur
Sanitaire	Détection de présence
Vestiaire personnel	Détection de présence
Salle de formation	Interrupteur
Parking	Permanent
Extérieur	Horloge

Taux d'occupation moyen annuel de l'hôtel : 56%

2.2.3 RESULTATS DE CALCUL

Nous obtenons les résultats suivants :

Local	Consommation Eclairage (kWh électrique/an)
Chambres	20 965
Bâtiment A (Cuisine/Restaurant/Salle fitness)	29 316
Bureaux Sous-sol	3 662
SPA	9 081
Lingerie /Buanderie	3 901
Salle de repos personnel	1 072
Vestiaire Personnel	1 221
Salle de formation	566
Boutiques	145
Parking	51 240
Extérieur	8 760
Total	**129 928**

Les besoins d'éclairement annuels de l'hôtel de référence sont de **129 928 kWh/an.**

Remarque : Le taux d'occupation de 56% aux chambres ainsi que la fermeture de 2 mois (Septembre / Octobre) ont été appliqués au calcul**.**

2.3 CONSOMMATION D'ENERGIE LIEE A LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE

2.3.1 METHODE

Pour déterminer les consommations d'eau chaude sanitaire, nous utilisons le logiciel de dimensionnement d'installation d'eau chaude sanitaire SOLO édité par TECSOL, entreprise certifiée reconnue grenelle de l'environnement « RGE » , ce logiciel est homologué pour les calculs d'ECS.

2.3.2 HYPOTHESES DE CALCUL

Consommation d'eau à 60°C

Les hypothèses de calcul sont issues de l'évaluation des besoins d'eau à 60°C en l/j, réalisé par EGIS ANTILLES GUYANE (voir Annexe 1 « Evaluation des besoins en eau à 60°C)

Technologie de production

Production d'eau chaude sanitaire par des ballons à accumulation électriques, ayant un rendement de 1

Constante de refroidissement du ballon : 0,25 Wh/jour/l/°K

Taux d'occupation moyen annuel de l'hôtel : 56%

2.3.3 RESULTATS DE CALCUL

Nous obtenons les résultats suivants :

Local	Consommation ECS 60° (l/j)	Consommation ECS (kWh th/an)
Chambres	7 000	61 600
Vestiaire Cuisine	420	5 000
Vestiaire personnel	560	6 667
Bâtiment A	3 000	35 833
Buanderie	1 000	11 917
SPA	700	8 333
Total	**12 680**	**159 417**

Les besoins d'eau chaude sanitaire à 60°C de l'hôtel de référence sont de 159 417 kWh thermique/an, en considérant un rendement de l'installation de 1, les consommations électriques sont elles aussi de **159 417 kWh électriques/an**

Remarque : Le taux d'occupation de 56% aux chambres ainsi que la fermeture de 2 mois (Septembre / Octobre) ont été appliqués au calcul.

3 DETERMINATION DE LA CONSOMMATION D'EAU ANNUELLE DU PROJET D'HOTEL ETOILE

3.1 CONSOMMATION D'ENERGIE LIEE AU CONDITIONNEMENT DE L'AIR INTERIEUR

3.1.1 METHODE

Pour déterminer les consommations de climatisation d'un bâtiment pas encore construit, nous utilisons un outil ou logiciel de simulation thermique dynamique.

3.1.2 HYPOTHESES DE CALCUL

Composition des parois

Murs :

		Conv. Ext.	Matériau 1	Matériau 2	Matériau 3	Matériau 4	Conv. Int.	U Global	Facteur solaire
Mur sur extérieur	Nature matériau	0,06	Parement pierre	Béton Armé	Isolant	BA 13	0,11	0,35 W/m².K	0,03
	λ [W/m.K]		3,49 W/m.K	1,750 W/m.K	0,04 W/m.K	0,4 W/m.K			
	e		15 cm	20,0 cm	10 cm	1,3 cm			
	e/λ		0,04 m²K/W	0,11 m²K/W	2,5 m²K/W	0,03 m²K/W			

		λ_{sol}	Matériau 1	Matériau 2	Matériau 3	Conv. Int.	U_{global}	U équivalent
Mur enterré	Nature matériau	1,5 W/m.K	Béton Armé	Isolant	BA 13	0,11	4,54 W/m²K	0,3 W/m²K
	λ [W/m.K]		1,750 W/m.K	0,04 W/m.K	0,4 W/m.K			
	e		20,0 cm	10 cm	1,3 cm			
	e/λ		0,11 m²K/W	2,5 m²K/W	0,03 m²K/W			

		Conv. Ext.	Matériau 1	Matériau 2	Matériau 3	Conv. Int.	U_{Global}	Facteur solaire
Mur sur sous-sol	Nature matériau	0,06	Béton Armé	Isolant	BA 13	0,11	0,32 W/m².K	0
	λ [W/m.K]		1,750 W/m.K	0,04 W/m.K	0,4 W/m.K			
	e		20,0 cm	10 cm	1,3 cm			
	e/λ		0,11 m²K/W	2,5 m²K/W	0,03 m²K/W			

Toiture :

		Conv. Ext.	Matériau 1	Matériau 2	Matériau 3	Conv. Int.	U_{Global}	Facteur solaire
Toiture inclinée	Nature matériau	0,05	WAPA	Isolant	Bois CP	0,09	0,45 W/m².K	1
	λ [W/m.K]		0,15W/m.K	0,04 W/m.K	0,15W/m.K			
	e		0,8 cm	8 cm	0,8 cm			
	e/λ		0,05 m²K/W	2 m²K/W	0,05 m²K/W			

		λ_{sol}	Matériau 1	Matériau 2	Matériau 3	Conv. Int.	U_{Global}	U équivalent
Dalle béton sous terre végétale	Nature matériau	1,5 W/m.K	Béton armé	Isolant	BA 13	0,09	0,67 W/m².K	0,5 W/m²K
	λ [W/m.K]		1,75 W/m.K	0,04 W/m.K	0,4 W/m.K			
	e		20 cm	5 cm	1,3 cm			
	e/λ		0,11 m²K/W	1,25 m²K/W	0,03 m²K/W			

Plancher bas :

		λ_{sol}	Matériau 1	Conv. Int.	U_{Global}	U équivalent
Plancher béton sur Terre-plein	Nature matériau	1,5 W/m.K	Béton armé	0,09	6,67 W/m².K	0,5 W/m²K
	λ [W/m.K]		1,75 W/m.K			
	e		20 cm			
	e/λ		0,06 m²K/W			

Menuiserie :

Fenêtre double vitrage 4/16/4 avec gaz argon : **U= 1,6 W/m².K Facteur solaire 0,49**

Taux d'occupation moyen annuel de l'hôtel : 56%

Système de climatisation

Le système de climatisation de l'hôtel Etoile est un système DRV de marque MITSUBISHI model PURY-P. L'appareil dont les performances sont certifiées par EUROVENT affiche un EER saisonnier de 4,44.

Consigne de température

Local	Consigne de température (°C)
Chambre	22
Restaurant	24
Boutique	24
Salle de fitness	26
SPA	24
Bureaux	24
Cuisines	27
Lingerie / Buanderie	27
Salle de repos personnel	26
Salle de formation	26
Vestiaire personnel	26

3.1.1 RESULTATS DE CALCUL

Nous obtenons les résultats suivants :

Local	Consommation climatisation (kWh thermique)
Chambres	327 691
Bâtiment A (Cuisine/Restaurant/Salle fitness)	489 713
Bureaux Sous-sol	17 216
SPA	42 691
Lingerie /Buanderie	18 336
Salle de repos personnel	5 039
Vestiaire Personnel	5 739
Salle de formation	2 659
Boutiques	1 847
Total	**910 931**

Les besoins nominaux de climatisation annuels de l'hôtel de référence sont de 910 931 kWh thermiques/an.

Remarque : Le taux d'occupation de 56% aux chambres ainsi que la fermeture de 2 mois (Septembre / Octobre) ont été appliqués au calcul.

En considérant un EER saisonnier de l'installation de 4,44, la consommation électrique annuelle de l'hôtel de référence liée à la climatisation est de **205 165 kWh électriques/an.**

3.2 CONSOMMATION D'ENERGIE LIEE A L'ECLAIRAGE

3.2.1 METHODE

Pour déterminer les consommations d'éclairement d'un bâtiment pas encore construit, nous utilisons un outil ou logiciel de simulation thermique dynamique.

3.2.2 HYPOTHESES DE CALCUL

Quantité d'éclairement artificiel

Afin de déterminer la consommation d'éclairage de l'hôtel Etoile, nous nous sommes basées sur la norme d'éclairement Européenne, qui donne les valeurs d'éclairement réglementaires suivantes :

Zones, tâches, activités	Eclairement moyen à maintenir (lux) Valeur minimale
Zone de circulation et couloirs	100
Escaliers, quai de chargement	150
Magasins, entrepôts	100
Magasins de vente, zone de vente	300
Zone de caisse	500
Espaces publics, halls d'entrée	100
Guichets	300
Restaurants, hôtels Réception, caisse, concierge	300
Cuisines	500
Bâtiments scolaires, salle de classe en primaire et secondaire	500
Salle de conférences	500
Salle de dessin industriel	750
Eclairage des bureaux :	
– classement	300
– dactylographie, lecture	500
– poste CAO	500
– réception	300
– archives	200

Valeurs réglementaires d'éclairement

Technologie d'éclairement

Les technologies retenues pour le calcul sont de type Led et fluorescentes.

Gestion de l'éclairement

Les équipements de gestion de l'éclairement sont les suivants :

Local	Système de gestion
Chambre	Détection de présence
Restaurant	Interrupteur Gradateur
Salle de fitness	Interrupteur Gradateur
SPA	Interrupteur Gradateur
Bureaux	Interrupteur Gradateur
Cuisines	Interrupteur Gradateur

Les hypothèses de calcul sont issues de l'évaluation des besoins d'eau à 60°C en l/j, réalisé par EGIS ANTILLES GUYANE (voir Annexe 1 « Evaluation des besoins en eau à 60°C)

Technologie de production

Production d'eau chaude sanitaire est de type accumulation avec ballon de stockage, elle est réalisée par une pompe à chaleur à condensation à air de marque MITSUBISHI model PWFY-P VM-E BU, le dispositif est couplé au système de climatisation DRV par l'intermédiaire d'un module de récupération d'énergie. Ce module permet de récupérer la chaleur extraite des locaux climatisés afin de chauffer l'eau sanitaire. L'appareil dont les performances sont certifiées par EUROVENT affiche un COP de 2,38 seul et de 5,04 avec le dispositif de récupération d'énergie.

Constante de refroidissement du ballon : 0,25 Wh/jour/l/°K

Taux d'occupation moyen annuel de l'hôtel : 56%

3.3.3 RESULTATS DE CALCUL

Nous obtenons les résultats suivants :

Local	Consommation ECS 60° (l/j)	Consommation ECS (kWh th/an)
Chambres	7 000	61 600
Vestiaire Cuisine	420	5 000
Vestiaire personnel	560	6 667
Bâtiment A	3 000	35 833
Buanderie	1 000	11 917
SPA	700	8 333
Total	**12 680**	**159 417**

Les besoins d'eau chaude sanitaire à 60°C de l'hôtel de référence sont de 159 417 kWh thermique/an.

En considérant un rendement de l'installation de 2,38 (module de production d'ECS seul) les consommations électriques sont de **66 982 kWh électriques/an**

En considérant un rendement de l'installation de 5,04 (module de production d'ECS avec récupération d'énergie) les consommations électriques sont de **31 630 kWh électriques/an,** soit une économie de **35 352 kWh** électriques et 53% des consommation d'ECS.

Remarque : Le taux d'occupation de 56% aux chambres ainsi que la fermeture de 2 mois (Septembre / Octobre) ont été appliqués au calcul**.**

4 SYNTHESE DES RESULTATS

4.1 COMPARAISON DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE

Les principales sources de consommation d'énergie l'hôtel ont été identifiées et calculées, suivant le cas d'un hôtel de référence et suivant le projet d'hôtel « Etoile ».

Les résultats sont confrontés ci-dessous :

	Consommation électriques (kWh/an	
	Hotel de référence	Projet Hotel Etoile
Climatisation	498 441	205 165
Eclairage	129 928	97 187
ECS	159 417	31 630
Total	**787 786**	**333 982**

Les options prises par la maitrise d'ouvrage pour limiter les consommations d'énergie permettent de les réduire de **453 804 kWh élec/an** soit environ **58%** des besoins de référence.

5 ANNEXES

5.1 ANNEXE 1 :CONSOMMATIONS JOURNALIERES D'EAU A 60°C

04 aout 2023

Note technique sur la gestion de l'eau

HOTEL EMERAUDE

SAINT BARTHELEMY

INGÉROP
Inventons demain

Codification du document

Affaire	Stade	Phase	Famille	Type	Emetteur	Date	Chrono	Indice
BB2292	Etudes	PCM	NOT	PE	JCS	04/08/23	002	0

Historique du document

Indice	Date	Etabli par	Vérifié par	Validé par	Objet
0	04/08/23	JCS	JCS	JCS	Création du document

SOMMAIRE

1 CONTEXTE 3

1.1 Objet 3

1.2 PREAMBULE 3

2 CALCUL DES CONSOMATIONS EN EAU 4

2.1 hypothèses 4

2.2 CONSOMMATION D'EAU SANITAIRE LIEE A L'HYGIENE DES CLIENTS ET DU PERSONNEL 4

2.3 CONSOMMATION D'EAU SANITAIRE LIEE A L'ACTIVITE de restauration 4

2.4 CONSOMMATION D'EAU SANITAIRE LIEE A L'ACTIVITE de BUANDERIE 5

2.5 CONSOMMATION D'EAU LIEE A L'ACTIVITE DE NETTOYAGE DES SOLS 5

2.6 CONSOMMATION D'EAU LIEE A L'ACTIVITE d'ARROSAGE des ESPACE VERTs 5

2.7 CONSOMMATION D'EAU LIEE A L'ACTIVITE d'APPOINT DES PISCINE 5

2.8 TOTAL CONSOMMATION D'EAU 6

3 PROVENANCE DE L'EAU 6

3.1 Cas des besoins en eau pour l'arrosage 7

3.2 Répartition des besoinS en eau en fonction de leur provenance 7

3.3 Dispositifs complémentaire d'économie 8

1 CONTEXTE

1.1 OBJET

La présente notice a pour objet de détailler l'ensemble des consommations d'eau du site et de mettre en évidence les efforts faits par la maitrise d'ouvrage pour en rationnaliser l'utilisation.

Il est important de noter que l'eau utilisée par le futur hôtel « Etoile » sera issue d'un dessalement, y compris pour l'eau sanitaire dès que celui-ci aura été agrée par les autorités compétentes, elle ne pèsera donc pas à terme sur le réseau d'eau de ville déjà en tension à Saint Barthélémy.

1.2 PREAMBULE

Le site a subi la démolition d'anciens bâtiment ainsi que la réalisation de dispositifs d'infrastructure pour La SAS Saint Jean Beach Real Estate Invest, maître d'ouvrage, a entrepris de réhabiliter un terrain en bordure de la plage Saint Jean à Saint-Barthélemy, ayant comporté les 15 bâtiments de l'ancien hôtel Emeraude Plage, pour 35 clés, lequel n'est plus exploité depuis 2017. Les constructions de l'ancien hôtel Emeraude, endommagées par le cyclone Irma, ont été démolies. Le projet consiste à reconstruire un établissement hôtelier de catégorie 5 étoiles, d'une taille très proche de l'ancien hôtel Emeraude (38 clés pour 40 chambres). Il sera composé d'un ensemble de villas et cottages, un restaurant de plage de 60 couverts, un espace fitness réservé à la clientèle de l'hôtel, une boutique et l'ensemble des locaux techniques, des locaux du personnel et espaces parkings nécessaires pour le bon fonctionnent de l'établissement.

Le maître d'ouvrage exploitant déjà l'hôtel Le Barthélemy sur la baie de Grand Cul-de-Sac, à près de 5 kms, il mutualisera le fonctionnement des deux établissements, afin d'optimiser l'utilisation de ses ressources humaines et des espaces, et minimiser ainsi l'impact du Projet en termes de logement des saisonniers et de transport.

L'objectif du projet est de restituer au site l'esprit du lieu d'origine « Emeraude plage » en créant des bâtiments inspirés de l'architecture classique antillaise, implantés de manière dispersée afin de privilégier la vue sur la mer en évitant un rythme répétitif de constructions, à l'intérieur d'un espace généreusement planté.

2 CALCUL DES CONSOMATIONS EN EAU

2.1 HYPOTHESES

Nous identifions les grands types d'utilisation de puisage d'eau indispensable au bon fonctionnement de l'établissement.

- Eau Sanitaire liée à l'hygiène des clients et du personnel
- Eau Sanitaire liée à l'activité de restauration
- Eau Sanitaire liée à l'activité de Buanderie
- Eau sanitaire pour le nettoyage des locaux
- Eau non sanitaire pour l'arrosage des espaces verts
- Eau non sanitaire pour le nettoyage des espaces extérieurs

2.2 CONSOMMATION D'EAU SANITAIRE LIEE A L'HYGIENE DES CLIENTS ET DU PERSONNEL

Hypothèses de calculs :

Nombre de personnel nominal : 25 en simultané (60 sur 24h)
Nombre de clients nominal : 80 personnes
Taux d'occupation moyen annuel de l'hôtel : 60% les deux premières années puis 70% ensuite
Consommation d'eau par client et par jour : 250 l/jour/clients
Consommation d'eau par employé et par jour : 100 l/jour/employés

Consommation d'eau pour ce poste :

Consommation clients : 17 600 l/jour
Consommation personnels : 6 000 l/jour

2.3 CONSOMMATION D'EAU SANITAIRE LIEE A L'ACTIVITE DE RESTAURATION

Hypothèses de calculs :

Nombre de couverts clients : 200 / jour
Consommation d'eau par couvert client : 40 litres
Nombre de couverts employés : 40 / jour
Consommation d'eau par couverts employés : 22,5 litres
Nombre de client bar plage : 40
Consommation d'eau par client bar plage : 10 litres

Consommation d'eau pour ce poste :

Consommation client : 8 000 l/jour
Consommation personnels : 900 l/jour
Consommation bar plage : 400 l/jour

2.4 CONSOMMATION D'EAU SANITAIRE LIEE A L'ACTIVITE DE BUANDERIE

Hypothèses de calculs :

Quantité de linge traité : 250 kg/jour
Consommation d'eau par kg de linge : 20 litres

Consommation d'eau pour ce poste :

Consommation buanderie : 5 000 l/jour

2.5 CONSOMMATION D'EAU LIEE A L'ACTIVITE DE NETTOYAGE DES SOLS

Hypothèses de calculs :

Surface des sols intérieurs : 3 000 m²
Surface des sols extérieurs : 3 600 m²
Fréquence de nettoyage : quotidienne
Consommation d'eau : 0,2 l/m²

Consommation d'eau pour ce poste :

Consommation nettoyage des sols : 1 320 l/jour

2.6 CONSOMMATION D'EAU LIEE A L'ACTIVITE D'ARROSAGE DES ESPACE VERTS

Hypothèse de calculs :

Surfaces végétalisées : 6 771 m²
Besoin en arrosage : 0.025 m3/m²/semaine (soit 3,57 l/jour/m²)

Consommation d'eau pour ce poste :

Consommation arrosage : 24 182 l/jour

2.7 CONSOMMATION D'EAU LIEE A L'ACTIVITE D'APPOINT DES PISCINE

Hypothèses de calculs :

Nombre de baigneurs : 80
Besoin en eau : 60l/jour/baigneur (uniquement les clients hôtel)

Consommation d'eau pour ce poste :

Consommation arrosage : 4 800 l/jour

2.8 TOTAL CONSOMMATION D'EAU

Le tableau ci-dessous récapitule les consommations par usages :

	Qtté	Conso/u.	Litres
Hygiène client	80	250,00	20 000
Hygiene personnel	60	100,00	6 000
Restauration Client	200	40,00	8 000
Restauration Personnel	40	22,50	900
Bar plage	40	10,00	400
Buanderie	250	20,00	5 000
Nettoyage des sols	6 600	0,20	1 320
Arrosage	6 771	3,57	24 172
Piscine	80	60,00	4 800
TOTAL (l/jour)			**70 592**

La consommation en eau de l'hôtel est estimée à 70 m3/jour en pointe pour une occupation à 100%.
La fréquentation de l'hôtel est prévue avec une occupation à 60% les deux premières années puis 70% ensuite (la consommation en eau pour l'arrosage n'est pas affectée par le taux d'occupation) :

- Pour une occupation annuelle à 60%, cela représente 19 000 m3 /an
- Pour une occupation annuelle à 70% cela représente 20 700 m3 /an

3 PROVENANCE DE L'EAU

Les sources d'eau sont les suivantes :

- Récupération d'eau de pluie ;
- Réutilisation de l'eau clarifiées issues de la station d'épuration ;
- Dessalement de l'eau de mer ;
- Raccordement au réseau concessionnaire d'eau sanitaire ;
- Eventuelle réutilisation des vidanges de piscine.

3.1 CAS DES BESOINS EN EAU POUR L'ARROSAGE

La récupération des eaux pluviales, stockée dans des bassins en infrastructure, permettra de couvrir à elle seule 41% des besoins annuel d'arrosage (cf. notice de gestion des eaux pluviales)

La réuse des eaux issues de la station d'épuration permettra également de réaliser en abondance l'arrosage des espaces végétalisées distant de 50 m au moins de la zone de baignade (soit 2 500 m² environ sur les 6 771m² de surface végétalisée).
L'hôtel pourrait avoir une occupation nulle en septembre et octobre, il n'y aurait donc pas d'eau issue de la STEP. L'arrosage de la zone concernée serait donc soit issue des eaux pluviales, soit du dessalement, cependant il s'agit des périodes les plus pluvieuses avec un besoin moindre.

La consommation d'eau issue du dessalement est donc limitée aux espaces végétalisés à moins de 50 mètres de la plage (environ 4 200m²) pour 59% des besoins (le reste étant assurée par la réutilisation d'eau de pluie)
Cela représente 3 200 m3/an au lieu de 8 800 m3 si aucune réutilisation n'avait été mise en place

3.2 REPARTITION DES BESOINS EN EAU EN FONCTION DE LEUR PROVENANCE

L'hôtel sera équipé d'un process de dessalement pour une production d'eau adoucie de 80 m3/jour. Après autorisation des services compétents, cette production se substituera à celle issue du branchement en eau de ville du réseau de l'ile pour les besoins d'eau sanitaire.

Le tableau ci-dessous précise pour chaque besoin la provenance de l'eau :

	besoin en litres/jour	Provenance	Consomation en eau de ville ou dessalement
Hygiène client	20 000	Branchement ou dessalement	20 000
Hygiene personnel	6 000	Branchement ou dessalement	6 000
Restauration Client	8 000	Branchement ou dessalement	8 000
Restauration Personnel	900	Branchement ou dessalement	900
Bar plage	400	Branchement ou dessalement	400
Buanderie	5 000	Branchement ou dessalement	5 000
Nettoyage des sols	1 320	Dessalement	1 320
Arrosage	24 172	Eau pluviales / STEP / dessalement	8 760
Piscine	4 800	Branchement ou dessalement	4 800
TOTAL	**70 592**		**55 180**

On notera que la réutilisation de l'eau pour l'arrosage permet de réduire la consommation issue du dessalement (ou de l'eau de ville) de 22%

Consommation annuelle en eau de ville (ou dessalement) :

- **Pour une occupation annuelle à 60% : 13 300 m3 /an**
- **Pour une occupation annuelle à 70% : 16 000 m3 /an**

3.3 DISPOSITIFS COMPLEMENTAIRE D'ECONOMIE

Une cuve d'eau en infrastructure permettra de récupérer les eaux de vidange issue des piscines, en fonction du traitement d'eau retenu pour les piscines, cette eau pourra venir encore diminuer la consommation des postes arrosage et nettoyage des sols.

Les dispositifs suivants seront par ailleurs mis en œuvre pour limiter au mieux la consommation d'eau :

- WC à double chasse, 3/6 litres ;
- Suivi de compteur d'eau par la GTB afin de signaler rapidement aux exploitants toute consommation anormale pouvant provenir d'une fuite.

25 juillet 2023

PCM - Note de gestion des eaux pluviales

HOTEL EMERAUDE

SAINT BARTHELEMY

INGÉROP
Inventons demain

Codification du document

Affaire	Stade	Phase	Famille	Type	Emetteur	Date	Chrono	Indice
BB2292	Etudes	PCM	NOT	PE	MBN	25/07/23	001	0

Historique du document

Indice	Date	Etabli par	Vérifié par	Validé par	Objet
0	21/07/23	MBN	MBN	JCS	Création du document

SOMMAIRE

1 CONTEXTE 3

1.1 OBJET 3

1.2 ETAT DE LA PARCELLE 3

1.3 PRINCIPE DE GESTION DES EAUX PLUVIALES 3

2 DIMENSIONNEMENT DE LA CUVE DE RECUPERATION 4

1.4 HYPOTHESES 4

1.5 CALCUL 5

1.6 METHODE DE CALCUL 6

1 CONTEXTE

1.1 OBJET

Cette note vise à décrire les dispositions prévues pour gérer les eaux pluviales du projet d'hôtel EMERAUDE à St Barthélémy.

1.2 ETAT DE LA PARCELLE

Le site a subi la démolition d'anciens bâtiment ainsi que la réalisation de dispositifs d'infrastructure pour les besoins du projet (caisonnage de colonnes de jet-groutting et mise en place de pieux sécants). Le projet a depuis été interrompu et les excavations ont été remblayées.
Nous ne disposons pas d'information sur la nature des terres mises en remblais ou la méthodologies employées (compactage ?).

1.3 PRINCIPE DE GESTION DES EAUX PLUVIALES

Il n'existe pas de réseaux publics pouvant recevoir les eaux pluviales aux abords de la parcelle. Les pluies collectées sur les toitures imperméables et non accessibles doivent être dirigées vers une cuve de récupération pour être réutilisées pour l'arrosage des espaces verts, pour les chasses d'eau des wc ou pour le lavage.
Concernant l'arrosage, cette eau pourra-t-être utilisée en fonction des périodes et de la fréquentation de l'hôtel pour l'ensemble des espaces verts de la parcelle ou seulement pour certaines zones qui ne seront pas arrosées par les eaux retraitées de la station d'épuration.

Les eaux collectées sur les autres revêtements imperméables seront dirigées vers les espaces verts attenants pour être infiltrés.
Des surverses achemineront le surplus vers la mer.

2 DIMENSIONNEMENT DE LA CUVE DE RECUPERATION

1.4 HYPOTHESES

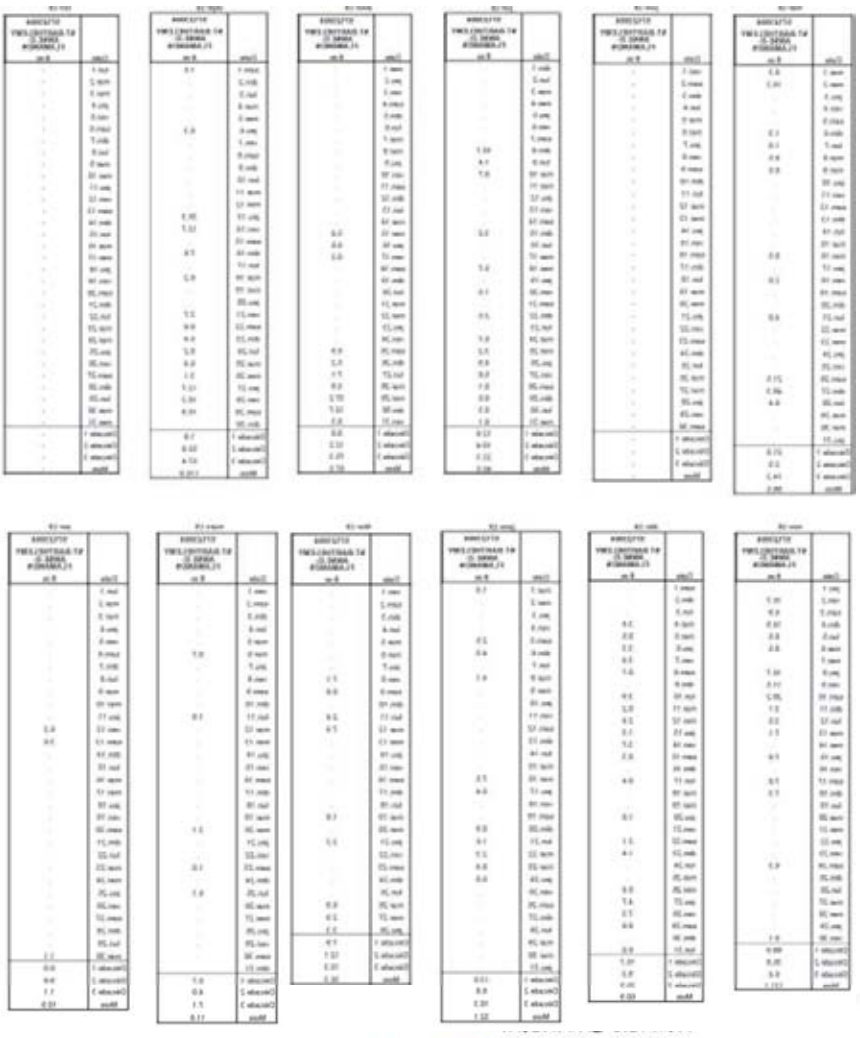
La parcelle AI22 n'est pas prise en compte dans le dimensionnement.

dénomination	surface (m²)
parcelle	**9 533**
toitures imperméables collectées	2 911
toitures végétalisées	372
espaces verts en pleine terre	2 878
autre surfaces imperméables	3 372

A ce stade, seuls les besoins en arrosage sont pris en compte dans le dimensionnement car ce sont les besoins les plus importants.

Besoins en arrosage		
Total surface	2800	m²
Arrosage	0,025	m3/m²/semaine
Besoin hebdomadaires en arrosage	70	m3/semaine
Besoin annuels en arrosage	3640	m3/semaine

Données pluviométriques annuelles de mai 2018 à avril 2019
station météo ANSE D FLAMANDS - ST BARTHELEMY



1.5CALCUL

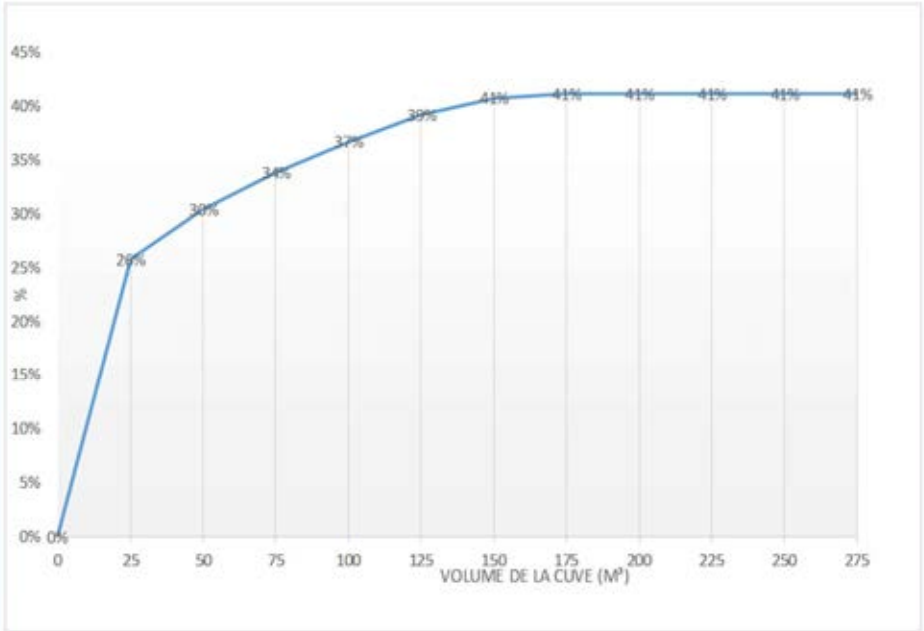
Surface et type de toiture alimentant la cuve	Surface (m^2)	Coefficient de restitution (K_T)
total des toitures imperméables	2 911	0,9
Total	2 788	

Coefficient de restitution du système de filtration à l'entrée de la cuve de stockage (K_F)	0,9

Le volume potentiellement récupérable par jour est donc de (en m^3) 2,358 x $h_{quotidienne}$ *(en mm)*

CONCLUSION

N° de cuve	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
volume de la cuve (m^3)	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275
Taux de couverture des besoins (%)	0%	26%	30%	34%	37%	39%	41%	41%	41%	41%	41%	41%



Conclusion :

Une cuve de **75 m^3** couvre **34%** des besoins

Une cuve de 75 m3 couvre 34% des besoins annuels.
Comme le montre le graphique ci-dessus, la courbe de couverture des besoins s'aplatie est on atteint un plafond à 41% des besoins couverts à partir de 150m3.
Un volume de cuve de 75 m3 peut être retenu, Il pourra néanmoins être étendu à 150m3 pour bénéficier d'un taux de couverture légèrement supérieur.

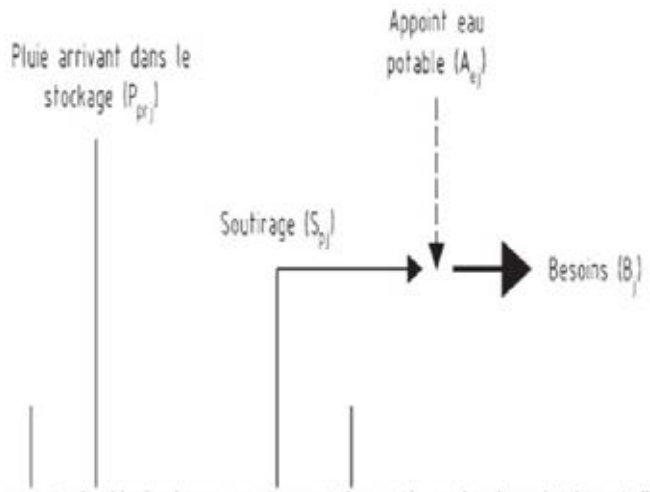
1.6METHODE DE CALCUL

Le calcul a été établi selon la méthode imposé par la norme NFP16-005 qui prend en compte la pluie quotidienne locale pendant une période donnée et analyse le soutirage de la cuve au quotidien selon les usages.
Le principe est détaillé ci-après :

Données d'entrées

S (m)	surface utile de collecte
Pj (m)	pluviométrie journalière du site sur au minimum 5 ans (dernières années de préférence)
K ( )	coefficient global de rendement
V (m^3)	volume d'eau de pluie maximum utilisable fixé
Aej	appoint en eau potable au cours du jour j
Tpj	volume d'eau passant au trop plein au cours du jour j
Bj (m^3)	besoins journaliers en eau (Bj) définis en mètres cubes
Spj (m^3)	soutirage d'eau de pluie dans le stockage au cours du jour j
Bj (m^3)	besoin en eau du jour j
Vpj (m^3)	volume d'eau de pluie dans le stockage en fin de jour j
Vp(j-1) (m^3)	volume d'eau de pluie dans le stockage en fin de jour j-1
Pprj (m)	eau de pluie arrivant dans le stockage au cours du jour j

Pprj = S*Pj*K



L'algorithme permettant de décrire le comportement du système de récupération et d'utilisation de l'eau de pluie à pas de temps journalier est le suivant:

$$S_{pj} = \min\begin{Bmatrix} B_j \\ V_{p(j-1)} \end{Bmatrix}$$

$$V_{pj} = \min\begin{Bmatrix} V_{p(j-1)} + P_{prj} - S_{pj} \\ V - S_{pj} \end{Bmatrix}$$

Pour une valeur de volume utilisable (V) donnée, l'algorithme appliqué sur la série de données pluviométriques permet de déterminer le taux de couverture des besoins $C_b(V)$ qui est défini par la formule suivante :

$$C_b(V) = \Sigma S_{pj} / \Sigma B_j$$

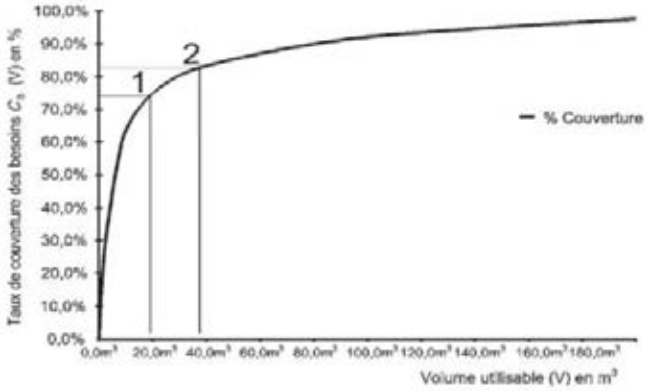
NOTE 1 La valeur initiale du volume d'eau du stockage d'eau de pluie au début de la simulation est fixée à zéro.

NOTE 2 Les paramètres T_{pj} et A_{ej} ne rentrent pas en compte dans le cadre de l'algorithme décrit ci-dessus. T_{pj} sera éventuellement utilisé pour dimensionner un dispositif de gestion des eaux pluviales à la parcelle.

NOTE 3 pour le calcul de V-Spj, ajouter la condition que V est > 0 sinon, V-Spj = 0 et de cette façon Vpj est bien nul s'il n'y a pas de cuve

On trace alors la courbe $C_b = f(V)$ pour différentes valeurs de V jusqu'à atteindre la valeur maximale de C_b.

Cette courbe est l'élément de base permettant de décider du volume utilisable du stockage d'eau de pluie à retenir en fonction des contraintes du projet.



RESULTATS DES RECONNAISSANCES

DESCRIPTION DES SOLS

Le site est caractérisé par l'enchaînement lithologique suivant, du haut vers le bas, mis en évidence au droit des sondages :

- ✓ **Un recouvrement remblayé/remanié**, noté $Rb_{0/2}$, présent sur 1.0 m à 2.7 m d'épaisseur environ. Il est généralement constitué des sables autochtones mais pourra également présenter d'autres formes et être d'autres origines, en particulier des éléments de type grave et blocs polygéniques recoupés principalement dans la zone du front de mer (ancien aménagement pare-houle ou de protection contre l'érosion ?). Ces derniers ont nécessité la réalisation d'avant-trous pour l'exécution des essais de type CPTu.
- ✓ **Des dépôts marins sableux**, notés Fq_5, reconnus jusqu'à 7.4 m à 10.3 m de profondeur environ au droit des sondages. Il s'agira ici de sables marins grossiers coquillés blanchâtres à beige finement argileux et se présentant sous la forme d'un empilement de passées décimétriques fortement indurées entrecoupées de couches centimétriques à décimétriques plus lâches. Les essais CPTu ont permis d'identifier une couche très indurée de type *beachrock* plus puissante en partie haute et dont le toit a été recoupé entre 1.7 m et 3.2 m de profondeur environ et le mur entre 3.0 m et 5.3 m de profondeur environ.
- ✓ **Des sédiments de lagune sablonneux**, notés Fq_{4a}, reconnus jusqu'à 9.2 m à 13.8 m de profondeur environ au droit des sondages. Il s'agira ici de sables marins grossiers coquillés lâches dans une gangue argilo-vasarde de teinte grise à verdâtre
- ✓ **Des Hyaloclastites dégradées**, notées SuV_{2a}, directement en dessous et au moins jusqu'à la base des sondages. Elles sont constituées d'un conglomérat pyroclastique à dominante dacitique pluri centimétrique, non jointif, de teinte claire (gris, bleutée, verdâtre) cimenté dans une matrice limoneuse indurée de type siltstone dégradée de teinte beige à lie-de-vin riche en quartz.

Le substratum géotechnique, d'origine volcanique dans le contexte géologique local du site, a été reconnu entre 9.2 m et 13.8 m de profondeur environ au droit des sondages réalisés. Le pendage global apparent du rocher semble donc très faible, inférieur à 5% environ, et descendant vers le Nord-Nord-Est.

Les coupes et logs des sondages géotechniques de la campagne initiale de 2018 sont présentés en Annexe 3.

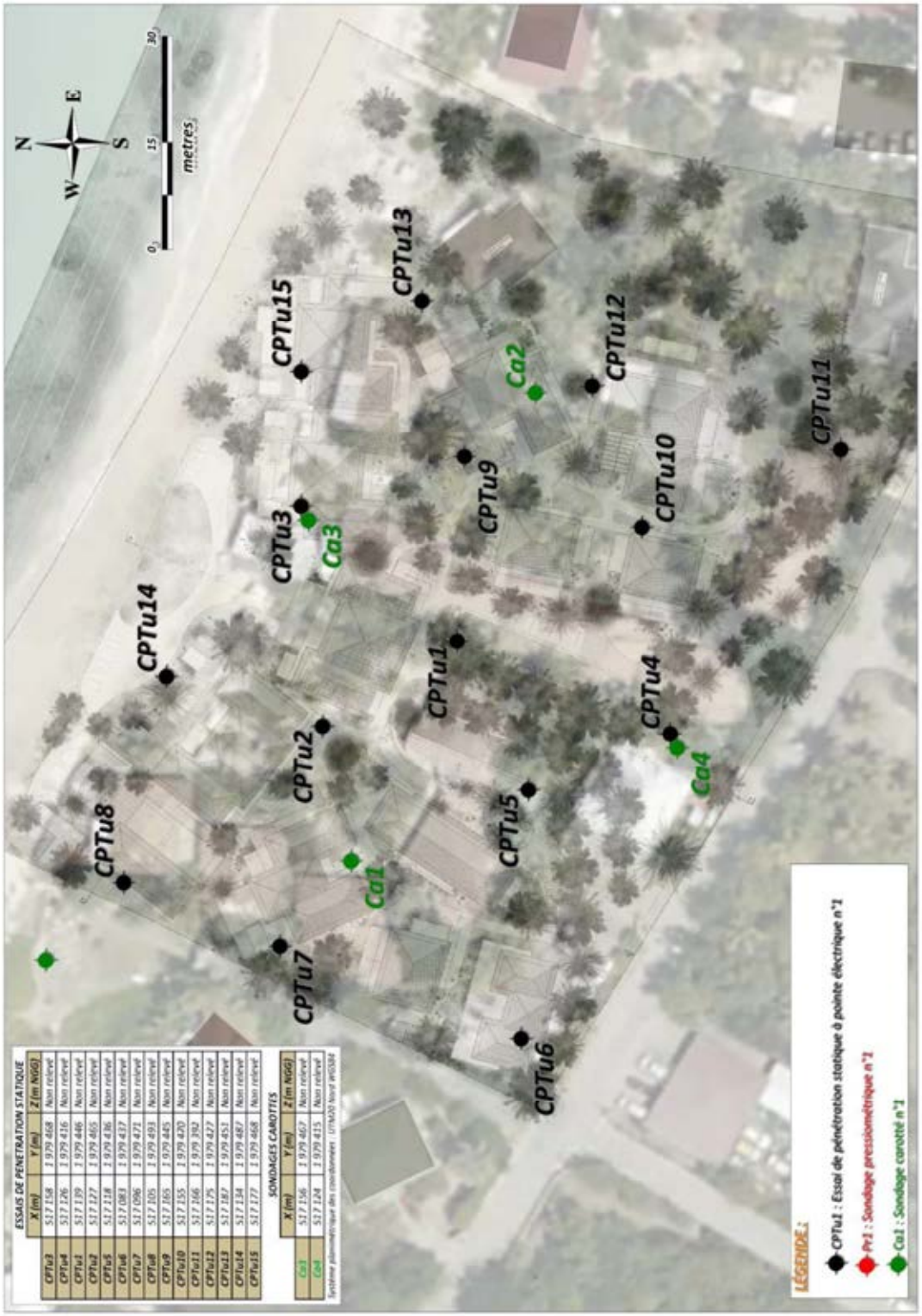
Les coupes correspondant aux sondages de reconnaissances géologiques de type carottés Ø116 mm sont présentées en Annexe 4.

Les logs des essais de pénétration statique à pointe électrique sont présentés en Annexe 5.

Les coupes des forages pour la réalisation des essais d'infiltration sont présentées en Annexe 7.

Plan d'implantation des reconnaissances : Sondages et essais géotechniques

2a



Antilles GEOTECHNIQUE	**SAS SJBREI**
	Hôtel ETOILE à Saint Jean
Dossier n°1911-001	COLLECTIVITE DE SAINT BARTHELEMY

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL	Ca1
Planche photographique des échantillons prélevés en caisse	

Sondage carotté en site terrestre Ca1 de 0 à 6 m/TN

0.0	1.0
1.0	2.0
2.0	3.0

3.0	4.0
4.0	5.0
5.0	6.0

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1811-039/SOL1/Ca1

LABCO Antilles *Laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	**NIVEAU D'EAU : 2.7 m/TN** **DATE :** 07/12/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	**X :** 517108 m **Y :** 1979461 m **Z :** Non relevé
		DOSSIER : 1811-039

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL	Ca1
Planche photographique des échantillons prélevés en caisse	

Sondage carotté en site terrestre Ca1 de 6 m à 10.5 m/TN

6.0		7.0
7.0		8.0
8.0		9.0
9.0		10.0
10.0		11.0
11.0		12.0

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1811-039/SOL1/Ca1

LABCO Antilles *Laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	**NIVEAU D'EAU : 2.7 m/TN** **DATE :** 07/12/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	**X :** 517108 m **Y :** 1979461 m **Z :** Non relevé
		DOSSIER : 1811-039

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL

Planche photographique des échantillons prélevés en caisse

Ca2

Sondage carotté en site terrestre Ca2 de 0 à 6 m/TN

0.0	1.0
1.0	2.0
2.0	3.0

3.0	4.0
4.0	5.0
5.0	6.0

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1811-039/SOL1/Ca2

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

NIVEAU D'EAU : 2.3 m/TN

DATE : 07/12/2018

X : 517174 m

Y : 1979435 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1811-039

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL	Ca2
Planche photographique des échantillons prélevés en caisse	

Sondage carotté en site terrestre Ca2 de 6 m à 10.5 m/TN

6.0		7.0
7.0		8.0
8.0		9.0
9.0		10.0
10.0		11.0
11.0		12.0

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1811-039/SOL1/Ca2

LABCO Antilles — *Laboratoire de la construction aux Antilles*	**SBDHI**	**NIVEAU D'EAU : 2.3 m/TN**
		DATE : 07/12/2018
	Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean	**X :** 517174 m **Y :** 1979435 m **Z :** Non relevé
		DOSSIER : 1811-039

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL	Ca3
Planche photographique des échantillons prélevés en caisse	

Sondage carotté en site terrestre Ca3 de 0 à 6 m/TN

0.0	1.0
1.0	2.0
2.0	3.0

3.0	4.0
4.0	5.0
5.0	6.0

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1911-001/SOL1/Ca3

LABCO Antilles *Laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	**NIVEAU D'EAU : 1.9 m/TN** **DATE :** 02/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	**X :** 517156 m **Y :** 1979467 m **Z :** Non relevé
		DOSSIER : 1911-001

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL	Ca3
Planche photographique des échantillons prélevés en caisse	

Sondage carotté en site terrestre Ca3 de 6 m à 10.3 m/TN

6.0		7.0
7.0		8.0
8.0		9.0
9.0		10.0
10.0		11.0
11.0		12.0

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1911-001/SOL1/Ca3

LABCO Antilles *Laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	**NIVEAU D'EAU : 1.9 m/TN** **DATE :** 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	**X :** 517156 m **Y :** 1979467 m **Z :** Non relevé
		DOSSIER : 1911-001

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL	Ca4
Planche photographique des échantillons prélevés en caisse	

Sondage carotté en site terrestre Ca4 de 0 à 6 m/TN

0.0		1.0
1.0		2.0
2.0		3.0
3.0		4.0
4.0		5.0
5.0		6.0

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1911-001/SOL1/Ca4

LABCO Antilles *Laboratoire de la construction aux Antilles*	**SAS SJBREI**	**NIVEAU D'EAU : 1.95 m/TN** **DATE :** 03/12/2019
	Hôtel Etoile à Saint Jean	**X :** 517124 m **Y :** 1979415 m **Z :** Non relevé
		DOSSIER : 1911-001

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL

Planche photographique des échantillons prélevés en caisse

Ca4

Sondage carotté en site terrestre Ca4 de 6 m à 10.5 m/TN

6.0		**7.0**
7.0		**8.0**
8.0		**9.0**

9.0		**10.0**
10.0		**11.0**
11.0		**12.0**

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1911-001/SOL1/Ca4

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

NIVEAU D'EAU : 1.95 m/TN

DATE : 04/12/2019

X : 517124 m

Y : 1979415 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL

Planche photographique des échantillons extraits sur place

De1

Sondage carotté en site terrestre De1 de 0 à 10.3 m/TN

FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1911-001/SOL1/De1

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

NIVEAU D'EAU : 2.5 m/TN

DATE : 13/01/2020

X : 517130 m

Y : 1979488 m

Z : Non relevé

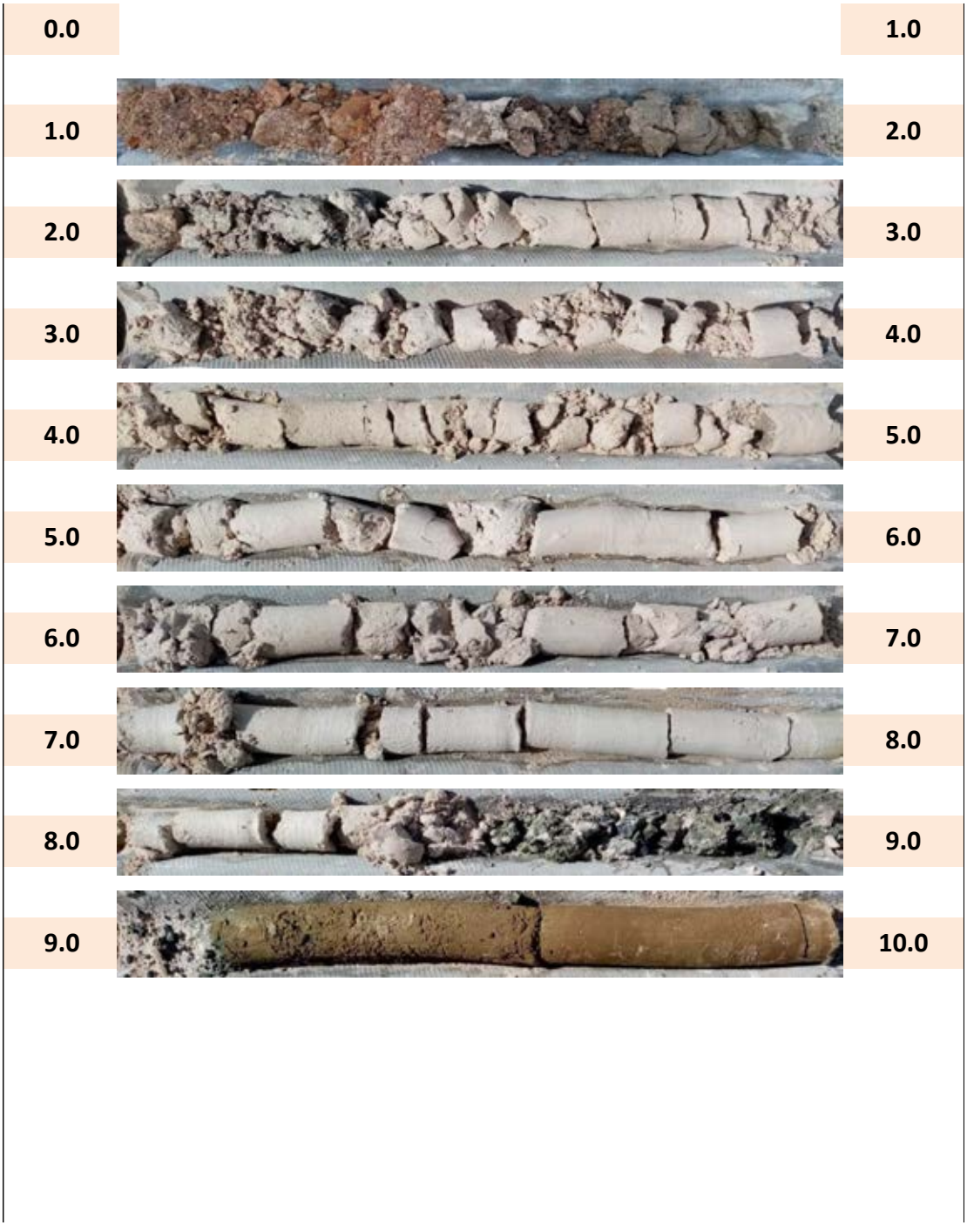
DOSSIER : 1911-001

SONDAGE CAROTTE - PROCES VERBAL

Planche photographique des échantillons extraits sur place

De2

Sondage carotté en site terrestre De2 de 0 à 10.5 m/TN



FOREUSE COMMACCHIO MC205

Opérateur : A. RENIA *Ø forage : Ø116 mm* *Echantillons intacts : 0*

PV n°1911-001/SOL1/De2

LABCO Antilles

Laboratoire de la construction aux Antilles

SAS SJBREI

Hôtel Etoile à Saint Jean

NIVEAU D'EAU : 1.95 m/TN

DATE : 13/01/2020

X : 517212 m

Y : 1979457 m

Z : Non relevé

DOSSIER : 1911-001

ESSAIS D'INFILTRATION PORCHET

	X (m)	Y (m)	Z (NGG)
Po1	517 094	1 979 450	Non relevé
Po2	517 140	1 979 473	Non relevé
Po3	517 193	1 979 413	Non relevé
Po4	517 196	1 979 454	Non relevé
Po5	517 177	1 979 396	Non relevé

Système planimétrique des coordonnées : UTM20 Nord WGS84

VU POUR ÊTRE ANNEXÉ À LA DÉCISION
FAVORABLE - DÉFAVORABLE
DU CONSEIL EXÉCUTIF.
ST-BARTHÉLEMY LE : 19 DEC. 2019
Le Président.

TEST DE PERCOLATION

ESSAI PORCHET A NIVEAU CONSTANT

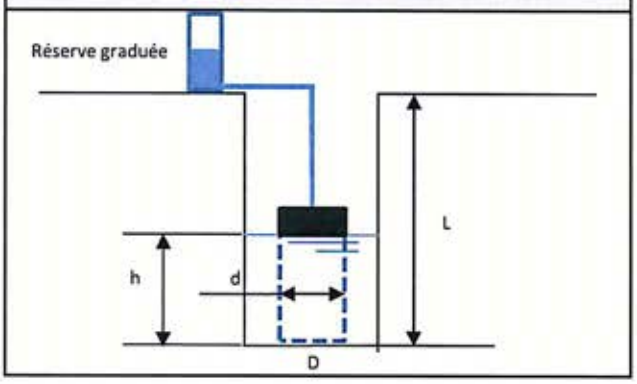
Po1

CIRCULAIRE DU MINISTERE DE L 'ENVIRONNEMENT N°97-49 DU 22 MARS 1997 - ANNEXE III

RESULTATS DES MESURES

Temps (min)	Mesure (L)	Q_{inst} (m^3/min)	K_{inst} (m/s)	K_{inst} (mm/h)
	2.50			
0.1	2.40	1.1E-03	2.1E-04	7.5E+02
0.1	2.30	2.0E-03	3.8E-04	1.4E+03
0.2	2.20	2.5E-03	4.7E-04	1.7E+03
0.2	2.10	2.0E-03	3.8E-04	1.4E+03
0.3	2.00	2.0E-03	3.8E-04	1.4E+03
0.3	1.90	2.0E-03	3.8E-04	1.4E+03
0.4	1.80	2.0E-03	3.8E-04	1.4E+03
0.4	1.70	1.7E-03	3.1E-04	1.1E+03
0.5	1.60	1.7E-03	3.1E-04	1.1E+03
0.6	1.50	1.4E-03	2.7E-04	9.7E+02
0.6	1.40	1.4E-03	2.7E-04	9.7E+02
0.7	1.30	1.4E-03	2.7E-04	9.7E+02
0.8	1.20	1.3E-03	2.4E-04	8.5E+02
0.9	1.10	1.1E-03	2.1E-04	7.5E+02
1.0	1.00	1.1E-03	2.1E-04	7.5E+02
1.1	0.90	9.1E-04	1.7E-04	6.2E+02
1.2	0.80	8.3E-04	1.6E-04	5.7E+02
1.3	0.70	7.7E-04	1.5E-04	5.2E+02
1.5	0.60	6.3E-04	1.2E-04	4.2E+02
1.7	0.50	5.6E-04	1.0E-04	3.8E+02
1.9	0.40	4.3E-04	8.2E-05	3.0E+02
2.2				

DISPOSITIF DE MESURE



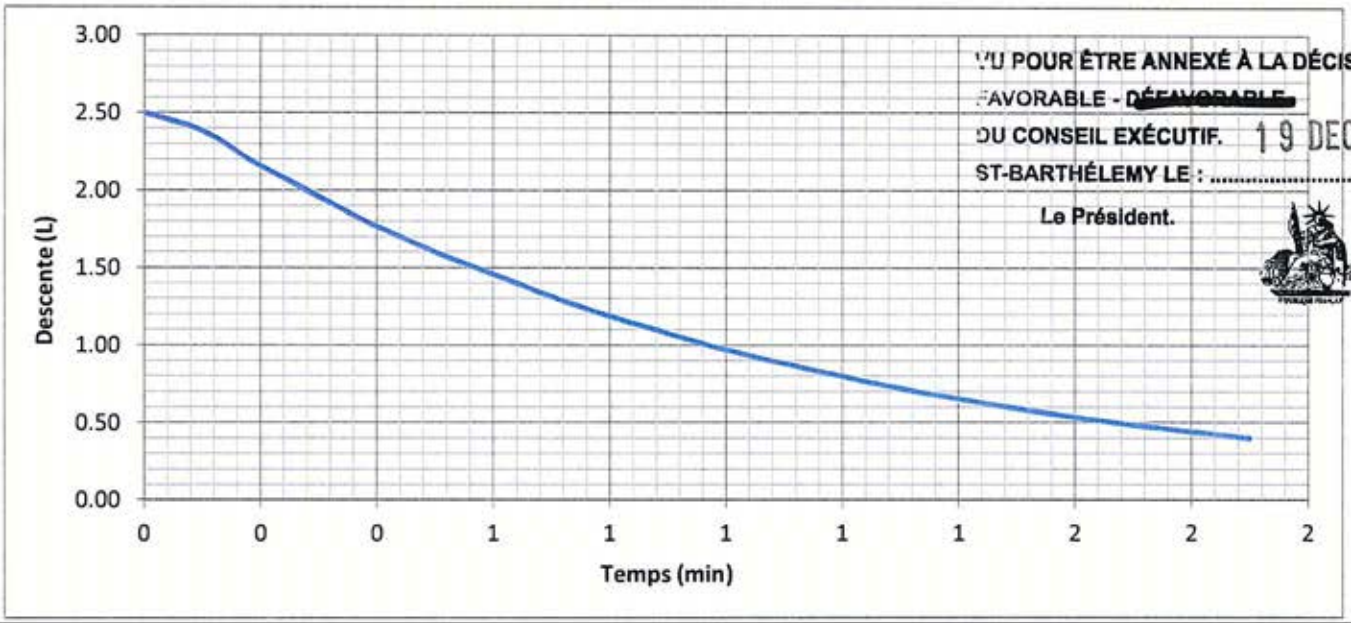
D : diamètre du forage (m)	0.15
d : diamètre du perméamètre (m)	0.10
L : Profondeur du forage (m)	0.50
h : Hauteur d'infiltration (m)	0.15

K : coefficient de perméabilité $K = \frac{4}{4\pi.D.h + \pi D^2} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t}$

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013

K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable

K = **2.5E-04** *m/s* **890** *mm/h*



VU POUR ÊTRE ANNEXÉ À LA DÉCISION
FAVORABLE - DÉFAVORABLE
DU CONSEIL EXÉCUTIF. 19 DEC. 2019
ST-BARTHÉLEMY LE : .....
Le Président.

Matériel : PERMEAMETRE SDEC 450
Opérateur : L. CAROUPANAPOULLE

Début de saturation : *7/5/19 11:20*
Fin de saturation : *7/5/19 13:30*

LABCO Antilles
Laboratoire de la construction aux Antilles

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

Début d'essai : *7/5/19 13:30*
Fin d'essais : *7/5/19 13:31*

X : 517094 m
Y : 1979450 m
Z : Non relevé

DOSSIER : 1811-039

TEST DE PERCOLATION

ESSAI PORCHET A NIVEAU CONSTANT

Po2

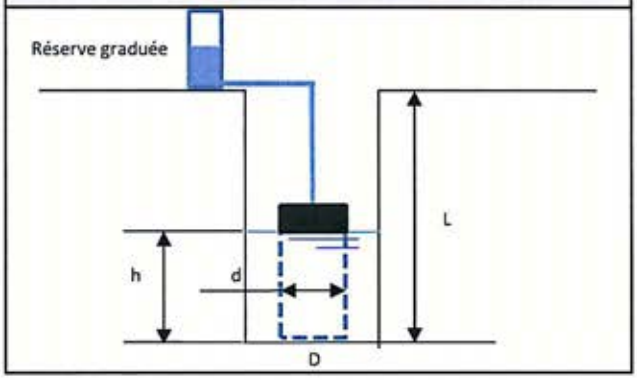
CIRCULAIRE DU MINISTERE DE L 'ENVIRONNEMENT N°97-49 DU 22 MARS 1997 - ANNEXE III

RESULTATS DES MESURES

Temps (min)	Mesure (L)	Q_{inst} (m^3/min)	K_{inst} (m/s)	K_{inst} (mm/h)
	2.50			
0.2	2.40	5.0E-04	9.4E-05	3.4E+02
0.3	2.30	1.4E-03	2.7E-04	9.7E+02
0.3	2.20	1.4E-03	2.7E-04	9.7E+02
0.4	2.10	1.3E-03	2.4E-04	8.5E+02
0.5	2.00	1.3E-03	2.4E-04	8.5E+02
0.6	1.90	1.3E-03	2.4E-04	8.5E+02
0.7	1.80	1.1E-03	2.1E-04	7.5E+02
0.8	1.70	1.1E-03	2.1E-04	7.5E+02
0.9	1.60	1.0E-03	1.9E-04	6.8E+02
1.0	1.50	9.1E-04	1.7E-04	6.2E+02
1.1	1.40	9.1E-04	1.7E-04	6.2E+02
1.2	1.30	8.3E-04	1.6E-04	5.7E+02
1.3	1.20	7.7E-04	1.5E-04	5.2E+02
1.5	1.10	7.1E-04	1.3E-04	4.9E+02
1.6	1.00	6.3E-04	1.2E-04	4.2E+02
1.8	0.90	5.9E-04	1.1E-04	4.0E+02
2.0	0.80	5.3E-04	9.9E-05	3.6E+02
2.2	0.70	4.5E-04	8.6E-05	3.1E+02
2.5	0.60	4.0E-04	7.5E-05	2.7E+02
2.8	0.50	3.3E-04	6.3E-05	2.3E+02
3.1	0.40	2.7E-04	5.1E-05	1.8E+02
3.6	0.30	2.1E-04	4.0E-05	1.4E+02

K = **1.5E-04** m/s **552** mm/h

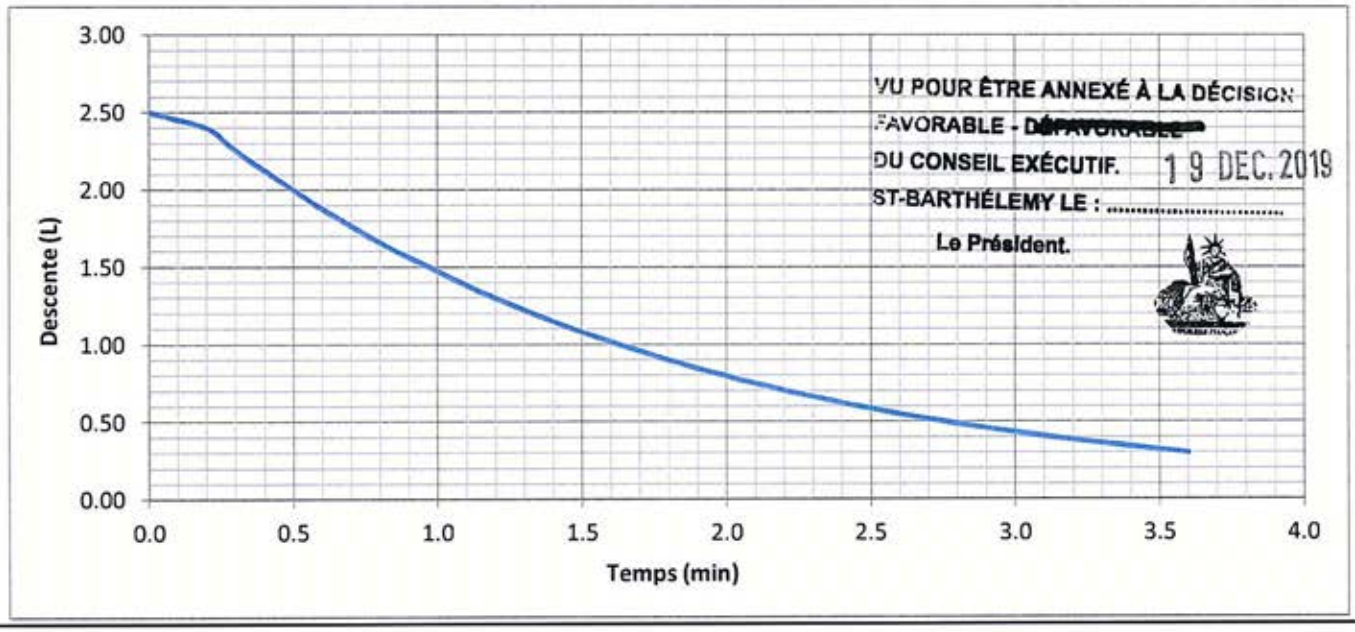
DISPOSITIF DE MESURE



D : diamètre du forage (m)	0.15
d : diamètre du perméamètre (m)	0.10
L : Profondeur du forage (m)	0.30
h : Hauteur d'infiltration (m)	0.15

K : coefficient de perméabilité $$K = \frac{4}{4\pi.D.h + \pi D^2} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable



VU POUR ÊTRE ANNEXÉ À LA DÉCISION
FAVORABLE - DÉFAVORABLE
DU CONSEIL EXÉCUTIF. 19 DEC. 2019
ST-BARTHÉLEMY LE : .....
Le Président.

Matériel : PERMEAMETRE SDEC 450
Opérateur : L. CAROUPANAPOULLE

Début de saturation : *7/5/19 11:20*
Fin de saturation : *7/5/19 13:32*

LABCO Antilles
Laboratoire de la construction aux Antilles

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

Début d'essai : *7/5/19 13:32*
Fin d'essais : *7/5/19 13:35*

X : 517140 m
Y : 1979473 m
Z : Non relevé

DOSSIER : 1811-039

TEST DE PERCOLATION

ESSAI PORCHET A NIVEAU CONSTANT

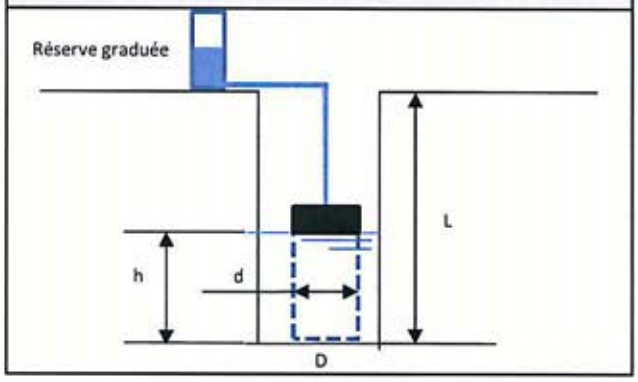
Po3

CIRCULAIRE DU MINISTERE DE L 'ENVIRONNEMENT N°97-49 DU 22 MARS 1997 - ANNEXE III

RESULTATS DES MESURES

Temps (min)	Mesure (L)	Q_{inst} (m^3/min)	K_{inst} (m/s)	K_{inst} (mm/h)
	2.50			
0.3	2.40	4.0E-04	7.5E-05	2.7E+02
0.3	2.30	2.0E-03	3.8E-04	1.4E+03
0.4	2.20	2.0E-03	3.8E-04	1.4E+03
0.4	2.10	2.0E-03	3.8E-04	1.4E+03
0.5	2.00	1.7E-03	3.1E-04	1.1E+03
0.5	1.90	1.7E-03	3.1E-04	1.1E+03
0.6	1.80	1.7E-03	3.1E-04	1.1E+03
0.7	1.70	1.4E-03	2.7E-04	9.7E+02
0.7	1.60	1.4E-03	2.7E-04	9.7E+02
0.8	1.50	1.4E-03	2.7E-04	9.7E+02
0.9	1.40	1.3E-03	2.4E-04	8.5E+02
1.0	1.30	1.3E-03	2.4E-04	8.5E+02
1.1	1.20	1.0E-03	1.9E-04	6.8E+02
1.2	1.10	1.0E-03	1.9E-04	6.8E+02
1.3	1.00	1.0E-03	1.9E-04	6.8E+02
1.4	0.90	7.7E-04	1.5E-04	5.2E+02
1.5	0.80	7.7E-04	1.5E-04	5.2E+02
1.7	0.70	6.7E-04	1.3E-04	4.5E+02
1.8	0.60	5.6E-04	1.0E-04	3.8E+02
2.1	0.50	4.8E-04	9.0E-05	3.2E+02
2.3	0.40	4.0E-04	7.5E-05	2.7E+02
2.6	0.30	3.0E-04	5.7E-05	2.1E+02

DISPOSITIF DE MESURE



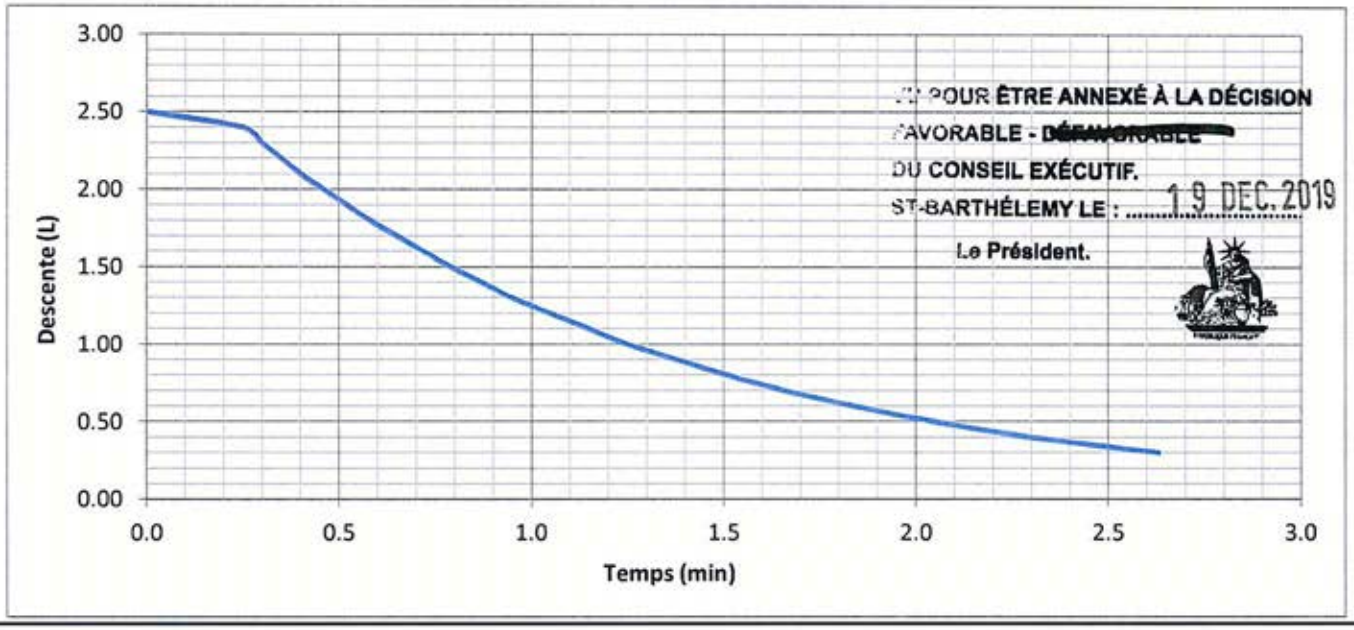
D : diamètre du forage (m)	0.15
d : diamètre du perméamètre (m)	0.10
L : Profondeur du forage (m)	0.40
h : Hauteur d'infiltration (m)	0.15

K : coefficient de perméabilité $K = \frac{4}{4\pi.D.h + \pi D^2} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t}$

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013

K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable

K = **2.2E-04** *m/s* **776** *mm/h*



POUR ÊTRE ANNEXÉ À LA DÉCISION
FAVORABLE - DÉFAVORABLE
DU CONSEIL EXÉCUTIF.
ST-BARTHÉLEMY LE : 19 DEC. 2019
Le Président.

Matériel : PERMEAMETRE SDEC 450
Opérateur : L. CAROUPANAPOULLE

Début de saturation : *7/5/19 11:20*
Fin de saturation : *7/5/19 13:50*

LABCO Antilles
Laboratoire de la construction aux Antilles

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

Début d'essai : *7/5/19 13:50*
Fin d'essais : *7/5/19 13:51*

X : 517193 m
Y : 1979413 m
Z : Non relevé

DOSSIER : 1811-039

TEST DE PERCOLATION

ESSAI PORCHET A NIVEAU CONSTANT

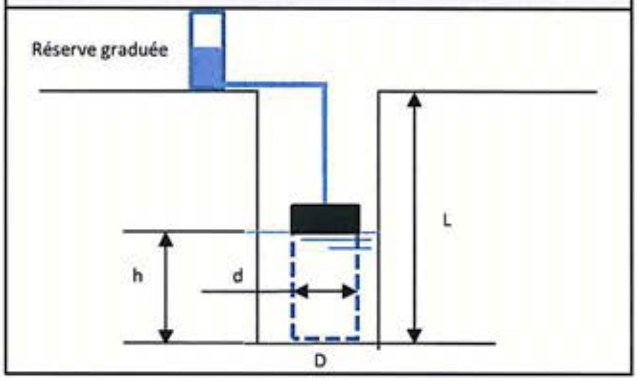
Po4

CIRCULAIRE DU MINISTERE DE L 'ENVIRONNEMENT N°97-49 DU 22 MARS 1997 - ANNEXE III

RESULTATS DES MESURES

Temps (min)	Mesure (L)	Q_{inst} (m^3/min)	K_{inst} (m/s)	K_{inst} (mm/h)
	2.50			
0.4	2.40	2.6E-04	4.8E-05	1.7E+02
0.5	2.30	1.4E-03	2.7E-04	9.7E+02
0.5	2.20	1.3E-03	2.4E-04	8.5E+02
0.6	2.10	1.4E-03	2.7E-04	9.7E+02
0.7	2.00	1.1E-03	2.1E-04	7.5E+02
0.8	1.90	1.3E-03	2.4E-04	8.5E+02
0.9	1.80	1.0E-03	1.9E-04	6.8E+02
1.0	1.70	1.1E-03	2.1E-04	7.5E+02
1.1	1.60	9.1E-04	1.7E-04	6.2E+02
1.2	1.50	9.1E-04	1.7E-04	6.2E+02
1.3	1.40	8.3E-04	1.6E-04	5.7E+02
1.4	1.30	8.3E-04	1.6E-04	5.7E+02
1.6	1.20	7.1E-04	1.3E-04	4.9E+02
1.7	1.10	6.7E-04	1.3E-04	4.5E+02
1.9	1.00	6.3E-04	1.2E-04	4.2E+02
2.1	0.90	5.6E-04	1.0E-04	3.8E+02
2.3	0.80	5.0E-04	9.4E-05	3.4E+02
2.5	0.70	4.3E-04	8.2E-05	3.0E+02
2.8	0.60	3.8E-04	7.3E-05	2.6E+02
3.1	0.50	3.2E-04	6.1E-05	2.2E+02
3.4	0.40	2.6E-04	5.0E-05	1.8E+02
3.9	0.30	2.0E-04	3.8E-05	1.4E+02

DISPOSITIF DE MESURE

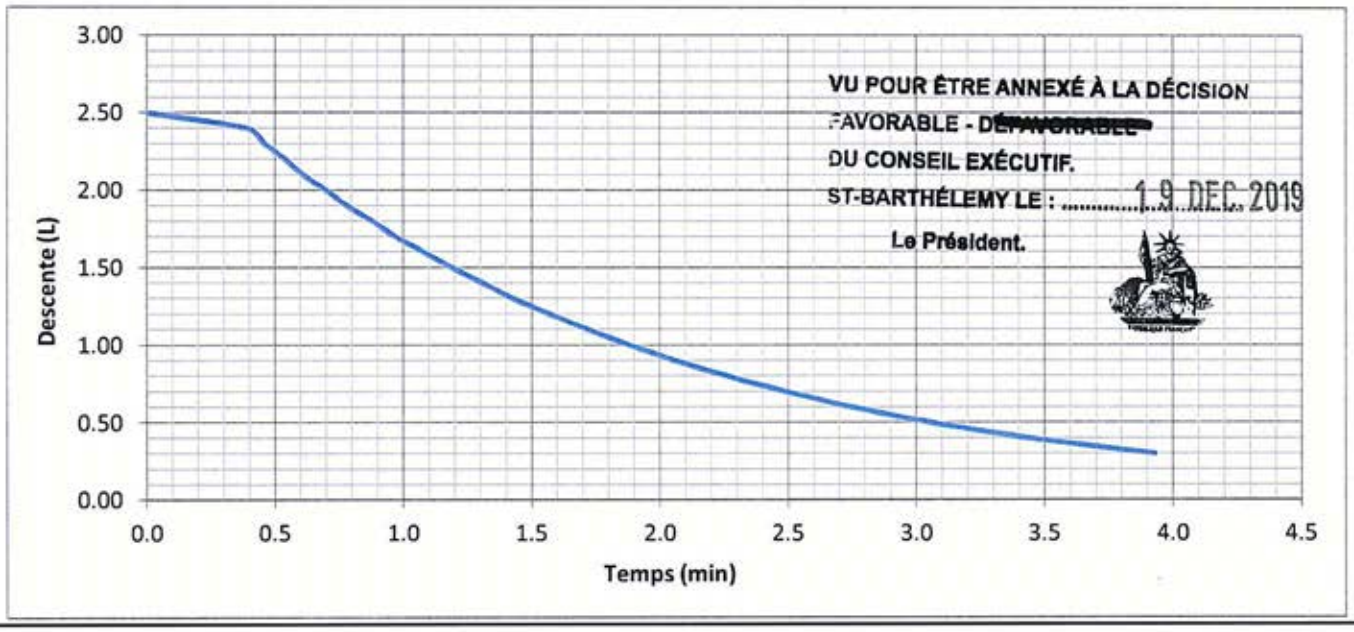


D : diamètre du forage (m)	0.15
d : diamètre du perméamètre (m)	0.10
L : Profondeur du forage (m)	0.38
h : Hauteur d'infiltration (m)	0.15

K : coefficient de perméabilité $$K = \frac{4}{4\pi.D.h + \pi D^2} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013	
K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable

K = **1.5E-04** m/s **524** mm/h



VU POUR ÊTRE ANNEXÉ À LA DÉCISION
FAVORABLE - DÉFAVORABLE
DU CONSEIL EXÉCUTIF.
ST-BARTHÉLEMY LE : 19 DEC. 2019
Le Président.

Matériel : PERMEAMETRE SDEC 450
Opérateur : L. CAROUPANAPOULLE

Début de saturation : *7/5/19 11:20*
Fin de saturation : *7/5/19 13:40*

LABCO Antilles
Laboratoire de la construction aux Antilles

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

Début d'essai : *7/5/19 13:40*
Fin d'essais : *7/5/19 13:43*

X : 517196 m
Y : 1979454 m
Z : Non relevé

DOSSIER : 1811-039

TEST DE PERCOLATION

ESSAI PORCHET A NIVEAU CONSTANT

Po5

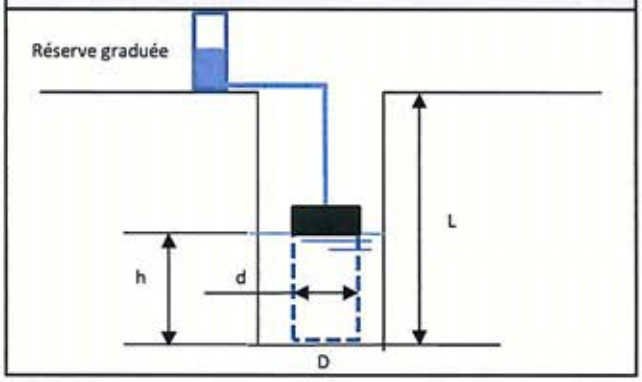
CIRCULAIRE DU MINISTERE DE L 'ENVIRONNEMENT N°97-49 DU 22 MARS 1997 - ANNEXE III

RESULTATS DES MESURES

Temps (min)	Mesure (L)	Q_{inst} (m^3/min)	K_{inst} (m/s)	K_{inst} (mm/h)
	2.50			
0.3	2.40	3.7E-04	7.0E-05	2.5E+02
0.3	2.30	1.7E-03	3.1E-04	1.1E+03
0.4	2.20	2.0E-03	3.8E-04	1.4E+03
0.4	2.10	1.7E-03	3.1E-04	1.1E+03
0.5	2.00	1.4E-03	2.7E-04	9.7E+02
0.6	1.90	1.7E-03	3.1E-04	1.1E+03
0.6	1.80	1.4E-03	2.7E-04	9.7E+02
0.7	1.70	1.3E-03	2.4E-04	8.5E+02
0.8	1.60	1.4E-03	2.7E-04	9.7E+02
0.9	1.50	1.1E-03	2.1E-04	7.5E+02
1.0	1.40	1.3E-03	2.4E-04	8.5E+02
1.1	1.30	1.0E-03	1.9E-04	6.8E+02
1.2	1.20	1.0E-03	1.9E-04	6.8E+02
1.3	1.10	8.3E-04	1.6E-04	5.7E+02
1.4	1.00	8.3E-04	1.6E-04	5.7E+02
1.5	0.90	7.7E-04	1.5E-04	5.2E+02
1.7	0.80	6.3E-04	1.2E-04	4.2E+02
1.9	0.70	5.9E-04	1.1E-04	4.0E+02
2.1	0.60	5.0E-04	9.4E-05	3.4E+02
2.3	0.50	4.3E-04	8.2E-05	3.0E+02
2.6	0.40	3.4E-04	6.5E-05	2.3E+02
3.0	0.30	2.7E-04	5.1E-05	1.8E+02

K = **1.9E-04** m/s **693** mm/h

DISPOSITIF DE MESURE

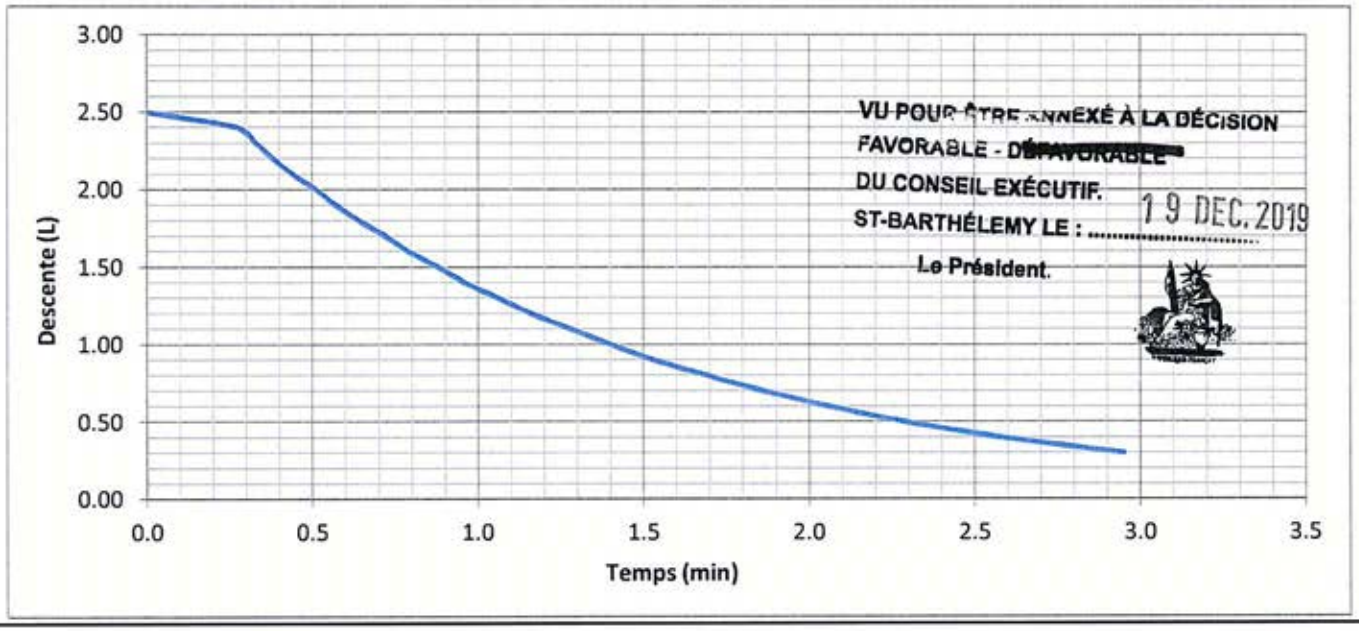


D : diamètre du forage (m)	0.15
d : diamètre du perméamètre (m)	0.10
L : Profondeur du forage (m)	0.60
h : Hauteur d'infiltration (m)	0.15

K : coefficient de perméabilité $$K = \frac{4}{4\pi.D.h + \pi D^2} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Interpretation suivant la Norme XP DTU 64.1P1-1 - Août 2013

K < 6	Impermeable
K= 6 à 15	Très peu perméable
K = 15 à 30	Permeabilité médiocre
K = 30 à 50	Moyennement perméable
K = 50 à 200	Perméable
K = 200 à 500	Très perméable



VU POUR ÊTRE ANNEXÉ À LA DÉCISION
FAVORABLE - DÉFAVORABLE
DU CONSEIL EXÉCUTIF.
ST-BARTHÉLEMY LE : 19 DEC. 2019
Le Président.

Matériel : PERMEAMETRE SDEC 450
Opérateur : L. CAROUPANAPOULLE

Début de saturation : *7/5/19 11:20*
Fin de saturation : *7/5/19 14:00*

LABCO Antilles
Laboratoire de la construction aux Antilles

SBDHI

Restructuration de l'Emeraude à Saint Jean

Début d'essai : *7/5/19 14:00*
Fin d'essais : *7/5/19 14:01*

X : 517177 m
Y : 1979396 m
Z : Non relevé

DOSSIER : 1811-039

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document à accès réservé

Modélisation de l'impact de l'hôtel de l'Etoile sur les écoulements souterrains

Rapport final

BRGM/RC-71493-FR
Version 1 du 17 janvier 2022
Choisissez un élément.

CIVALLERO Enzo

Vérificateur :		**Approbateur :**	
Nom :	P. AUDIGANE	Nom :	Y. DE LA TORRE
Fonction :		Fonction :	Directeur Régional Guadeloupe
Date :	19/04/2022	Date :	26/04/2022
Signature :		Signature :	

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.
Contact : qualite@brgm.fr

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la règlementation en vigueur et/ou les termes de la convention.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire mis à votre disposition.

Mots clés : Pompage, désalinisation, fondation, modélisation, hydrogéologie, biseau salin, hydrodynamisme

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

CIVALLERO Enzo (2022) – Modélisation de l'impact de l'hôtel de l'Etoile sur les écoulements souterrains. Rapport final V1**.** BRGM/RC-71493-FR, 30 p.

© BRGM, 2022, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-21/09/2021

Synthèse

Dans le cadre d'un projet de construction d'hôtel sur la baie de Saint-Jean (Saint-Barthélemy), la société SAINT JEAN REAL ESTATE INVEST a contracté avec le BRGM une demande d'expertise concernant les impacts du bâti sur les écoulements souterrains de la zone et également les impacts générés par les ouvrages souterrains destinés à la désalinisation de l'eau potable du complexe hôtelier.

Afin de réaliser cette étude, le BRGM a établi un état des lieux global de la zone (niveau piézométrique, salinité des eaux souterraines, géométrie du biseau salé, salinité du milieu marin). Ces données ont servi tout d'abord de données de référence et de base d'observation des potentiels impacts. Elles ont en outre été utilisées pour calibrer un modèle MARTHE® afin de modéliser les écoulements souterrains dans un milieu en 3 dimensions en prenant en compte les effets densitaires liés à la salinité.

Les résultats de l'étude sur site ont permis d'établir que le niveau piézométrique s'étendait de +0.70m NGG (niveau de la mer) à +0.77m NGG (niveau le plus haut situé au sud-ouest du bâti). La salinité des eaux souterraines au niveau de l'hôtel s'échelonne de 6 g/l à 13 g/l en surface avec un biseau salé globalement présent entre 2 et 4m de profondeur sur site pour une concentration comprise entre 25 et 35 g/l. Les informations complémentaires nécessaires au modèle (perméabilité, pluviométrie etc..) ont été récupérées au sein de l'étude d'impact générale fournie par le client SAINT JEAN REAL ESTATE INVEST.

Dans un premier temps, le modèle a été utilisé pour mettre en évidence l'impact direct des fondations en pieux sécants sur l'écoulement souterrain des eaux du site. Il est visible que le niveau piézométrique n'est pas impacté par cet ouvrage. La salinité des eaux au droit des fondations est légèrement modifiée sans constituer une transformation importante du milieu.

Dans un second temps le modèle a permis de simuler la mise en fonctionnement sur 10 ans de la centrale de désalinisation et plus particulièrement du pompage et du rejet souterrain que cela induit. Les variations piézométriques sont visibles avec un rabattement au niveau de la zone de pompage de -0,75m et un effet de dôme au niveau de la zone de rejet de +0,63m. Ces variations restent à l'équilibre et n'induisent pas de modifications importantes du milieu souterrain avec une zone d'influence restreinte aux abords proches de l'hôtel (rayon d'influence d'environ 100m). En conditions météorologiques normales et en confrontant le niveau piézométrique avec la carte topographique, le modèle indique qu'il n'y a pas de risque de débordements.

En revanche il a été observé qu'une salinisation du puit de pompage par le rejet de saumure était probable en raison de la proximité des ouvrages. Ce phénomène peut être évité en adaptant les débits de production ou implantant le pompage à une profondeur moindre que celle du rejet.

Suite à cette étude, le BRGM ne préconise pas de contre-indications à la réalisation des fondations de l'hôtel, ni à la réalisation des ouvrages de pompage et de rejet sur la base des informations transmises par le client sur les spécificités techniques des ouvrages.

Sommaire

1. Introduction au sujet 7

2. Etat des lieux initial du site 9
2.1. Diagraphies eaux libres 9
2.2. Diagraphies des eaux souterraines 10
2.3. Prélèvements souterrains 11

3. Définition des données d'entrée du modèle 13
3.1. Géologie 13
3.2. Pluviométrie 14
3.3. Niveaux d'eau 14
3.4. Salinité 15
3.5. Caractéristiques des ouvrages 16
3.5.1. Installation des pieux sécants 16
3.5.2. Pompage pour la station de désalinisation 16

4. Modélisation 18
4.1. Introduction au modèle 18
4.2. Bilan des paramètres initiaux et conditions limites 19
4.3. Impact des fondations sur le niveau piézométrique 20
4.4. Modélisation du biseau salé 21
4.5. Modélisation avec prise en compte du pompage de la station de désalinisation 23

5. Conclusion 27

6. Bibliographie 29

Liste des figures

Illustration 1 : Présentation de la zone d'étude 8

Illustration 2 : Diagraphie de salinité et de conductivité de la baie St Jean 9

Illustration 3 : Diagraphie de salinité et de conductivité de l'étang 10

Illustration 4 : Diagraphie de conductivité au niveau des piézomètres du site 10

Illustration 5 : Diagraphie de salinité au niveau des piézomètres du site 11

Illustration 6 : Résultats des analyses chimiques des prélèvements d'eaux souterraines 12

Illustration 7 : Corrélation entre les chlorures et les sulfates, les bromures et le Lithium 12

Illustration 8 : Contexte géologique de la zone et perméabilité associée 13

Illustration 9 : Emplacements des carottages réalisés par Antilles Géotechnique et les logs associés 13

Illustration 10 : Chronique climatique (Mois, température (T) , précipitations (P), indice thermique (I), évapotranspiration ETP, recharge réelle (RR) (Source Pluvio : Météo France) 14

Illustration 11 : (au-dessus) Installation des piézomètres, (en dessous) les cinq piézomètres utilisés sur site 15

Illustration 12 : Emprise des pieux sécants des fondations de l'hôtel (ceinture des fondations en rouge) 16

Illustration 13 : Emplacement des ouvrages liés à la centrale de désalinisation 17

Illustration 14 : Synthèse des simulations successives réalisées 18

Illustration 15 : Coupe schématique 2D de la zone de l'hôtel avec intégration des ouvrages prévus (schéma sans échelle) 18

Illustration 16 : Paramètres d'entrée pour le modèle MARTHE 19

Illustration 17 : Niveau piézométrique sans l'implantation des fondations - cas de référence ... 20

Illustration 18 : Niveau piézométrique avec l'implantation des fondations - cas post-fondations 21

Illustration 19 : Schéma théorique du biseau salé en milieu côtier 21

Illustration 20 : Vue plane de la salinité sur la couche de surface du modèle – cas de référence (1 - 0m NGG) 22

Illustration 21 : Vue en coupe nord-sud du biseau salin de la zone d'étude de l'hôtel (rose = 35 g/L) - cas de référence 22

Illustration 22 : Vue plane de la salinité sur la couche de surface du modèle (cas post fondation) (1 - 0m NGG) 23

Illustration 23 : Vue en coupe nord-sud du biseau salin de la zone d'étude de l'hôtel (cas post-fondation) 23

Illustration 24 : Vue plane de la charge hydraulique sur la couche de surface du modèle (cas post fondation) (1 - 0m NGG) au temps 0 années 24

Illustration 25 : Comparaison selon la coupe A du niveau piézométrique avec le terrain naturel 25

Illustration 26 : Comparaison selon la coupe B du niveau piézométrique avec le terrain naturel 25

Illustration 27 : Vue plane de la charge hydraulique sur la couche de surface du modèle (cas post fondation) (1 - 0m NGG) au temps 10 ans 25

Illustration 28 : Vue plane du déplacement de salinité sur la couche de rejet/pompage des ouvrages (- 8 m NGG) au bout de 10 ans 26

1. Introduction au sujet

Suite à l'ouragan Irma en 2017, l'hôtel Emeraude de la plage de St Jean à Saint-Barthélemy a été endommagé jusqu'à la reprise du site par SAINT JEAN REAL ESTATE INVEST qui souhaite y établir un nouveau projet hôtelier. En ce sens, une étude d'impact liée au projet de construction et à la mise en service du nouvel hôtel a été réalisée par le cabinet DEBORAH BROSNAN & ASSOCIATES. La collectivité territoriale de Saint-Barthélemy a estimé que des lacunes concernant la prévision de l'impact du projet sur les écoulements souterrains existaient. La société SAINT JEAN REAL ESTATE INVEST a donc sollicité le BRGM pour répondre à deux problématiques :

- La première problématique concerne la modification des écoulements souterrains et la remontée potentielle du niveau piézométrique en lien avec les fondations profondes de l'hôtel.
- La deuxième problématique concerne l'impact du pompage d'eau salée en profondeur pour la désalinisation et l'impact du rejet de saumure (eau ultra-salée d'une salinité de 58 g/l) dans le milieu souterrain. Il est nécessaire de comprendre l'impact à long terme d'un rejet d'eau ultra salée dans le sous-sol par une modélisation en régime transitoire sur une période de 10 ans

Le BRGM se propose de répondre à ces deux questions par la création d'un modèle numérique des écoulements souterrains via le calculateur Marthe développé par le BRGM. Parallèlement à cette étude, une étude menée par le bureau d'étude CREOCEAN de la biocénose de la baie de Saint-Jean vise à apporter des précisions sur les milieux sensibles de la baie et de constater si les saumures peuvent avoir un impact sur ces milieux. La zone d'étude est visible en Illustration 1.

Illustration 1 : Présentation de la zone d'étude

2. Etat des lieux initial du site

Afin de constater si l'hôtel aura un impact sur la chimie des eaux avoisinantes, le BRGM a réalisé un état des lieux de ces eaux. La salinité des eaux naturelles (souterraines, mer et étang) a été mesurée sur la colonne d'eau. De plus, la chimie minérale des eaux souterraines a été analysée en laboratoire.

2.1. DIAGRAPHIES EAUX LIBRES

Un état des lieux des eaux du site a été réalisé afin de connaître la salinité originelle de la baie face à l'hôtel ainsi que de l'étang situé au sud de l'hôtel. Le calcul de la salinité à partir de la conductivité est réalisé avec la formule développée par *Aminot A. et Kerouet R. (2004).* Les diagraphies sont présentées dans l'Illustration 2 et l'Illustration 3. La salinité de l'étang montre qu'il y a un léger biseau salé à 80 cm de profondeur qui fait évoluer la salinité moyenne des 80 premiers centimètres de 32 g/L à 33,5 g/L. La salinité marine est bien plus stable avec une valeur uniforme de 35g /L. Cet écart de salinité entre les deux zones peut être expliqué par les apports d'eaux douces dans l'étang (eaux souterraines et rejets urbains)

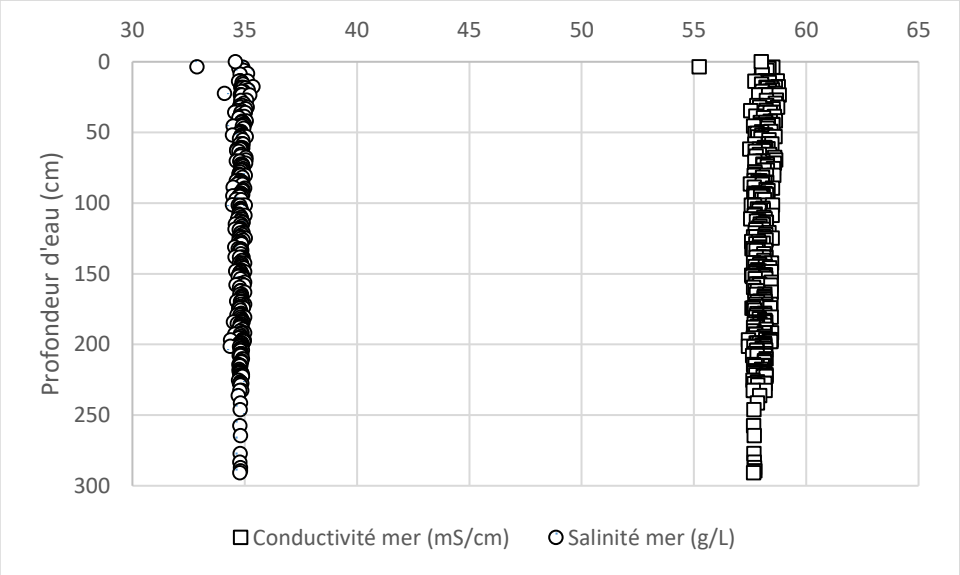


Illustration 2 : Diagraphie de salinité et de conductivité de la baie St Jean

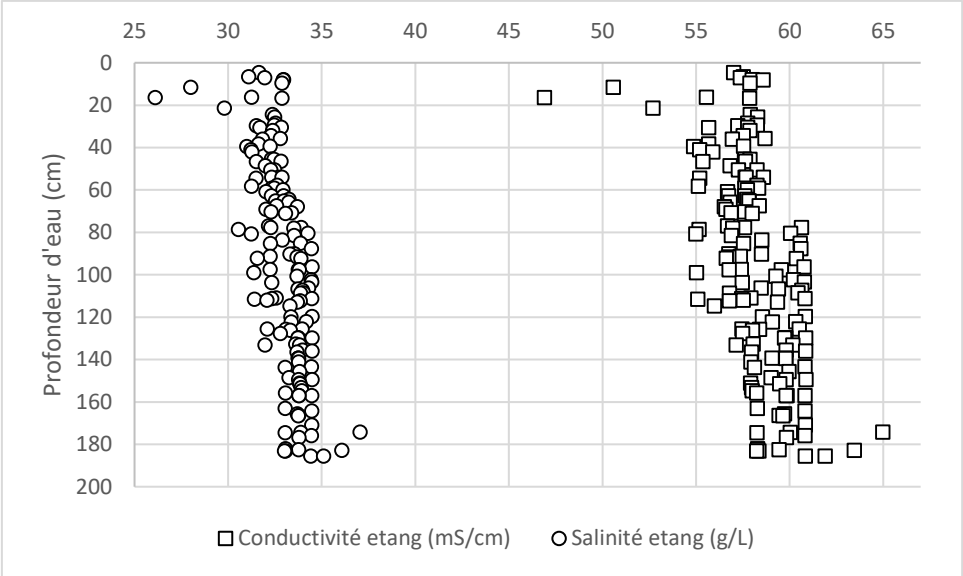


Illustration 3 : Diagraphie de salinité et de conductivité de l'étang

2.2. DIAGRAPHIES DES EAUX SOUTERRAINES

Un état des lieux des eaux souterraines du site a été réalisé afin de connaître la salinité et la profondeur du biseau salé au niveau de la parcelle de l'hôtel. Cinq piézomètres sont réalisés à cet effet. Les résultats des diagraphies sont présentés dans l'Illustration 4 et l'Illustration 5**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**. Le biseau salé est bien visible à une profondeur d'eau d'environ 2m, la zone de transition du biseau salé se situe en 2 et 4 m de profondeur d'eau. En surface la salinité s'échelonne de 3,3 g/L (Pz1) à 13,5 g/L (Pz3). La géométrie de la diagraphie du point Pz4 ne fait pas apparaître un biseau salé, ce point étant le plus proche du milieu marin. Enfin la salinité en profondeur s'échelonne de 26 g/L (Pz1) à 35,9 g/L (Pz3). De manière générale, l'éloignement de la côte fait baisser la salinité pour une profondeur donnée.

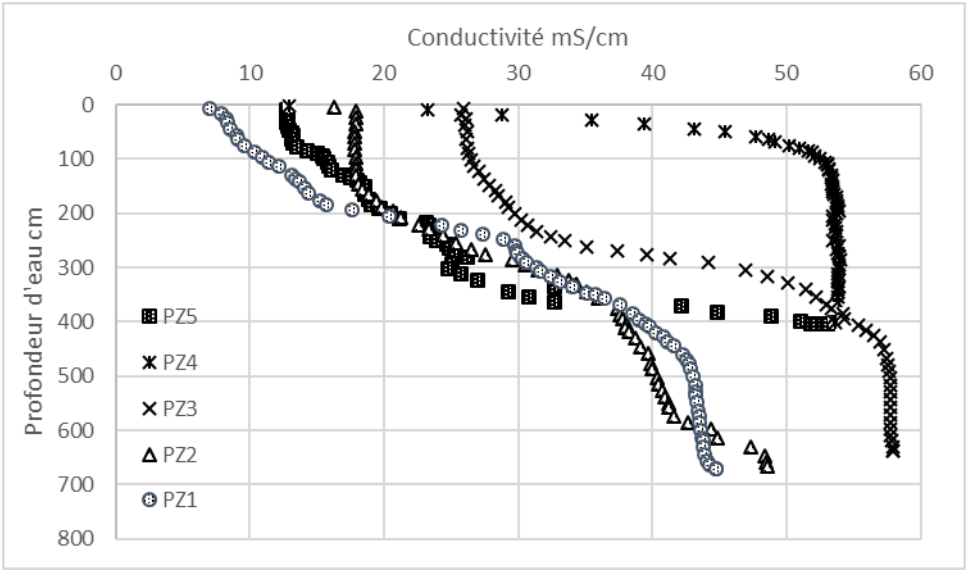


Illustration 4 : Diagraphie de conductivité au niveau des piézomètres du site

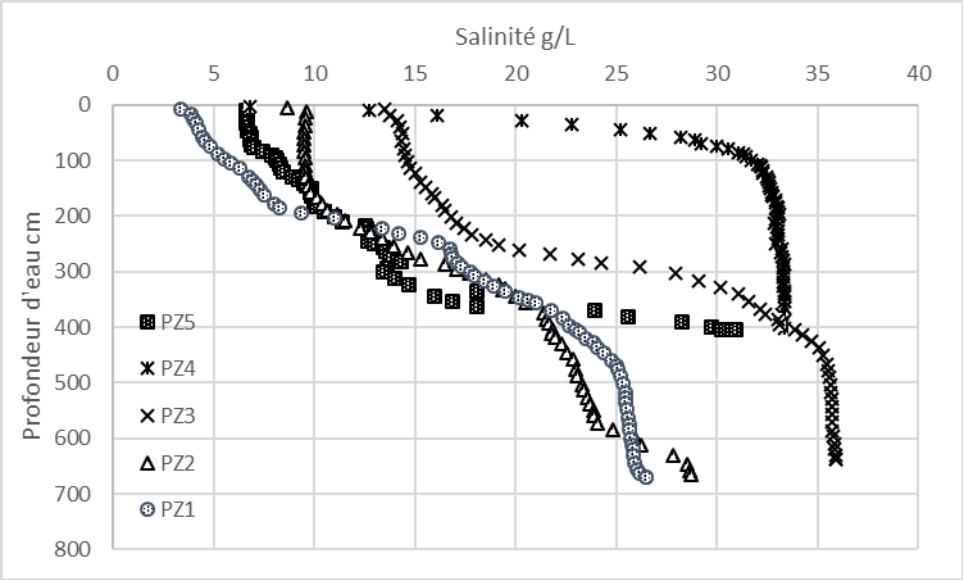


Illustration 5 : Diagraphie de salinité au niveau des piézomètres du site

2.3. PRELEVEMENTS SOUTERRAINS

Cinq prélèvements d'eaux souterraines réalisés au sein des cinq piézomètres du site donnent un état des lieux hydrogéochimique. Il est à noter que ces prélèvements sont réalisés dans la colonne d'eau mélangée et ne sont pas représentatifs d'une profondeur particulière. Les résultats sont présentés dans l'Illustration 6. A partir de ces données, en prenant en compte que la salinité est marquée par la concentration en chlorures, il est à noter que les sulfates, les bromures et le lithium ont une liaison particulière avec les chlorures, comme le confirme les corrélations présentées dans l'Illustration 7. Il n'y pas d'autres éléments particuliers visibles dans ces résultats si ce n'est une présence de Cr, modérément élevée dans Pz4 et néanmoins inférieures aux seuils de normes de qualité environnementales pour les eaux souterraines.

Paramètre	Unité	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PZ5
Cl	mg/l	7570	10152	18927	17967	18199
Nitrites	mg/l	0,25	2,18	< 2,18	2,72	0,169
Carbonate	mg/l	< 12	< 12	< 12	13,7	< 12
Bicarbonates	mg/l	346	381,1	180,6	50,5	186,2
COD	mg/l	0,6	0,4	0,1	< 0,1	< 0,1
Nitrates	mg/l	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfates	mg/l	1045	1440	2465	2280	2368
Orthophosphates	µg/l	< 3260	< 3260	< 3260	< 3260	< 3260
Fluorures	mg/l	< 3260	< 3260	< 3260	< 3260	< 3260
Bromures	µg/l	27390	34352	64415	58760	61106
Sb	µg/l	26,9	26,5	24,2	27,5	25,4

Ag	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Ba	µg/l	< 50	117	< 50	62	< 50
Be	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Ca	mg/l	289,9	105,9	167,4	281,5	161,5
Cr	µg/l	13,1	8,5	< 5	43,3	< 5
Co	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Fe	µg/l	< 125	199	< 125	< 125	< 125
Mg	mg/l	524,5	289,5	457,7	371	441
Hg	µg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Pb	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
K	mg/l	155	85,2	147,1	151,3	159,9
Se	µg/l	< 5	< 5	14	6	12
SiO2	mg/l	18,6	3,9	2,1	2,1	1,5
Si	mg/l	8,7	1,8	1	1	0,7
Na	µg/l	4145,8	2160,9	3767,7	3709,4	3779,8
As	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cd	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cu	µg/l	< 5	8	< 5	< 5	< 5
Li	µg/l	95,8	123,6	185,6	190,8	197,5
Mn	µg/l	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Ni	µg/l	< 5	27	< 5	< 5	< 5
Sr	µg/l	4953	2009	3004	3129	3006

Illustration 6 : Résultats des analyses chimiques des prélèvements d'eaux souterraines

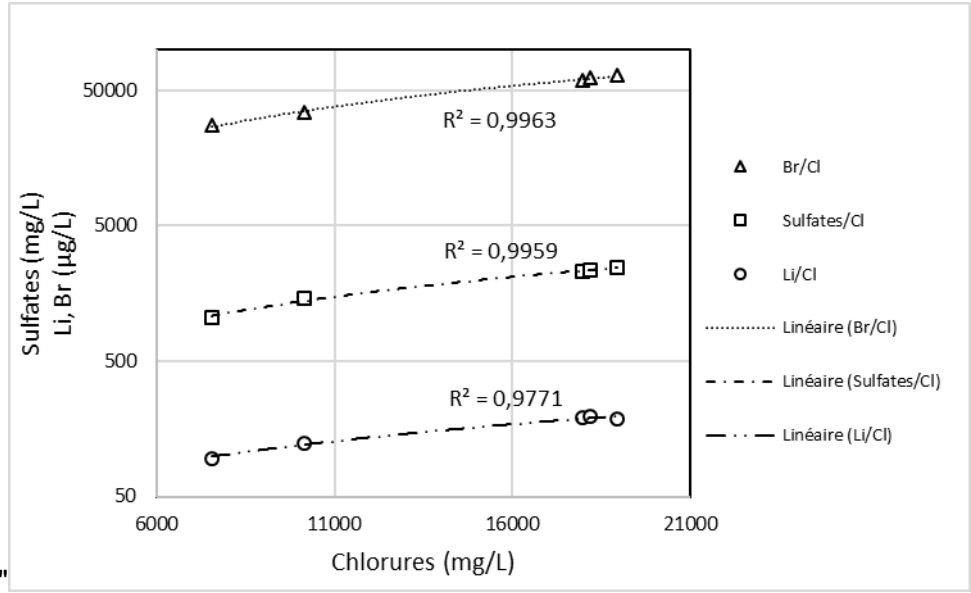


Illustration 7 : Corrélation entre les chlorures et les sulfates, les bromures et le Lithium

3. Définition des données d'entrée du modèle

3.1. GEOLOGIE

Les données géotechniques sont intégrées au sein de l'étude d'impact et ont été réalisées par le bureau d'étude guadeloupéen Antilles Géotechnique. La géologie au droit du site de construction est constituée de 4 à 5 couches superposées avec des remblais divers en surface et des Hyaloclastites latérisées en profondeur. Ces couches sont majoritairement sableuses, avec des phases argileuses en profondeur. Leur perméabilité et leur profondeur extraite du rapport géotechnique de la zone sont renseignées dans l'Illustration 8. La perméabilité a été déterminée à partir de test de percolation en profondeur (Essai Nasberg en régime transitoire) et les résultats sont consultables dans l'étude géotechnique de conception.

Les logs issus des carottages et leurs emplacements sont visibles dans l'Illustration 9.

Code couche	Libellé de la couche	Profondeur de la base	Perméabilité (m/s)
Rb0	Remblais divers	0-0,2 m	$2{,}8\times10^{-4}$
Rb2	Remaniement sableux	2-2,2 m	$2{,}8\times10^{-4}$
Fq5	Dépôts littoraux sableux	8,2-9,8 m	$3{,}6\times10^{-5}$
Fq4a	Dépôts de lagunes argilo-vasards	10-10,2 m	$4{,}4\times10^{-6}$
SuV2a	Hyaloclastites latérisées limono-argileuse	> 10-10,2 m	$1{,}9\times10^{-6}$

Illustration 8 : Contexte géologique de la zone et perméabilité associée

Illustration 9 : Emplacements des carottages réalisés par Antilles Géotechnique et les logs associés

3.2. PLUVIOMETRIE

La recharge en eau de la zone a été établie à partir de la pluie efficace correspondant au volume de précipitations mesuré (Source Météo France) auquel il a été soustrait l'évapotranspiration calculée (formule de Thornthwaite). L'ensemble des résultats est visible dans l'Illustration 10. Pour estimer la recharge réelle (RR) la somme des bilans hydriques à l'échelle annuelle est réalisée.

La formule de l'évapotranspiration ETP de Thornthwaite est la suivante : *ETP* = $16 * [\frac{10*T(m)}{I}]^a * F(m,\varphi)$ et se calcule à partir des températures mensuelles ($T(m)$), de l'indice thermique annuel I et d'un facteur correctif ($F(m,\varphi)$) lié à la latitude de la zone d'étude.

Mois	T(°C)	P(mm)	I(m)	ETP (Thornthwaite)	RR (mm)
Janvier	25,7	62,6	11,92	69,02	-6,42
Février	25,6	59,4	11,85	64,00	-4,60
Mars	25,9	73,7	12,06	75,01	-1,31
Avril	26,7	76,3	12,63	82,98	-6,68
Mai	27,5	93,5	13,21	96,77	-3,27
Juin	28,2	71	13,72	101,53	-30,53
Juillet	28,4	55,3	13,87	107,55	-52,25
Aout	28,6	52,5	14,02	105,91	-53,41
Septembre	28,5	113,7	13,94	98,98	14,72
Octobre	28,4	88,2	13,87	96,98	-8,78
Novembre	27,1	112,4	12,92	79,26	33,14
Décembre	26,2	204,7	12,28	73,13	131,57

Illustration 10 : Chronique climatique (Mois, température (T) , précipitations (P), indice thermique (I), évapotranspiration ETP, recharge réelle (RR) (Source Pluvio : Météo France)

Les résultats d'évapotranspiration montrent que la recharge est positive sur les mois de septembre, novembre et décembre. Ce qui donne *in fine* une **recharge annuelle moyenne de 12 mm**.

3.3. NIVEAUX D'EAU

Cinq piézomètres ont été réalisés pour connaître la profondeur de l'eau souterraine sur l'ensemble du chantier. A partir des mesures piézométriques et des levés du géomètre, le niveau d'eau souterraine au droit des fondations est mesuré à +0,77 m NGG. Le niveau marin et celui de l'étang (en communication pas des conduites) se situe à +0,7 m NGG avec une variation tidale de l'ordre de 30 cm. Cette variation stable n'est pas prise en compte dans les calculs du modèle. Ces ouvrages sont censés être condamnés après la réalisation des fondations, les photos de ces ouvrages sont présentées dans l'Illustration 11.

Illustration 11 : (au-dessus) Installation des piézomètres, (en dessous) les cinq piézomètres utilisés sur site

3.4. SALINITE

La salinité de l'eau de mer a été mesurée à 35 g/l (conductivité de 58 mS/cm pour 30 °C) et celle de l'étang a été mesurée à 32,7 g/l en moyenne (conductivité moyenne de 57 mS/cm pour 32 °C).

Afin de constater la géométrie du biseau salin, des diagraphies ont été réalisées au sein des piézomètres du site de chantier. Il est identifié en surface une couche d'eau saumâtre (de salinité comprise entre 4 et 13 g/l) sur les piézomètres PZ1, PZ2 et PZ5. Le biseau salin est situé à une profondeur d'eau comprise entre 2 et 4 m, en dessous la salinité est comprise entre 22 g/l (PZ1 et PZ2) et 35 g/l (PZ5).

3.5. CARACTERISTIQUES DES OUVRAGES

3.5.1. Installation des pieux sécants

Dans un contexte proche côtier avec un risque important d'érosion de côte et de houle cyclonique, les fondations de l'hôtel sont constituées de colonnes de béton injecté, l'ensemble de l'hôtel est ceinturé par une barrière de pieux sécants. Ces pieux sécants sont installés de la surface jusqu'au substrat (couche géologique SuV2a) sur une longueur totale de 9 m. Ainsi l'emprise totale de l'hôtel correspond à une barrière étanche aux écoulements souterrains, pouvant potentiellement générer une remontée du niveau piézométrique aux abords de l'ouvrage. L'emprise des pieux est présentée dans l'Illustration 12.

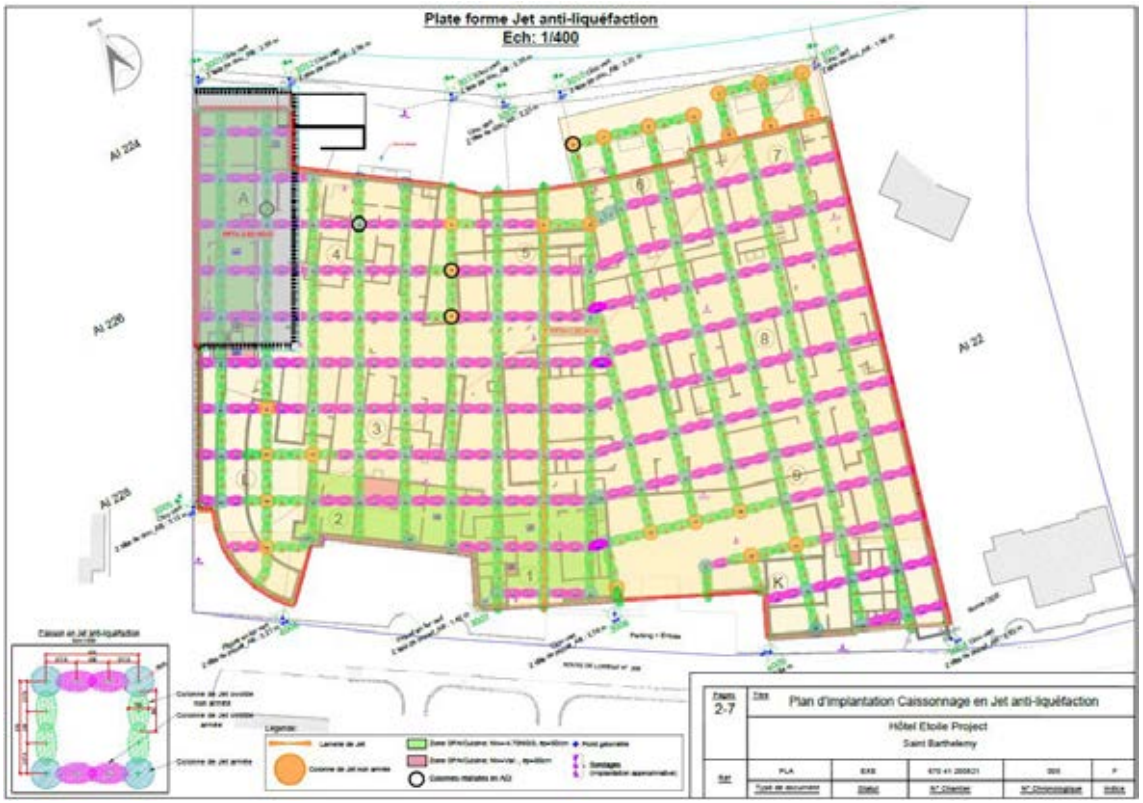


Illustration 12 : Emprise des pieux sécants des fondations de l'hôtel (ceinture des fondations en rouge)

3.5.2. Pompage pour la station de désalinisation

Afin d'être alimenté de manière constante en eau potable ainsi que de soulager les ponctions d'eau sur le réseau publique, l'hôtel sera équipé d'une centrale de désalinisation. Cette centrale est censée pomper de l'eau salée en arrière plage, à 10 m de profondeur à raison d'un débit maximal théorique de 10 m^3/h. Le rejet de saumure s'effectue en profondeur en arrière plage également, à raison d'un débit maximal théorique de 6 m^3/h. L'emplacement des puits de pompage et de rejet sont présentés dans l'Illustration 13.

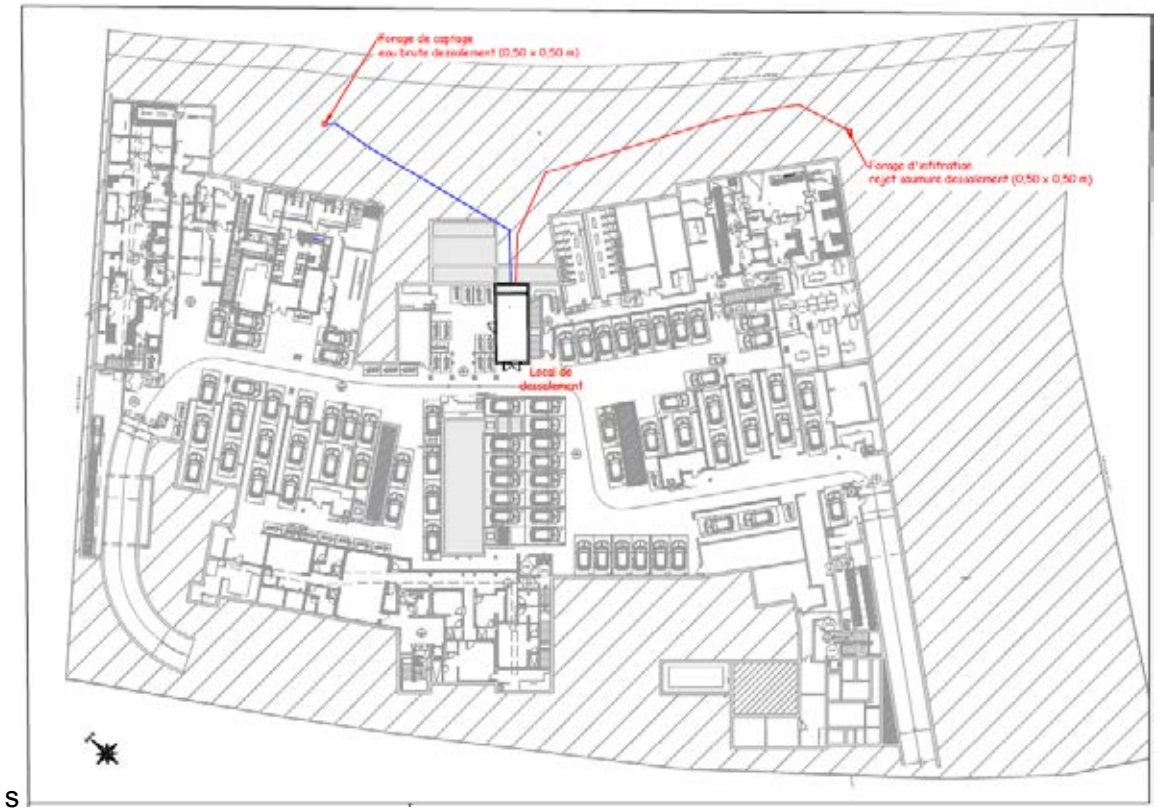


Illustration 13 : Emplacement des ouvrages liés à la centrale de désalinisation

4. Modélisation

4.1. INTRODUCTION AU MODELE

Le code de calcul MARTHE permet de modéliser les hydrosystèmes en intégrant, de manière couplée, les écoulements souterrains, le bilan hydroclimatique, et les écoulements en rivières. MARTHE permet en particulier de modéliser en 3D et multicouche les écoulements, le transport de masse et le transfert thermique en zone saturée et en zone non saturée, en milieux monophasiques et diphasiques, en prenant en compte les effets densitaires et les effets thermiques.

Il est prévu d'utiliser cette solution logicielle pour modéliser la modification des écoulements de l'eau souterraine liée au projet hôtelier. Le modèle est réalisé de manière incrémentale, c'est-à-dire de la situation la moins complexe (situation initiale) à la plus complexe (situation avec les ouvrages en activité). Le résultat du modèle attendu concerne le niveau piézométrique ainsi que la modification de la géométrie du biseau salé. Les modélisations successives sont décrites dans l'Illustration 14. Une coupe 2D schématique de la zone présentant les ouvrages est donnée Illustration 15. Enfin, pour valider le modèle, les valeurs représentant les variations de charge ou de salinité pour chaque maille entre deux itérations doivent être inférieure à 1^{e}-6 m pour la charge et 1^{e}-8 kg/m^3 pour la salinité. Lorsque les variations sont en dessous de ces valeurs on considère que le modèle est à l'équilibre.

Simulation	Côte piézométrique	Pieux sécants	Salinité de l'eau	Pompage/rejet	Régime de calcul
1	Oui	Non	Non	Non	Permanent
2	Oui	Oui	Non	Non	Permanent
3	Oui	Non	Oui	Non	Permanent
4	Oui	Oui	Oui	Non	Permanent
5	Oui	Oui	Oui	Oui	Permanent
6	Oui	Oui	Oui	Oui	Transitoire (10 ans)

Illustration 14 : Synthèse des simulations successives réalisées

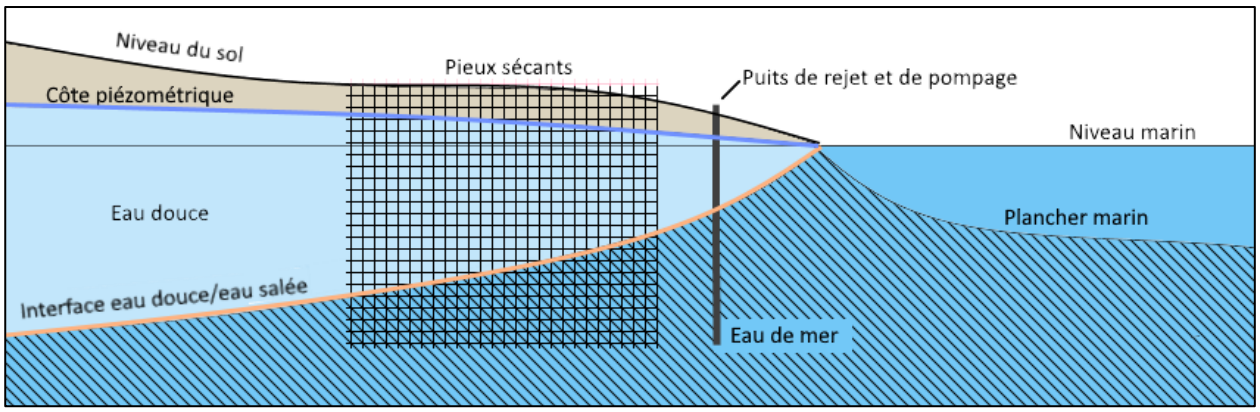


Illustration 15 : Coupe schématique 2D de la zone de l'hôtel avec intégration des ouvrages prévus (schéma sans échelle)

4.2. BILAN DES PARAMETRES INITIAUX ET CONDITIONS LIMITES

Pour réaliser un modèle cohérent il convient de déterminer quelle va être l'emprise du domaine de modélisation et quelles vont être les conditions limites du modèle. Il a été choisi pour simplifier le modèle mais également pour éviter de spéculer sur des données initiales indisponible de ne pas prendre en compte l'étang situé au sud de l'hôtel et le canal attenant situé à l'est de l'hôtel. Les paramètres initiaux caractérisent deux milieux :

- le milieu marin ouvert totalement perméable et poreux, de niveau piézométrique constant et de salinité également constante,
- le milieu terrestre, de perméabilité et de porosité unique, bénéficiant d'une pluviométrie constante sur toute sa surface et d'un niveau piézométrique non imposé. La salinité est initialisée à une valeur nulle mais non imposée. La perméabilité des couches Rb0, Rb2, Fq5 et Fq4a est définie comme unique et est choisie à partir d'une moyenne des perméabilités mesurées sur site pour les couches Fq5 et Fq4a, le niveau piézométrique n'étant presque pas en contact avec les couches sableuses Rb0 et Rb2. En raison de la topographie très peu marquée de la zone et du fait qu'elle soit quasiment entourée par le milieu marin constant (mer au nord, canal à l'est et étang au sud, tous trois à la même altitude), il est choisi de ne pas soumettre les limites terrestres du modèle (ouest) à un flux hydrogéologique, les seuls apports hydriques à la partie terrestre du modèle sont les précipitations.

Dans les faits le niveau marin est situé à une altitude moyenne de 0,7 m NGG (les variations tidales n'ont pas été incluses car considérée comme constante dans le temps). Le niveau piézométrique situé au sud de l'hôtel et mesuré au sein du piézomètre Pz1 donne un niveau de 0,77 m NGG. Néanmoins le modèle est défini à une échelle métrique, les altitudes réelles des niveaux d'eau ont été normalisées pour que le niveau marin soit situé à une altitude de 0 m NGG, ce qui ramène le niveau piézométrique de Pz1 à + 0,07 m NGG. Cette modification fournit des résultats au modèle sous-cotés de 70 cm, qu'il faut par la suite rajouter dans les conclusions pour déterminer les altitudes réelles du niveau piézométrique.

Comme expliqué précédemment, certains paramètres physiques doivent être renseignés pour constituer la structure du modèle, ces paramètres récoltés sur le terrain sont précisés dans l'Illustration 16

Paramètres	Valeur initiale
Piézométrie terre émergée	+0.07 m NGG
Niveau marin	+0 m NGG (+/- 0.2 m)
Recharge réelle annuelle terre émergée	12 mm
Recharge réelle annuelle marine	0 mm
Perméabilité aquifère terre émergée	$6.0\ 10^{-5}$ m/s
Perméabilité aquifère terre émergée SuV2a	$1.0\ 10^{-6}$ m/s
Perméabilité marine	100 m/s (milieu ouvert)
Porosité intrinsèque terre émergée	30 %
Porosité intrinsèque marine	100% (milieu ouvert)
Salinité terre émergée	0 g/kg
Salinité marine imposée	35 g/kg

Illustration 16 : Paramètres d'entrée pour le modèle MARTHE

4.3. IMPACT DES FONDATIONS SUR LE NIVEAU PIEZOMETRIQUE

Comme décrit précédemment, les fondations du projet hôtelier sont réalisées en suivant la technique des pieux sécants, en utilisant la couche la plus imperméable (1.0 10^{-6} m/s) comme socle. Cet ajout d'un bloc étanche en milieu souterrain peut entraîner une remontée plus ou moins importante du niveau piézométrique dans la zone attenante, notamment par une modification des voies d'écoulement préférentielles. L'Illustration 17 qui correspond au cas actuel avant travaux montre une piézométrie échelonnée de 0,09 m NGG à 0,03 m NGG (valeur du modèle) de l'amont à l'aval hydraulique de l'ouvrage. Ce cas correspond à la situation initiale mesurée sur site avant le début des travaux. **Pour rappel ces valeurs doivent être majorées de 0,7 m pour correspondre aux altitudes réelles qui donnent respectivement 0,79 m NGG et 0,73 m NGG**. Les observations ayant été réalisées pendant la saison d'hivernage (humide), on considère que ce niveau est représentatif d'un niveau haut pour cette zone.

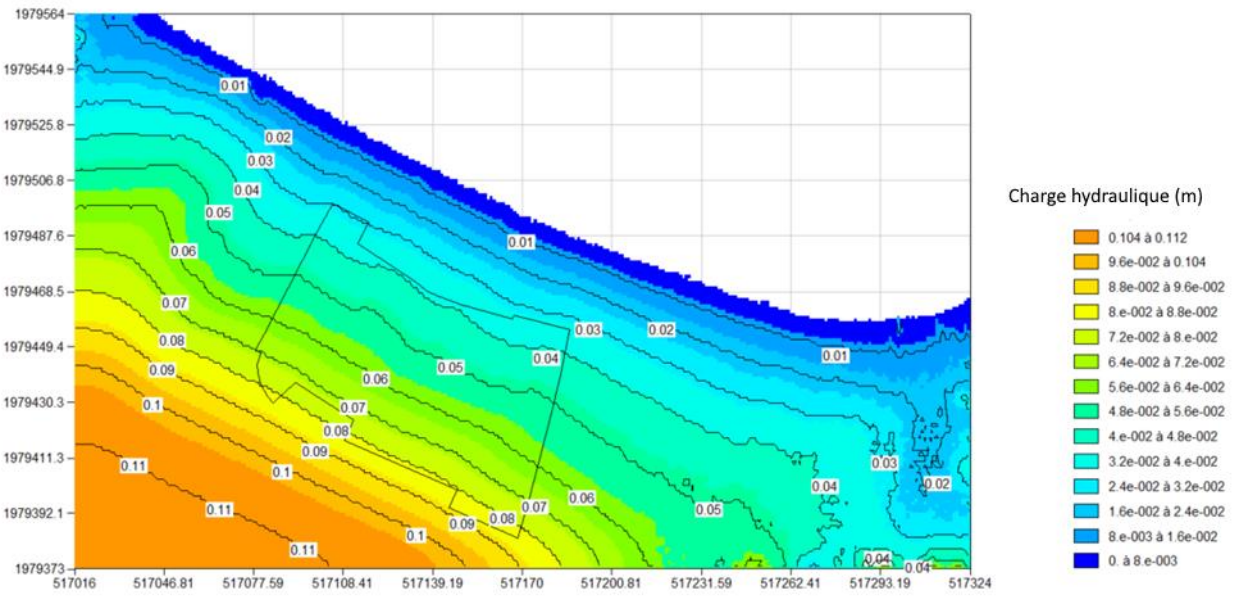


Illustration 17 : Niveau piézométrique sans l'implantation des fondations - cas de référence

Dans l'Illustration 18, on ne note pas de changements de piézométrie, mis à part une remontée d'un centimètre sur la partie Est du bâti, cette faible modification est probablement due à la faible pluviométrie de la zone ainsi qu'à une bonne capacité de drainage du sol qui minimise la retenue que peuvent générer les fondations de l'hôtel. Les fondations du bâti sont simulées en faisant passer la perméabilité des mailles de la zone incluse dans les fondations à zéro, les rendant complètement étanches.

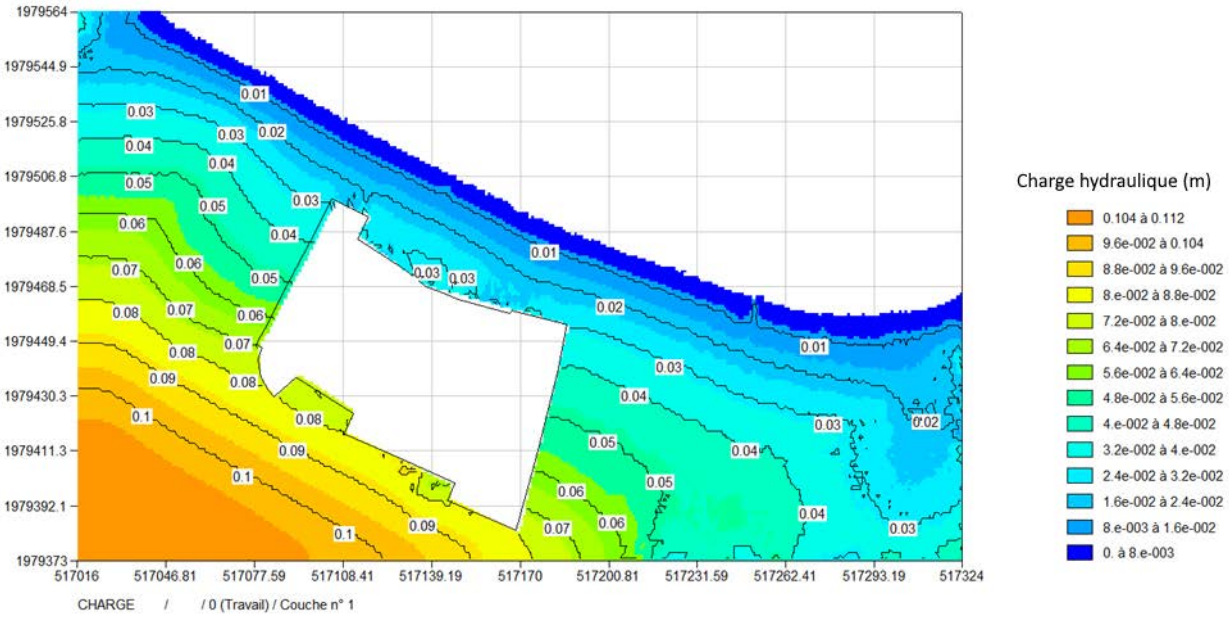


Illustration 18 : Niveau piézométrique avec l'implantation des fondations - cas post-fondations

4.4. MODELISATION DU BISEAU SALE

Le biseau salé repéré par l'intermédiaire des piézomètres du site a pu être également modélisée en suivant les règles théoriques du biseau salé décrites par la relation de Ghyben-Herzberg (Illustration 19) qui relate que la profondeur de l'interface eau douce eau salée correspond à la différence piézométrique au droit du point étudié avec le niveau marin multiplié par un facteur 40 qui donne :

$$z = h * 40$$

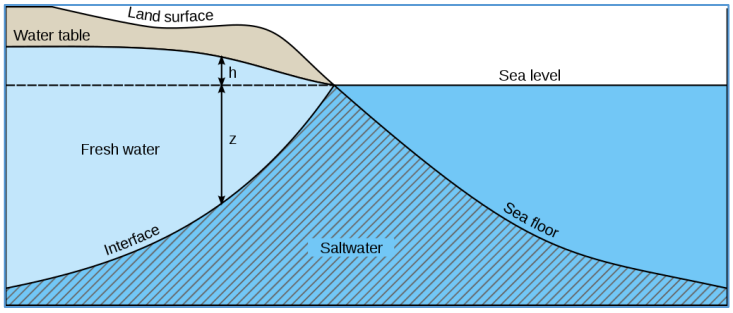


Illustration 19 : Schéma théorique du biseau salé en milieu côtier

Cette relation théorique décrit une géométrie valable dans un milieu homogène avec une perméabilité et une pluviométrie stable. Un modèle du biseau salé sans les pieux sécants est calculé et la salinité de surface est décrite dans l'Illustration 20. Les résultats du modèle correspondent à ce que l'on retrouve via les diagraphies réalisées dans les piézomètres (environ 3 g/L de salinité à Pz1 et 13g/L à Pz5). La modélisation donne des résultats plus variables et liée à l'incertitude du modèle sur la zone Est, néanmoins les valeurs au droit du site de l'hôtel sont justes. Une vue en coupe symbolisée par la bande rouge visible sur l'Illustration 20 est visible dans l'Illustration 21.

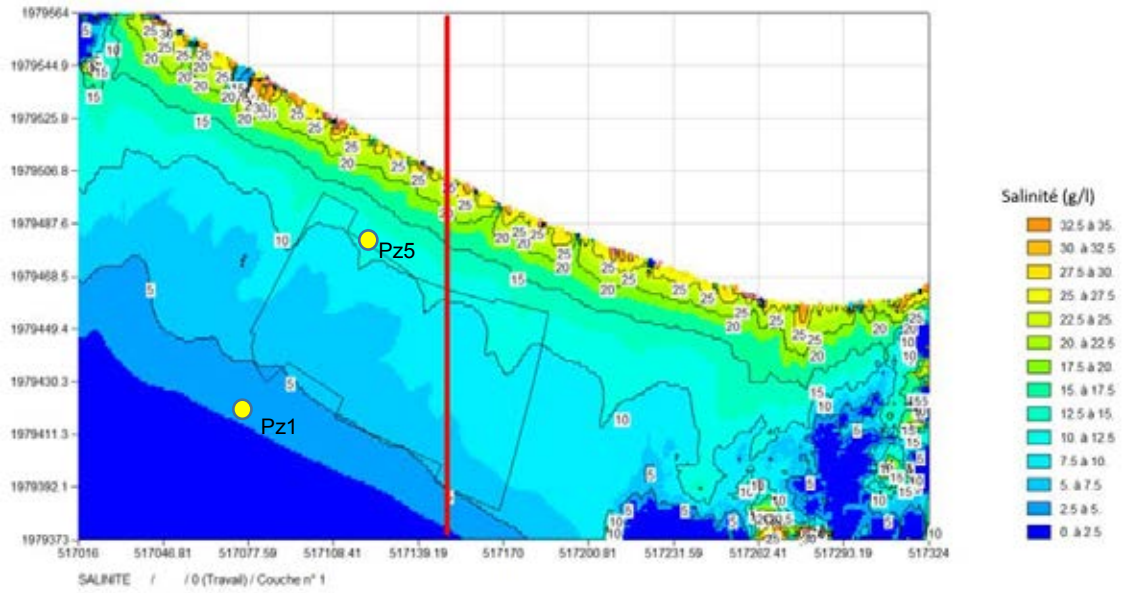


Illustration 20 : Vue plane de la salinité sur la couche de surface du modèle – cas de référence (1 - 0m NGG)

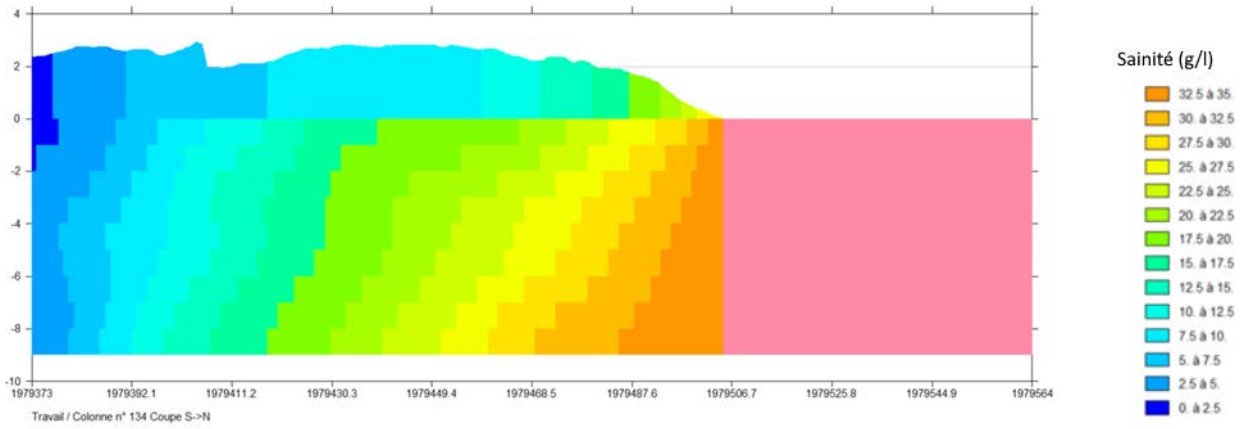


Illustration 21 : Vue en coupe nord-sud du biseau salin de la zone d'étude de l'hôtel (rose = 35 g/L) - cas de référence

Par la suite et de manière similaire au calcul de la charge hydraulique, le biseau salé avec implantation des fondations a été modélisé et est décrit dans l'Illustration 22. Les fondations du bâti sont simulées en faisant passer la perméabilité des mailles de la zone incluse dans les fondations à zéro, les rendant complètement étanches. Le modèle ne montre par une transformation trop sensible de la géométrie du biseau salin, néanmoins des remontées salines d'une faible envergure apparaissent au nord et au sud des fondations. La localisation de ces remontées peut être discutée et se traduire en réalité par un phénomène plus diffus uniquement présent sur les fondations situées face au front de mer et moins marquée du côté opposé au front de mer.

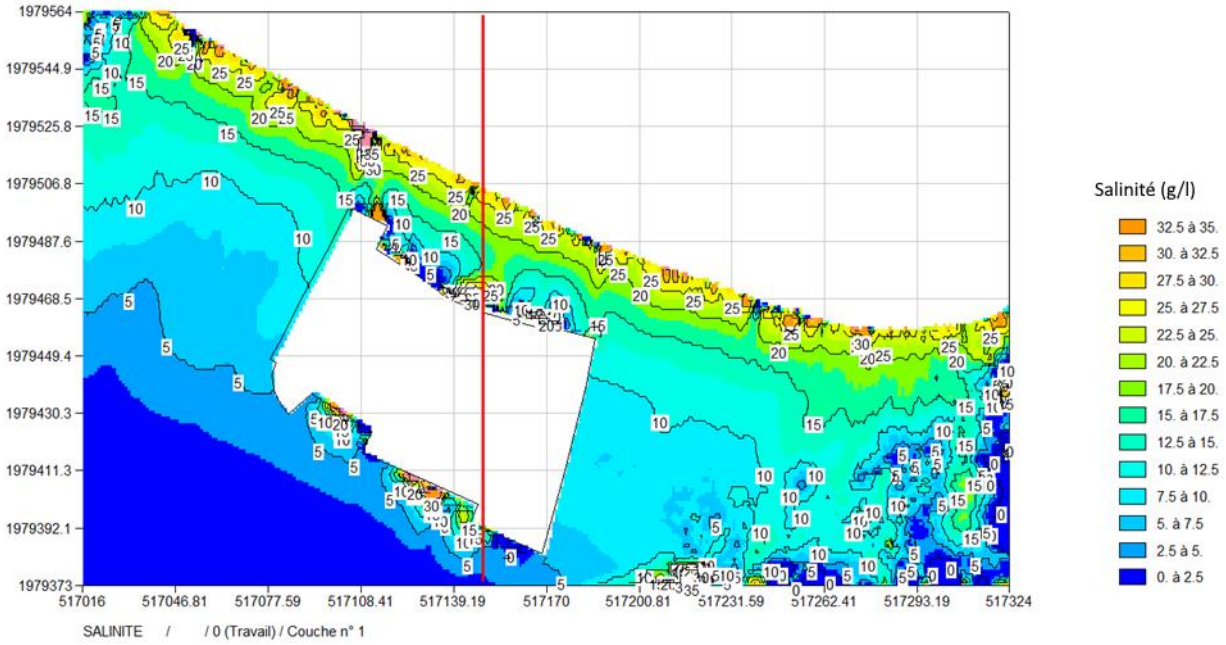


Illustration 22 : Vue plane de la salinité sur la couche de surface du modèle (cas post fondation) (1 - 0m NGG)

Sur l'Illustration 23 est visible la coupe symbolisée par la ligne rouge de l'Illustration 22. Les fondations ne semblent pas générer une modification géométrique particulière du biseau salé de la zone.

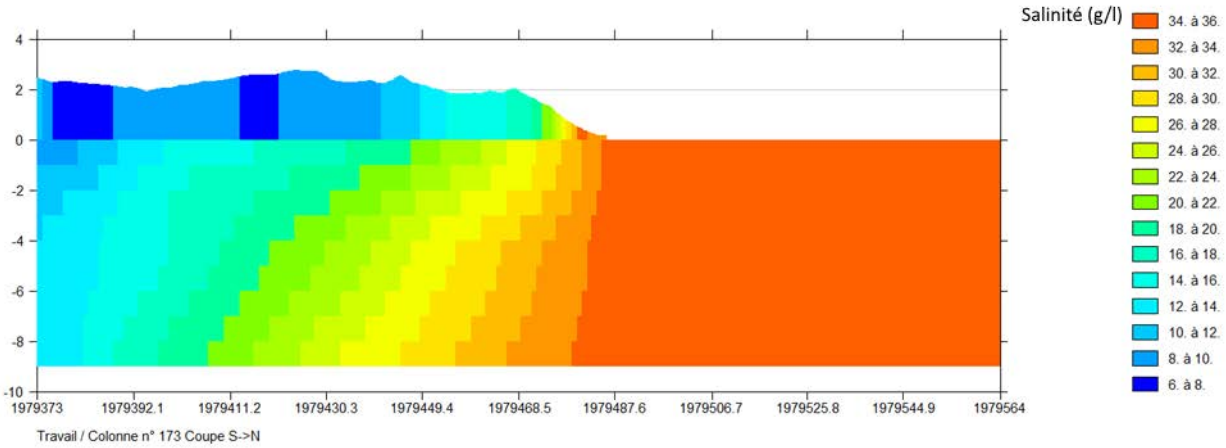


Illustration 23 : Vue en coupe nord-sud du biseau salin de la zone d'étude de l'hôtel (cas post-fondation)

4.5. MODELISATION AVEC PRISE EN COMPTE DU POMPAGE DE LA STATION DE DESALINISATION

Il est compris dans le fonctionnement de l'hôtel de l'Etoile de produire une partie de l'eau potable du site via une centrale désalinisatrice, cela a pour but de renforcer l'autonomie en eau de l'hôtel tout en allégeant le prélèvement d'eau douce sur le réseau public. La centrale a pour but de produire 1800 m^3 par mois en haute saison et 900 m^3 par mois en basse saison. Il sera choisi dans ce modèle de se référer à la capacité maximale de la station qui s'élève à un pompage de 10 m^3/h.

Le processus de désalinisation induit que pour 10 m^3/h pompé, 4 m^3/h d'eau douce sont produits tandis que 6 m^3/h de saumure (eau ultra salée) sont rejetés en profondeur au niveau de l'arrière plage. L'eau pompée en profondeur également est considérée comme de l'eau de mer (35 g/l de sel). Par le calcul on estime que 10 m^3 donnent 350 kg de sel par heure qui sont rejetés dans un volume de 6 m^3, donnant une concentration de la saumure de 58 g/l. Le plan d'ensemble d'implantation des forages est déjà présenté en Illustration 13.

Afin de rendre compte du potentiel impact de la station en conditions réelles, une modélisation en régime transitoire est réalisée, c'est-à-dire sur une échelle temporelle définie. La charge hydraulique du modèle de référence au pas de temps 0 (Illustration 24) est comparée au modèle calculé pour 10 ans (Illustration 27) d'utilisation afin d'observer si une dégradation est visible ou si la situation reste stable.

D'après le modèle de référence, le pompage crée un rabattement d'environ -0,76 m maximum au niveau du forage pour un cône de rabattement d'environ 60 m de diamètre sur la zone située entre le front de mer et l'hôtel.

Le rejet de saumure quant à lui créé un dôme d'environ +0.63 cm maximum au niveau de la zone de rejet. Le diamètre de ce cône de rejet est d'environ 50m avec un écoulement dirigé vers le sud.

Parallèlement à cela, deux coupes ont été réalisées sur le modèle (Illustration 24) pour déterminer si la remontée du niveau piézométrique due au rejet présente un risque d'inondation en la comparant au terrain naturel du site. Les résultats présentés dans les Illustration 25 et Illustration 26 indiquent le niveau piézomètre reste en dessous de la surface du sol avec une marge d'au moins 1m30. Ces informations confirment que les parcelles adjacentes à l'hôtel ne sont pas soumises à un risque d'inondation en lien avec les ouvrages décrits dans le présent rapport.

Il est également noté qu'il n'y a pas de différences importantes entre le modèle de référence et le modèle à +10 ans, ce qui implique que les écoulements souterrains s'équilibrent sur les valeurs présentement calculées dans l'Illustration 24.

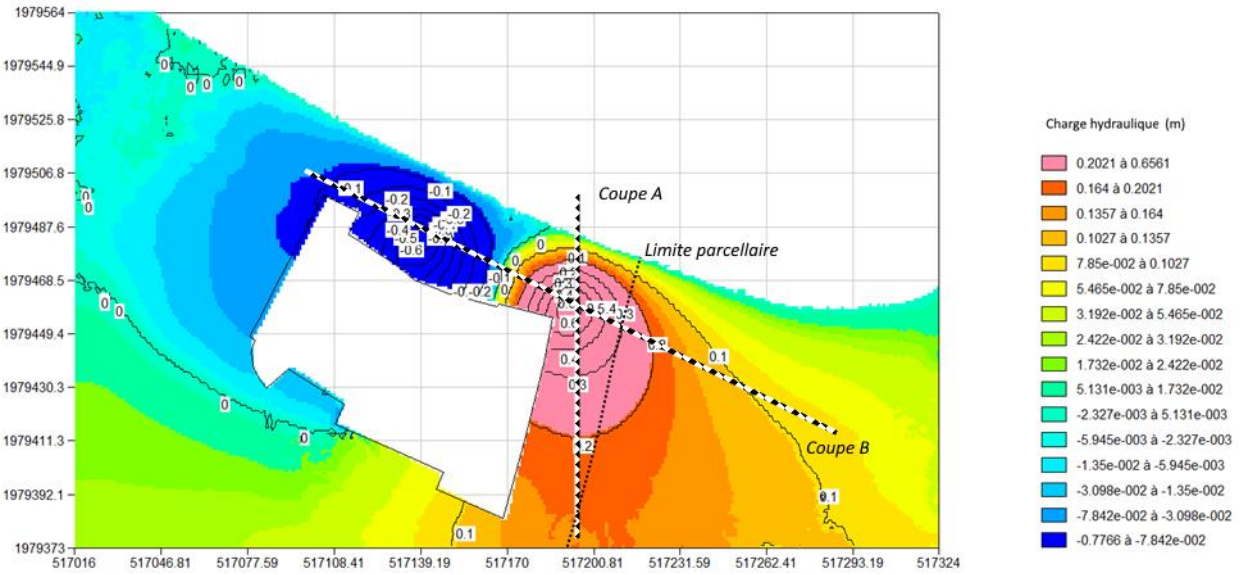


Illustration 24 : Vue plane de la charge hydraulique sur la couche de surface du modèle (cas post fondation) (1 - 0m NGG) au temps 0 années

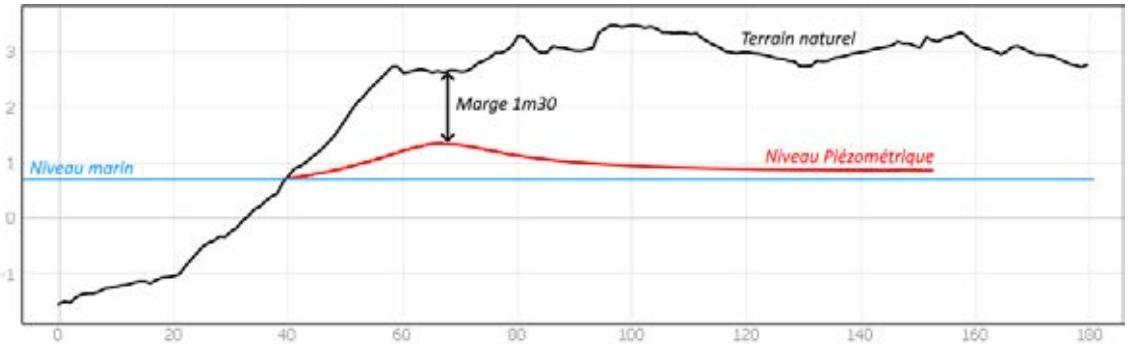


Illustration 25 : Comparaison selon la coupe A du niveau piézométrique avec le terrain naturel

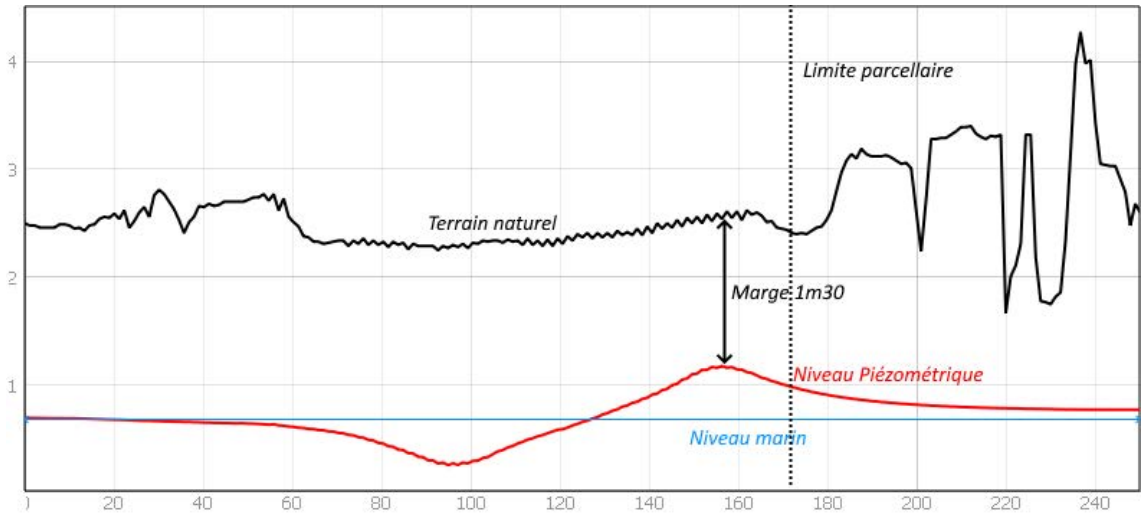


Illustration 26 : Comparaison selon la coupe B du niveau piézométrique avec le terrain naturel

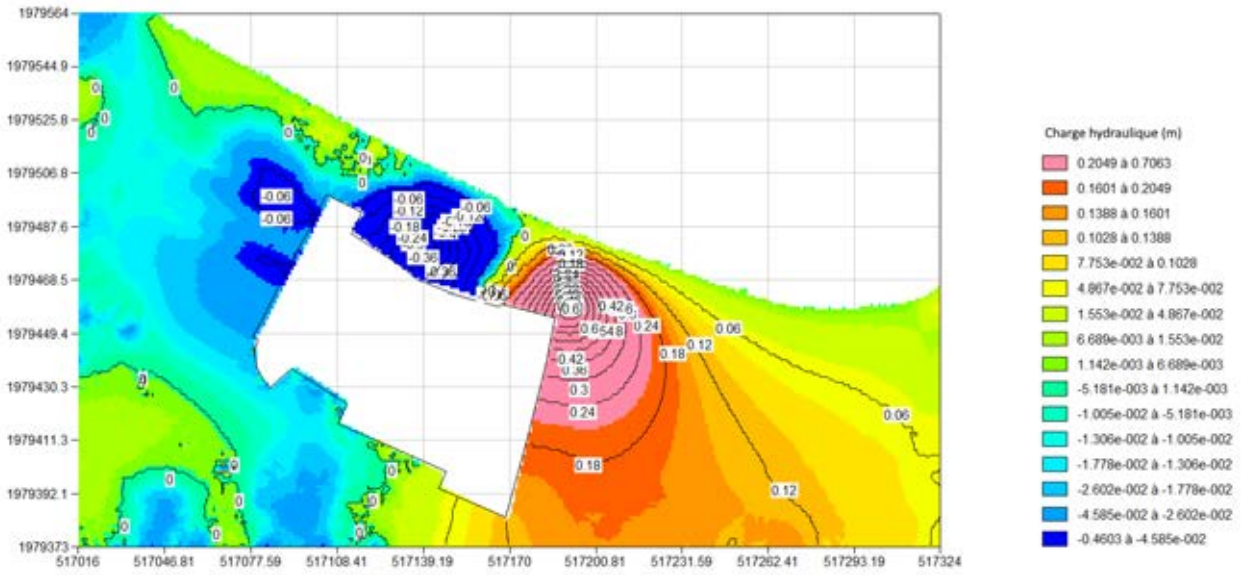


Illustration 27 : Vue plane de la charge hydraulique sur la couche de surface du modèle (cas post fondation) (1 - 0m NGG) au temps 10 ans

L'évolution de la salinité liée au point de rejet a également pu être modélisée, un risque de contamination du puit de pompage par le puit de rejet a pu être mis en évidence en lien avec des

modifications locales du sens d'écoulement (Illustration 28) des eaux de rejet. Par conséquent il s'avère que la salinité de l'eau pompée pourrait être de l'ordre de 50 à 60 g/l au bout d'un temps de pompage de 10 ans, entrainant une perte de rentabilité de l'installation. Néanmoins cet écoulement préférentiel limite la diffusion de la salinité au sein d'autres milieux. Un risque d'impact du milieu marin par cette installation semble peu probable en raison des faibles quantités de saumure rejetée, néanmoins une étude courantologique approfondie de la baie de Saint-Jean devrait permettre de calculer les temps de renouvellement des eaux de la baie et calculer si un risque réel existe ou non.

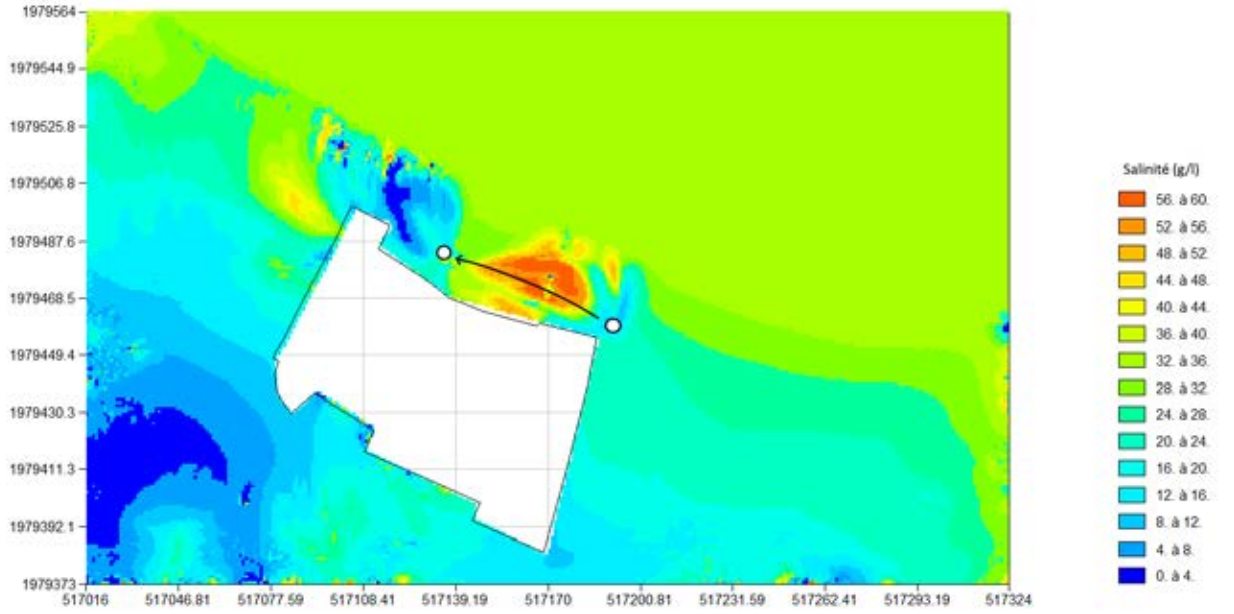


Illustration 28 : Vue plane du déplacement de salinité sur la couche de rejet/pompage des ouvrages (- 8 m NGG) au bout de 10 ans

5. Conclusion

Au terme de l'étude plusieurs phénomènes simulés apportent des éléments de réponse à la problématique. Concernant l'implantation des fondations, la simulation ne montre pas que l'ouvrage apporte des modifications majeures au niveau piézométrique de la zone avoisinante l'hôtel étant donné la perméabilité suffisante du milieu souterrain pour favoriser les écoulements souterrains. La salinité n'est également pas significativement modifiée si ce n'est de potentielles remontées salines au droit des fondations (manque de dilution par de l'eau douce en raison de directions d'écoulement préférentielles). Au vu de ces simulations, il ne semble pas que les fondations de l'hôtel présentent un risque d'inondation particulier des zones avoisinantes. Néanmoins une simulation en régime pluviométrique particulier n'a pas été effectuée (circonstances particulières de très forte pluviométrie type cycloniques). Une étude complémentaire apporterait des éléments de réponses à ces questions, néanmoins les effets ressentis lors du passage d'Irma (2017) indiquent de très fortes inondations de la zone sans implantation des fondations (Etude impact DEBORAH BROSNAN & ASSOCIATES).

Concernant l'installation de désalinisation, les simulations indiquent que les influences du pompage et du rejet sont limitées avec une côte supérieure du niveau piézométrique à +0,63m pour la zone de rejet et une côté inférieure du niveau piézométrique à -0,75m. Ces variations ne semblent pas problématiques avec une stabilité testée sur 10 ans, le réservoir marin constituant la principale source, un appauvrissement de la nappe des terres émergées est très improbable. Concernant les risques d'inondation, l'élévation du dôme lié au rejet de saumure dans le sous-sol additionné au niveau piézométrique actuel ne dépasse pas la côte topographique actuelle.

Néanmoins la modélisation de la salinité pour les rejets de saumure a montré que le puits de pompage créé une voie préférentielle d'écoulement depuis le point de rejet (proximité trop importante des forages ou débit de production trop élevé) qui conduiront à terme à une élévation de la salinité de l'eau pompée, l'eau rejetée étant préférentiellement pompée. Ce phénomène peut être évité soit en adaptant les débits de production soit en remontant la profondeur de pompage pour faire en sorte que le rejet de saumure se trouve à un niveau inférieur.

Suite à cette étude, le BRGM ne préconise pas de contre-indications à la réalisation des fondations de l'hôtel ni à la réalisation des ouvrages de pompage et de rejet en l'état actuel des choses et des informations transmises par le client sur les spécificités techniques des ouvrages.

6. Bibliographie

DEBORAH BROSNAN & ASSOCIATES (2020) - L'hôtel Etoile – Etude d'impact révisée

Thiéry D. (2020a) – Code de calcul MARTHE v7.8 - Modélisation 3D des écoulements et des transferts dans les hydrosystèmes - Notice d'utilisation. Rapport BRGM/RP-69541-FR, 333 p., 161 fig. http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-69541-FR.pdf

Aminot A., Kérouel R. (2004), Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Cf pages 74-78

ANTILLES GEOTECHNIQUE (2020) – ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION – 1911-001.IGE1

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34
Direction régionale ou UTAM
Adresse
Tél. :
www.brgm.fr

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

Intergovernmental Oceanographic Commission

NORTH-EASTERN ATLANTIC AND MEDITERRANEAN
Tsunami Information Center
NEAMTIC

A GUIDE TO TSUNAMIS FOR HOTELS

IOC Manuals and Guides N° 69

A GUIDE TO TSUNAMIS FOR HOTELS

Tsunami Evacuation Procedures

A Guide to Tsunamis for Hotels: Tsunami Evacuation Procedures. IOC Manuals and Guides, 69. (IOC/2012/MG/69)

English only.

Electronic copy of this guideline could be downloaded from http://neamtic.ioc-unesco.org

Text by: Ardito Marzoeki Kodijat
Layout and design: Ardito Marzoeki Kodijat
This guidebook is developed in cooperation with Jakarta Tsunami Information Centre
UNESCO/IOC - UNESCO Office Jakart

For more Information please contact:
North-Eastern Atlantic and Mediterranean Tsunami Information Centre
Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO
1, rue Miollis - 75732 Paris, France
Tel: +33 1 45683952

(C) UNESCO/IOC 2012

Table of CONTENT

Acknowledgement i

Foreword ii

Executive Summary iii

I. **INTRODUCTION** 1

What is a Tsunami 2

II. **Tsunami Hazard and Mitigation in the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean Seas (NEAMS)** 3

Tsunami Facts in NEAMS 3

Understanding the Hazard and Identifying the Risks 4

Understanding the warning 6

III. **Hotel Preparedness** 9

Building Preparedeness 9

Evacuation Strategy 12

IV. **Hotel as Evacuation Place** 17

General Considerations on Hotel as Evacuation Area 17

Determining Evacuation Areas in the Hotel Premises 18

Evacuation map, routes, and signs within the hotel premises 22

V. **Evacuation Planning and Procedures** 25

Evacuation Planning 25

Decision to Evacuate 25

Roles and Responsibilities 26

Tsunami Evacuation Procedures 26

Guidelines for Guests on Tsunami Evacuation 29

Annexes v

References viii

Acknowledgement

These guidelines have been prepared in fulfilment of a task of the Tsunami Information Centre (NEAMTIC) Project of the Intergovernmental Coordination Group (ICG) of the Tsunami Warning and Mitigation System in the North-eastern Atlantic, the Mediterranean and Connected Seas (NEAMTWS). NEAMTIC is a two years project funded by the European Union's Directorate General ECHO, it is coordinated by the Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO and is done in partnership with the Commissariat à l'énergie atomique et aux energies alternatives (France), the Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile (Italy), the National Observatory of Athens (Greece), and the Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (Portugal).

Foreword

Following the disastrous 2004 Indian Ocean tsunami, the Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO (UNESCO-IOC) was given a mandate by its Member States to facilitate the expansion of global coverage of Tsunami Warning and Mitigation Systems (TWS) and to co-ordinate the establishment of a TWS for a region comprising the North-eastern Atlantic, the Mediterranean and Connected Seas. As part of this process, a Tsunami Information Centre (NEAMTIC) is being created to serve the needs of civil protection agencies and the public at large, providing information on warning systems, risks and good practices in respect of tsunamis and other sea-level related hazards. This guideline forms a foundation for these objectives. It provides guidance for hotel managers to assist and guide their guests for evacuation in case of a tsunami event. This is particularly important in the NEAM region considering that the Mediterranean is the first tourist destination in the world. As highlighted in the UNESCO/UNU Symposium "The Great East Japan Tsunami on 11 March 2011 and Tsunami Warning Systems: Policy Perspectives" final statement, tsunami preparedness involves also the awareness component which may be improved by educating the public about the nature and threat of the hazard but also on safe behavior to be adopted in case of an event. Early self-evacuation is of major importance.

Wendy Watson-Wright

Assistant Director General, UNESCO

Executive Secretary of IOC

Executive Summary

This booklet summaries steps that will guide hotels to prepare for tsunami hazards. This guidebook is to be use by hotel management; it is intended to direct them on how to build the hotel's capacity in evacuation planning for tsunami emergency. The guidebook outlines the necessary steps to be undertaken, such as preliminary preparedness assessment using a checklist from the "Tsunami Ready" Toolbox, understanding the warnings (natural warning and official warning), deciding on an evacuation strategy, consideration for a hotel to be an evacuation area and the standard operating procedures for tsunami emergency.

This guidebook is devided into five parts. The first part provides a brief information of what is a tsunami and why it is important for hotels to address this hazard as part of their business. Part 2 decribes the tsunami hazard in the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean Seas and efforts that has been taken in response to mitigate the hazard. Part 3 focuses on aspects that hotels need to take into consideration in building tsunami preparedness. This part also elaborates three different situations that influences evacuation strategies. Part 4 elaborates on considerations for a hotel to decides if the hotel could be a tsunami evacuation area, including determining the evacuation place in the hotel premises and on the signage needed for the evacuation place. Finaly, part 5 highlights the evacuation planning and procedures for the hotel that may serve as their standard operating procedures in tsunami emergency.

This guidebook explains the steps in building tsunami preparedness, however, to successfully develop the plans and procedures the hotel has to do all the ground work. It is recommended to work through participatory approach with all hotel stakeholders (staff and management) to simultaneously build in the capacity and ownership. At the same time, the hotel should also coordinates with the local disaster management office and/or other local authorities and stakeholders working on disaster and emergency management (for example red cross) to know more about the tsunami risks in the area as well as other local disaster management issues .

I. Introduction

Hotel is a part of the tourism industry that relies on guests/visitors. However, most hotels are located in tourist areas that are more and more exposed to disasters such as earthquake, volcano, sea level rise, and tsunami. Hotel guests, as tourists, usually are not familiar with the local situation and therefore are considered as one of the vulnerable group. Most of the times tourist are not aware of the nature and threat posed by the hazards in that particular area; thus the guess will not know what to do, and where to go if there is a disaster emergency. During emergency they came to a situation where they need to rely on those who know more about the local situation. In this case the hotel staff and management will be the most reliable source for the guests. Therefore, hotels need to include disaster preparedness as an integrated part of their business operation.

Although tsunami events occur less frequent compared to other disasters, recent tsunami events in the Indian Ocean (2004); Indonesia (2004, 2006, and 2010); Chile (2010); and Japan (2011) have shown that the effects of tsunamis can be catastrophic. The first priority when a tsunami occurs is the evacuation of the people in the tsunami risk areas. The time span between a warning and the impact of the first tsunami wave might be very short (especially for the locally generated tsunamis). This will affect on the when, how, and where the people have to be evacuated.

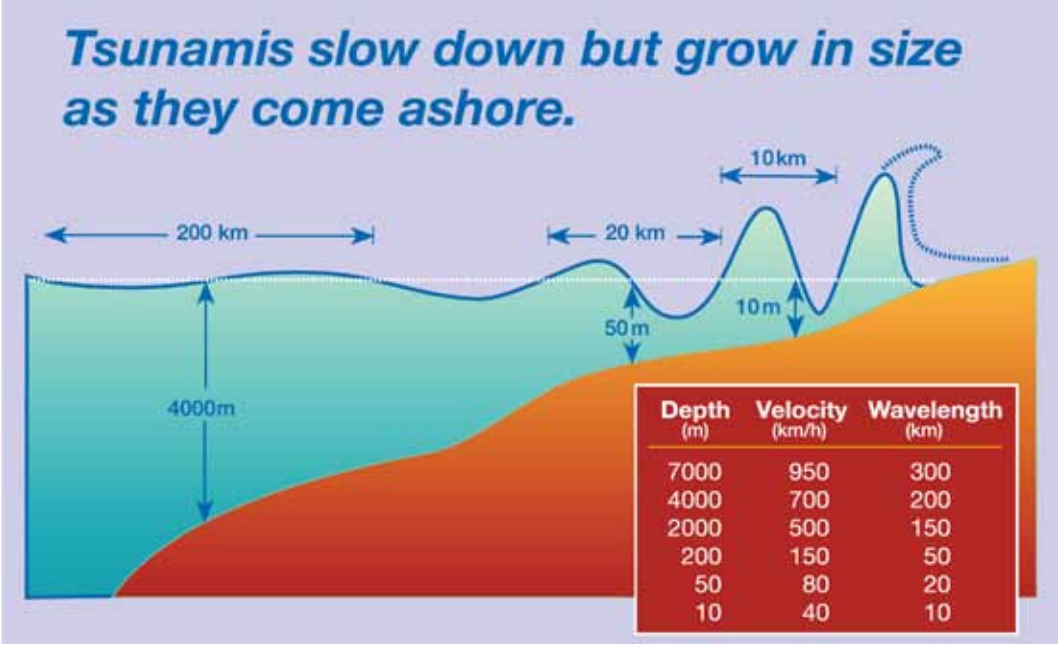
Once a tsunami early warning is received (either natural warning or official warning) hotels are responsible to assist and guide their guests for evacuation. It is very important for the tsunami evacuation plans and procedures to be integrated as one of the hotel's operational systems.

In the North-Eastern Atlantic and Mediterranean coastal areas, tsunami happens less frequently compared to the Pacific. Howeve , there are evidence and records that major tsunamis have happened and have caused fatalities and damaged, for example in Crete (365), in Lisbon (1775), in Messina (1908), and in Aegean Sea (1956). The most recent tsunami happened in 2002 in Stromboli and in 2003 in Algeria, fortunately are not too damaging. This historical record of past tsunamis, scientific trace of events, and written and/or oral reports, indicate a high certainty that another tsunami can happen in the future. It is not a matter of "*if the tsunami will happen*" but more of a question of "*when the next tsunami will happen*". Since most tsunamis resulted from an earthquake activity, it is not possible to predict when the next tsunami will happen. For this reason preparedness is the key for people to be able to respond to and recover from when the tsunami strikes again.

What is a Tsunami?

Tsunami is a Japanese word closely translating to ‘harbour wave’. Tsunamis are large ocean waves generated by major earthquakes beneath the ocean floor or major landslides into the ocean. Tsunamis that are caused by severe nearby earthquakes are known as **locally generated tsunamis**; this type of tsunami may reach the coast within minutes. Tsunamis that are generated by very large earthquakes far away in other areas of the ocean are known as **distant tsunamis**. Waves caused by these earthquakes travel at hundreds of miles per hour, reaching the coast several hours after the earthquake.

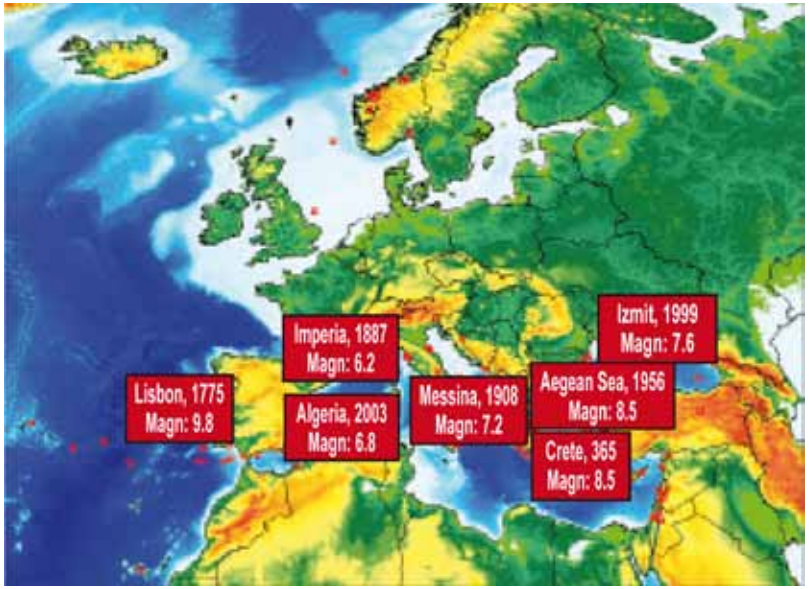
In the deep ocean tsunami travel at jet airliner speeds but the waves are only a few centimeters high and cannot be felt aboard ships. When the waves enter shallow water, they may rise to several meters or, in some cases, tens of meters, striking the coast with devastating force. Tsunami waves can come ashore in many different ways among which are: a wall of water (resembling white wash), a rapidly rising tide, and a series of surf like breakers. The first wave may not be the largest and the series of waves may impact coastlines for several hours.



II. Tsunami Hazard and Mitigation in the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean Seas (NEAMS)

Tsunami Facts in NEAM Seas

Although it is less frequent than in the Pacific tsunamis can hit the Mediterranean and North East Atlantic coastal areas, causing extensive loss of lives and properties. Major tsunamis with ten-thousands of casualties and severe damages happened to coastal cities in the past such as in Crete (365), Lisbon in 1775, Messina in 1908 and Aegean Sea in 1956 . Even recently, a tsunami has been generated in the Izmit Bay it has affected the coastline extensively following the 1999 Izmit earthquake. At some locality the inundation distance ranged up to 35 meters. Furthermore, tsunamis have been generated in 2002 in Stromboli and in 2003 in Algeria though fortunately not very damaging. These historical record of past tsunamis, scientific trace of events, and written and/or oral reports, indicates that a high certainty that another tsunami can happen in the future.



Tsunamis in the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean (S.Tinti)

The Mediterranean area represents the collision between the European and the African plates, and comprises a number of geodynamic regions affected by a different seismic activity extended from West to East. Furthermore volcanic and geomorphological processes could be at the origin of tsunamis in the area.

This geodynamic condition and the historical records confirmed us that it is not a matter of “if tsunami can happen” in these regions but it is a question of “when it will happen”. This also tells us

Because of the active lithospheric plate convergence, the Mediterranean Sea region is geodynamically characterized by high seismicity and significant volcanism. Furthermore, coastal and submarine landslides are quite frequent, partly in response to the steep terrain that characterizes much of the basin. Tsunamis are among the most remarkable phenomena associated with earthquakes, volcanic eruptions and landslides in the Mediterranean Basin. Until recently, however, it was a widely held belief that tsunamis either did not occur in the Mediterranean Sea or they were so rare that they did not pose a threat to coastal communities. Catastrophic tsunamis are more frequent on Pacific Ocean coasts where both local and transoceanic tsunamis have been documented. On the contrary, large tsunami recurrence in the Mediterranean Sea is of the order of several decades and the memory of tsunamis is short-lived. Tsunami catalogues for the Mediterranean Sea have been compiled by several authors [1].

[1] Strong Tsunamis in the Mediterranean Sea; A Re-evaluation; Gerassimos A. Papadopoulos and Anna Fokaefs, Institute of Geodynamics, National Observatory of Athens, Athens-11810, Greece. ISET Journal of Earthquake Technology, Paper No. 463, Vol. 42, No. 4, December 2005, pp. 159-170

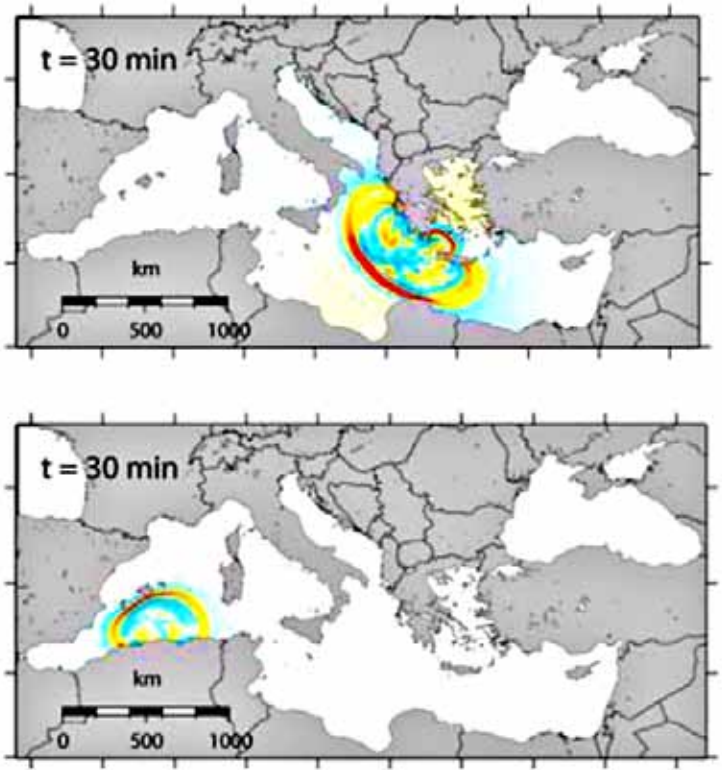
that tsunami risks exists. Therefore, hotels along the coastline facing the Mediterranean Sea and the North-eastern Atlantic need to understand this risks and make sure the preparedness and response capacity are build in their operational system.

Understanding the hazard and identifying the risks

To start to work on disaster management plan, disaster risk reduction, and evacuation planning hotels have to first understand what are the types of hazard that threat the hotel's area and what are the risks caused by these hazards. Tsunami has been identified as one type of hazard that is a threat to the North-eastern Atlantic and the Mediterranean Seas coastal area. Therefore, for hotels that are located in these coasts need to consider tsunami as one of the hazard and assess what are the risks.

Tsunami hazard is complex in nature for it can happen at any time and depending on the location it might only gives a very limited time for the people to evacuate. To assess this hazard one has to understand the geophysical condition of the source, to know how the tsunami is generated by the source, and to know the extent of the inundation that can happen as the tsunami reaches the coast. To have a better understanding the tsunami hazard in the area the hotel needs to:

- Coordinate with local disaster management office and policy makers to understand tsunami hazard in the area and what have been done to mitigate the hazard;
- Know about tsunamis that have come ashore in the hotel area in the past;
- Check hazard maps to know the hotel area's level of threat based on different scenarios: possible time frame of arrival, how the tsunami waves propagate to the area, as well as estimated inundation area and depth in the hotel area.



Example of Tsunamis propagation after 30 minutes from different sources, the scenario above the source is in the western Hellenic arc and bellow is in the north Algeria. (Tsunami Early Warning and Mitigation System in the North Eastern Atlantic, the Mediterranean and Connected Seas, NEAMTWS, Implementation Plan)

Once the hotel knows about the hazards that threaten the hotel's area, the hotel needs to assess what are the potential risk that will affect the hotel if a disaster strikes.

Risk identification and assessment is a process of measuring the potential of loss of life, injury, property damages and economic impact caused by the hazards. Risk assessments involve evaluation of the vulnerability of the people (among other staff, guest, visitors, including guest's children, and people with special needs) and building and facilities (such as integrity of the building structure, water supply, and power supply). Assessment should also consider the hotel's business risks, analyzing the impact if the disaster happens (for example post disaster tourism market and insurance coverage). The main important question to ask in identifying the risk is "what would happen if earthquake and tsunami strikes?" and elaborate the question with: what if it happened at night? what if it happened when the hotel were at the highest occupancy? and what if it happen during cold weather time?

Understanding the tsunami risks in the hotel area will be the basis for the hotel management to better focus on their activities and resources in building response capacity (such as develop tsunami emergency response standard operating procedures), take the necessary actions (for example make sure the building meet the criteria to be designated as vertical evacuation building, re-locate the hotel's power supply and communication system to a safer place), and working on tsunami preparedness (for example conduct regular tsunami exercise involving all staff, related stakeholders and if necessary the hotel guests).

Hotel guests and visitors should be consider as vulnerable group since they usually have limited knowledge of the area. Hotels have the responsibility to ensure the safety and wellbeings of their guests and visitors by informing of the potential disaster and actions to be taken in case of emergency.

Understanding the warning

Natural warning

An earthquake is one of nature's tsunami warning sign, when you feel a strong earthquake that makes you can hardly stand, or a slow shaking but for a longer time, a Tsunami may have been generated (locally generated tsunamis). Tsunami may be preceded by a rapid fall in sea level as the ocean retreats exposing fishes and corals on the sea bottom. In the deep ocean, tsunami wave travels in a speed of jet airplane and slow down as it comes to shallow water but the height of the waves grow in height with a strong and destructing force.

Under these circumstances (locally generated tsunamis), there may not be enough time for an *official warnin* . There might be only a very short lead time between the earthquake and the first arriving tsunami wave. For locally generated tsunamis, the hotel should take this natural warning as a sign to evacuate their guests, visitors, and staffs immediately inland and/or to higher ground, and/or to the designated evacuation area.

Natural Warning Signs of a Tsunami:

- *An earthquake (strong shaking that make you can hardly stand, or a long slow shaking for more than a minute)*
- *Sea water receding, exposing the fish and corals at the bottom of the sea*
- *A strange loud sound coming from the sea (i.e. loud roar)*

Official warnin

In case of distant tsunami (regional or ocean wide), earthquake might not be the first warning, an earthquake might occur far away across the sea and generated a tsunami wave that propagating toward the coastline in the hotel area. In this case, the hotel will receive the first warning from the responsible authority in the country, the National Tsunami Warning Center (NTWC) and/or the National Disaster Management Office (NDMO), depending on the country tsunami early warning system setting

The hotel should rely on this warning notification issued by the NTWC to decide when to evacuate their guests, visitors, and staff. Therefore it is important to understand the official warning system and meaning of the warning notification.

In the aftermath of the 2004 Indian Ocean Tsunami in December 2004, the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) of UNESCO was given the mandate to coordinate and facilitate the global tsunami early warning system. The global coverage is divided into four major regions: the Pacific, Indian Ocean, Caribbean, and North-Eastern Atlantic and the Mediterranean Seas (NEAM). The Tsunami Early Warning System developed for the NEAM region known as North-Eastern Atlantic and the Mediterranean Seas Tsunami Warning System (NEAMTWS). Based on the experience in the Pacific, each region would also maintain a regional Tsunami Information Centre, in this case namely North-Eastern Atlantic and the Mediterranean Seas Tsunami Information Centre (NEAMTIC)

North-Eastern Atlantic and the Mediterranean Seas Tsunami Warning System (NEAMTWS)

The structure of NEAMTWS consist of Tsunami Watch Providers (TWPs), National Tsunami Warning Centers (NTWSs), and Tsunami Warning Focal Points representing each member states. For regular update of NEAMTWS please visit: *www.ioc-tsunami.org/neamtws*

Tsunami Watch Providers (TWPs)

Tsunami Watch Providers are National Tsunami Warning Centers (NTWCs) that are willing and able to provide tsunami alert information to the other Member States at the designated Forecast Points; Tsunami Watch Recipients are the Tsunami Warning Focal Points that will receive the information. TWPs will be responsible in:

- Collecting, recording, processing and analyzing of earthquake data for the rapid initial assessment (locating the earthquake, its depth, its magnitude and its origin time) as a basis for the alert system.
- Computing the arrival time of the tsunami in the forecasting points as listed in the Communication Plan.
- Collecting, recording, processing and analyzing of sea level data for confirming and monitoring the tsunami or for cancelling elements of the alert system.
- Making decisions in accordance with the Communication Plan to elaborate messages.
- Disseminating to the Member States focal points (and national warning centres) of the messages in accordance with the Communication Plan, including tsunami travel time, amplitude and period of the measured tsunami, and cancellation messages .

National Tsunami Warning Centres (NTWCs)

Each member country of the NEAMTWS is responsible for establishing their own National Tsunami warning Centres. The main responsible of NTWC is to provide warnings as soon as possible after a potential tsunami generation; to issue warnings for all destructive tsunamis; to make sure the warning centers operate continuously and the warning messages are sent and received promptly and is understood by the users of the system. Therefore these centers will have the function of:

- Collecting, recording, and processing of earthquake data for the rapid initial warning locating the earthquake, its depth, its magnitude and its origin time)

- Computating the arrival time of the tsunami in the national forecasting points
- Collecting, recording, and processing of sea level data for confirming or cancelling the warning.

Tsunami Warning Focal Point (TWFPs)

The Tsunami Warning Focal Point (TWFP) is a 24/7 contact person, or other official point of contact or address designated by a government. TWFP is available at the national level to rapidly receive and issue tsunami event information (such as warnings). The Tsunami Warning Focal Point is either the emergency authority (civil defense or other designated agency responsible for public safety), or has the responsibility of notifying the emergency authority of the event characteristics (earthquake and/or tsunami), in accordance with the national standard operating procedures. The Tsunami Warning Focal Point receives international tsunami warnings from the NEAMTWS or other regional warning centres.

North-Eastern Atlantic and the Mediterranean Seas Tsunami Information Centre (NEAMTIC)

The North-Eastern Atlantic and the Mediterranean Seas Tsunami Information Centre (NEAMTIC) is a part of the activities coordinated by the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) of UNESCO and carried out by Member States to developing the NEAMTWS. The objectives of NEAMTIC are:

- Providing information to civil protection authorities and the general public on warning systems for tsunamis and other sea-level related hazards, and on the activities of IOC and European Union (EU) in the field of tsunami preparedness
- Building capacity through one training workshop on tsunami early warning systems, standard operating procedures, numerical models to determine tsunami travel time, and ISO signage;
- Making citizens, especially youth, aware of the risks of floods from the sea in coastal areas, such as tsunamis, storm surges and strong swells, providing them with knowledge on the phenomena and practices of safe behavior.
- Identifying, sharing and disseminating good practices in plans, methods and procedures to strengthen preparedness for sea level related hazards.
- Fostering linkages between the EU and IOC on intergovernmental and transnational actions to develop NEAMTWS.

For more information on NEAMTIC and get more awareness materials please visit: *www.neamtic.ioc-tsunami.org*

III. HOTEL PREPAREDNESS

What is Preparedness

Preparedness is activities and measures taken in advance to ensure effective response to the impact of hazards, including the issuance of timely and effective early warning as well as the temporary evacuation of people and property from threatened locations (UN/ISDR, 2004).

Disaster preparedness involves forecasting and taking preventive measures prior to an imminent threat. Preparedness comprises the ability to understand the warning (including the ability to receive and interpret the warning), to organize evacuation and/or other measures to be taken to minimize potential loss of life and damage during a disaster and to organize timely and effective rescue, relief and assistance.

Preparedness improves the response to the effects of a disaster; therefore, requires a standard operating procedure and regular testing of the systems and plans.

A disaster-prepared hotel is a hotel that has established its standard operating procedures, systems and plans. They are readily organized for the steps necessary in cases of a tsunami, including: emergency response, evacuation during disaster, and recovery plans after disaster. All of the hotel's stakeholders (management and staff) know how to prepare to, respond to, and recover from disaster.

Building Tsunami Preparedness

In general, hotel business has been characterized as business that has solid and consistent operating procedures and systems. Most hotels have established their emergency response system, especially to fire hazards. Therefore, building the tsunami preparedness should be embedded into the existing system. However, it still will require different adjustment and adaptation considering the complexity of tsunami hazard.

To build tsunami preparedness, the hotel needs to first assess its current capacity and to build based on the need to be more prepared. In Indonesia, to build tsunami preparedness in the hotel industry,

the Indonesian Ministry of Culture and Tourism in cooperation with Bali Hotels Association, supported by the German Centrum für Migration and Entwicklung (CIM) has developed a checklist that enables hotels to assess their state of preparedness[2]. This checklist were implemented in several hotels in Bali under their "**Tsunami Ready"** programme (*www.tsunamiready.com*).

The checklist consists of six categories and in each category there are sets of questions to be answer to assess the state of current tsunami preparedness (see Annex):

- **Information Sources and Interpretation**, is to check the hotel's capacity to receive official tsunami warnings from the authority, interpret the warnings, and to disseminate the warning within the hotel.
- **Evacuation Procedures**, is to check the hotel's evacuation procedures from rooms, beach, and public places within the hotel.
- **Evacuation Route and Shelters**, is to check the hotel's evacuation route and signs, including the hotel as vertical evacuation.
- **Community Relations**, is to check external relations with the communities surrounding the hotel.
- **Cooperation**, is to check the cooperation amongst hotels in the surrounding area.
- **Post Tsunami**, is to check all of the preparation that needs to be considered post tsunami disaster.

This checklist is only a suggestion and to be use as a starting point. Each hotel might want to adjust and/or add more to the lists in accordance to the local context, regulation, hotel situation and needs. This checklist could also be use as tools to monitor and evaluate how the hotel is progressing in building their tsunami preparedness.

Once the hotel knows their current state of tsunami preparedness, the hotel can start to build their capacity to increase their tsunami preparedness. These are essential points the hotel needs to build in relation with the tsunami preparedness:

- **Early warning systems**: Hotels should be able to timely receive the warning, especially official warnings, have the ability to understand the warning, and are able to further disseminate the warning to reach all part of the hotel. All hotel guests, visitors, and staff need to be able to hear and receive the warning. To receive the warning, the hotels need to have a close cooperation with the national authorities who are responsible, at national level, for issuing the warning.

[2] *The Tsunami Ready Toolbox, Alexander Kesper, Ministry of Culture and Tourism Republic of Indonesia, Bali Hotels Association, Centrum fur Internationale Migration und Entwicklung, 2008*

- **Evacuation and Shelter:** This should be the primary concern of hotels, especially considering guest and visitors are considered vulnerable since they might not be familiar with the local situation. The hotel has to make sure that all guests, visitors, and staff could be safely evacuated to a designated safe area. Furthermore, taking into consideration that the hotel might be fully occupied, the safe area should be able to accommodate all evacuate. The hotel needs to assess if their building can be considered as vertical evacuation building (meeting all the criteria and standards) or not - in which they have to evacuate all guests, visitors, and staff out of the hotel premises.
- **Emergency Command Function:** In case of emergency hotels should have clear definition of the roles and responsibilities of each stakeholder. Each hotel unit / department should have a clear defined function what they have to do, who will do what and where, and whom they have to report to.
- **Emergency Personnel and Resources:** Hotels need to have procedures to mobilize staffs as emergency personnel with specific roles and ensure that all emergency response is carried out according to plan. Hotels need to ensure that the emergency personnel have the knowledge and skill to perform their duties as emergency personnel. Hotels also need to have all resources needed for emergency and during emergency is available at anytime.
- **Communication and supplies:** Public infrastructure might be paralyzed for several days after the disaster, communication may be cut off. Hotels need to make sure they have emergency communication equipment available, in working condition, and at hand, during and after the disaster, for example satellite phones. Past experience also shows that, in some cases, emergency supplies (water, food, and medical) can take several days before they can get through. Hotels need to ensure that they will have supplies to support them during emergency situation.
- **External Coordination:** THe hotels need to coordinate with local administration and disaster management office (DMO) in developing the hotel s evacuation plan and emergency response. Check the local DMO post tsunami emergency plans and make the hotel's emergency plan based on the DMO's capacity. Form alliance with other hotel and businesses in the area to have better coordination and cooperation and develop common strategy in responding to the disaster.
- **Department Close Down Procedure:** Most hotels might already have this Department Close Down Procedures such as for fire related emergenc , weather related emergency, and others. These procedures could be adapted for tsunami emergency. However, it is important to understand that in tsunami emergency, there might by only little time available, especially for the

locally generated tsunami cases. Therefore, it is important to concentrate on the essentials and/or have specific procedures for tsunami emergenc .

- **Records Management:** Hotels needs to ensure that all important documents and records are well secured during emergency. Guests hotel records will be very important for post emergency response and reliefs as well as to make sure all people are accounted.
- **Restoring main functions and plan for recovery:** Hotels have to have plans on restoring their main function (water, sanitary, electricity, and communication) for emergency use after the disaster and have a short and midterm plan to recover from the disaster.

Evacuation Strategy

Tsunami threat in each countries are different, therefore, the setting of the tsunami early warning are different from one country to another. There are countries that have a National Tsunami Early Warning Centre with the capacity to detect, analyse, and issue warning when a tsunami is coming to their coastline. Other country, which has lower tsunami threat, might rely on information from the Tsunami Watch Providers (TWPs). These settings will affect the time line of how long they will be able to issue the warning. Therefore hotels need to understand the tsunami early warning setting in their country to decide on their evacuation strategy. There are three basic possible scenarios that can be taken as a consideration to decide whether guests, visitors, and staff need to do an evacuation:

1. Earthquake is felt in the hotel area, but no tsunami warning is issued.
2. Earthquake is felt in the hotel area and a tsunami warning is issued.
3. Tsunami warning is issued, although the earthquake is not felt in the hotel area.

These situations would require different decisions and actions by the hotel, especially if related to tsunami evacuation procedures.

1. Earthquake is felt in the hotel area, but no tsunami warning is issued

Hotels located in an earthquake prone area might feel the earth shakes as it happened. The hotel management needs to decide whether to evacuate the guests from the building or not. Depending on the intensity of the earthquake felt in the hotel area, the hotel management might want to decide to evacuate all guests, visitors and staff once the shaking stops. The hotel has to decide on which earthquake intensity strength they would like to do evacuation

Hotel management also has to understand that an earthquake can be a natural sign of a tsunami. There is also a possibility that the official warning mechanism did not work because of the earthquake. Therefore, even there is no official tsunami warning received, hotel management might still needs to consider doing tsunami evacuation procedures (See page 6).

as their standard operating procedures. Should the earthquake reach the level of intensity strength that the hotel has decided to do evacuation, they need to start to evacuate all guests, visitors and staffs once the shaking stops. Earthquake evacuation should be done from inside of the building to the designated assembly area outside the building (an open space). The evacuation procedures involved evacuating guests from their rooms; from restaurants, lobby, function rooms (Ball room, meeting rooms) and corridors; from beach and pool areas; as well as evacuating the staff from the operating department of the hotel (diagram 3.1.). At the same time, after the shaking stops, the hotel management needs to confirm with the authorities whether the earthquake has generated a tsunami. If the authorities confirmed that **the earthquake did not generates a tsunami** and no tsunami warning is issued, then they should proceed with

In locally generated tsunami, time is very crucial. Hotel management has to consider that the first wave may arrive with minutes. There is only short time period between the time of the earthquake and the time of the arrival of the first tsunami wave.

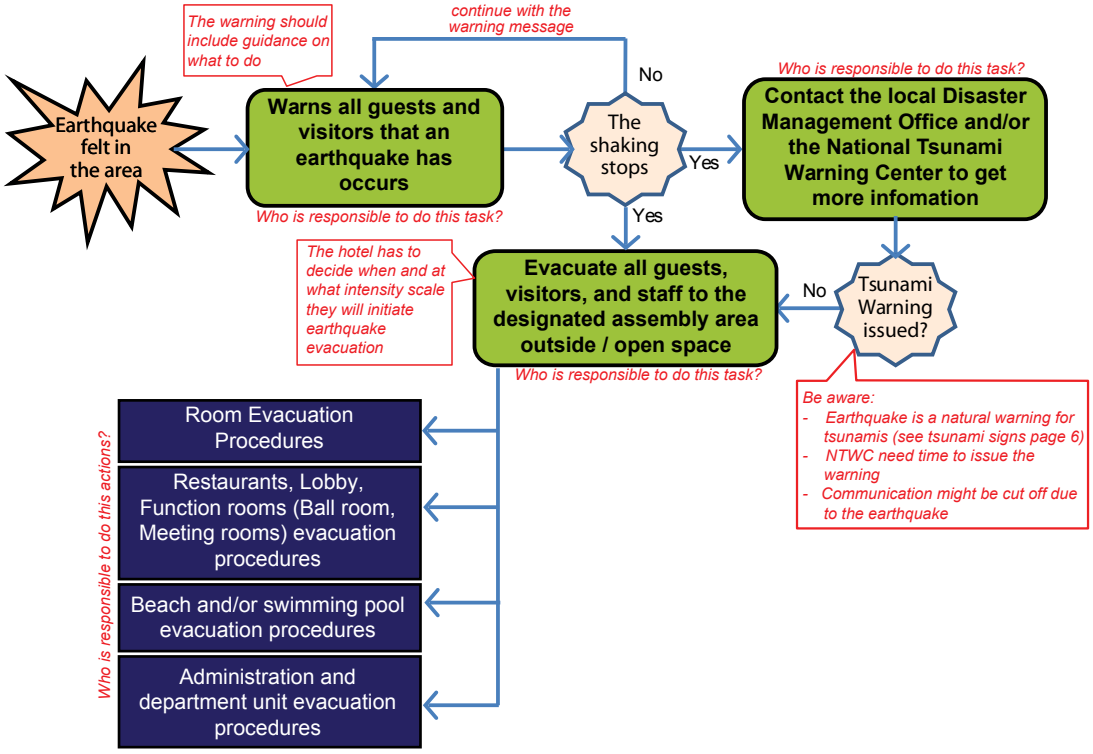


Diagram 3.1. Decision Making on Tsunami Evacuation When Earthquake is felt in the Area, no tsunami warning is issued

earthquake evacuation and emergency response. Hotel management needs to understand that it might take several minutes for the authorities to analyze and decide whether a tsunami warning would be issued or not. Hotel management also has to understand that there is a possibility that the official warning mechanism did not work because of the earthquake. Therefore, even if there is no official tsunami warning received, hotels management might still need to consider doing tsunami evacuation procedures.

2. Earthquake is felt in the hotel area and tsunami warning is issued

In the case that an earthquake is felt in the hotel area and confirmation is received from the authorities that the earthquake has generated a tsunami (locally generated tsunamis), the hotel management will need to immediately start to initiate their tsunami evacuation procedures (diagram 3.2.). While the earthquake evacuation is in process the hotel also needs to warn all guests, visitors, and staffs that a tsunami warning has been issued and tsunami evacuation procedures has been initiated.

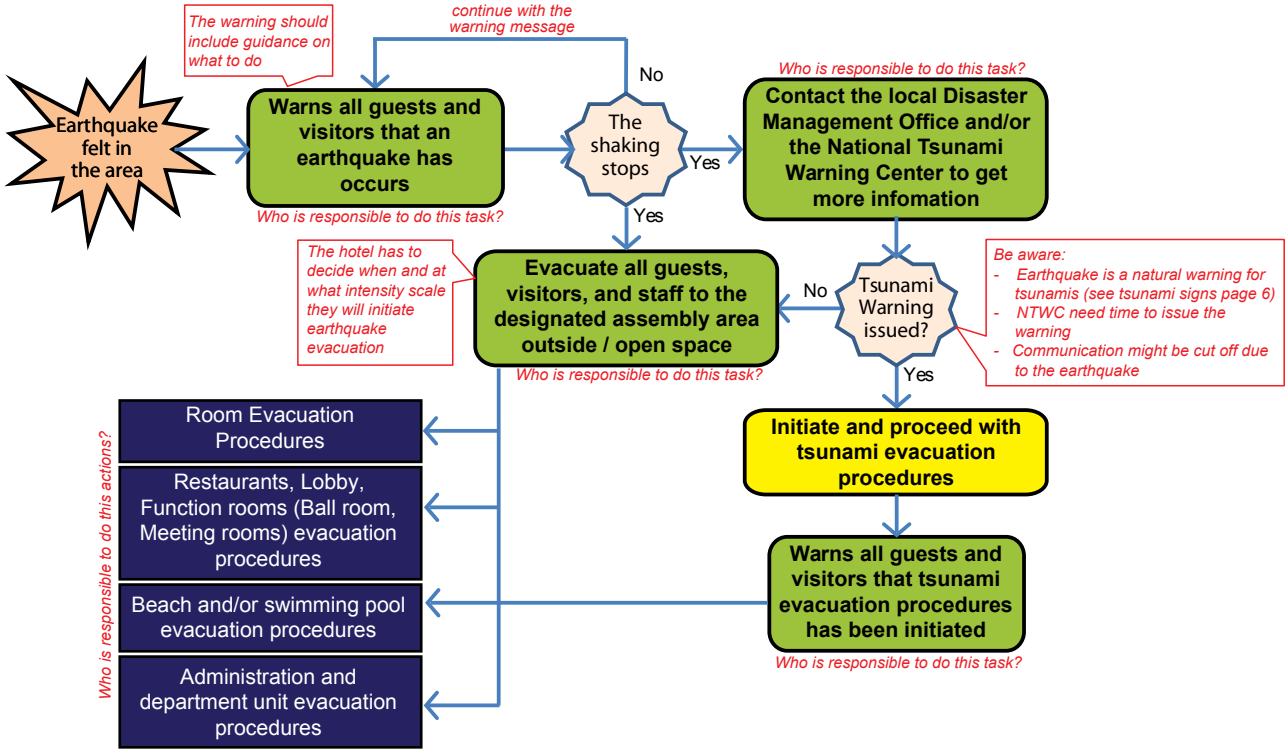


Diagram 3.2. Decision Making on Tsunami Evacuation When Earthquake is felt in the Area and a Tsunami Warning is ssued

3. Tsunami warning has been issued although no earthquake is felt in the hotel area

Tsunami threat in some countries is due to a regional or ocean wide tsunamis, a tsunami that is generated by an earthquake that happened across the ocean. The earthquake is not felt anywhere near the hotel area, therefore, nobody in the hotel is aware that a tsunami is heading toward the coastline. In this type of situation the only reliable information is the official warning issued by the National Tsunami Warning Centre (NTWC) of the country.

Once the warning is received, the hotel needs to understand the information/message specifically the level of the warning, the estimated time of arrival, and any advice issued by the National Tsunami Warning Centre. Depending on the distance, a threat of a regional or ocean wide tsunami, might take a few hours to arrive in the coastline. The threat might decreases or escalates as it travels through the ocean. Therefore, it is important to continue to monitor the warning that is issued by the NTWC. Should the warning be issued as a low threat (depending on the analysis and evaluation of the NTWC) there might not be a need to do a full evacuation. Evacuating people from the beach (for hotels located by the beach) might be sufficient. Other action that might be taken is to start all preparation for tsunami evacuation so when the threat escalates and tsunami evacuation procedure needs to be initiated all preparation has been done (diagram 3.3.)

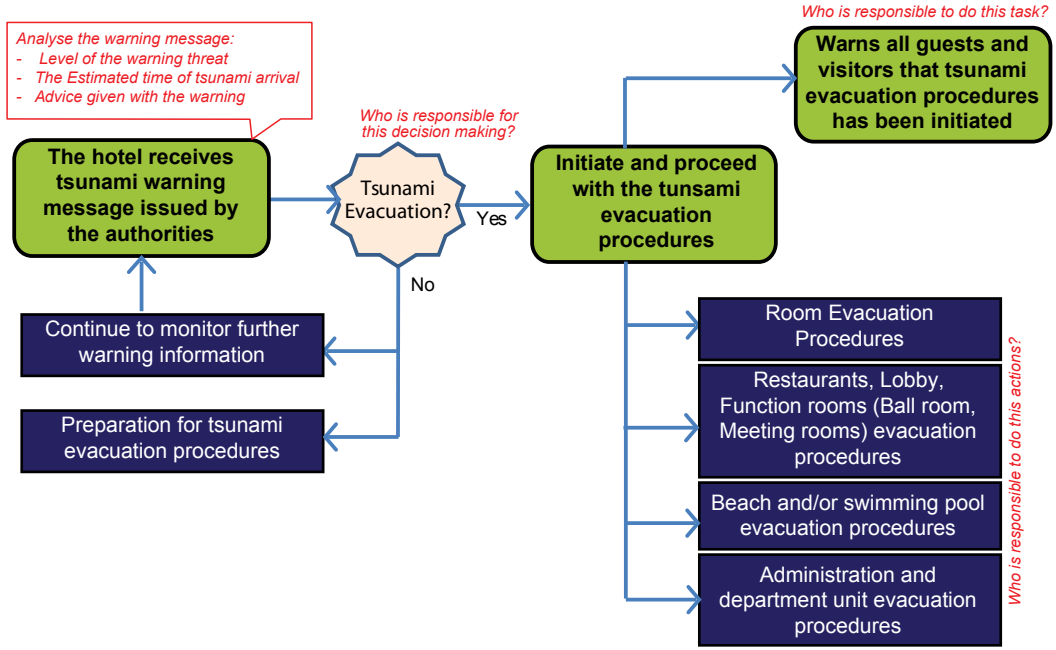


Diagram 3.3. Decision Making on Tsunami Evacuation after a Tsunami Warning is issued

IV. HOTEL AS EVACUATION AREA

General Considerations on Hotel as Evacuation Area

Hotels have to decide on the location where they will evacuate the guests, visitors, and staff during tsunami emergency situation. The area of the hotel can be considered as an evacuation area, whether horizontally to a higher ground within the hotel premises or vertically inside the hotel's building. Multi-storey hotels located at the beach make an ideal evacuation structure. Thus the guests and other people in the area can easily and quickly reach these hotels. Hotel rooms, ballrooms, meeting rooms, restaurants, and parking garage that are located above the estimated tsunami inundation depth can be an ideal place for people to take refuge of during the tsunami. However, before deciding to designate the hotel as an evacuation area, there are criteria and measures to be consider. (Diagram 4.1.)

1. Hotel location

Location of the hotel will be the first consideration for tsunami evacuation. Howeve , before considering this the hotel needs to make sure that the hotel is not located in a tsunami risk area. This can be confirmed by the local authority/agency that is responsible in developing tsunami risk map of the area. The tsunami risk map will indicate if the hotel is indeed located in a tsunami inundated area and what is the estimated tsunami inundation depth of the area. Hotel that is considering to use their premises as an evacuation area needs to make sure that the area is outside the estimated inundation area and/or higher than the estimated inundation depth. Multi-storey buildings in the hotel premises such as the hotel building, parking garage building are potential to be the evacuation place.

In some cases, although the hotel is located in a tsunami risk area, the hotel ground area and lobby is higher than the estimated tsunami inundation depth because it is elevated in such a way. Hotel ground that is above the estimated tsunami inundation depth can be considered as the area for horizontal evacuation (evacuation area that can be reach horizontally, including running to higher ground), people and guests should be easily evacuated to this place.

Should the hotel is not located in a tsunami risk area, the hotel might still want to consider to become a tsunami evacuation area to safe the life of the people evacuating from a tsunami.

2. Hotel design and structures

Multistory hotel buildings that are built on concrete frame and/or steel structures, and meet the seismic standard and building codes, are potential location to be a vertical tsunami evacuation building. As a vertical evacuation building, the hotel structure must not only withstand the preceding earthquake with minimal damage and remain functional but also has to withstand the tsunami wave and debris it carried. Therefore it is important to first assess the hotel structure to be sure that it can serves as an evacuation building. Commonly the third floor and above of an evacuation building can be consider as a save place to refuge, however, it depend on the the estimated tsunami inundation depth of the area.

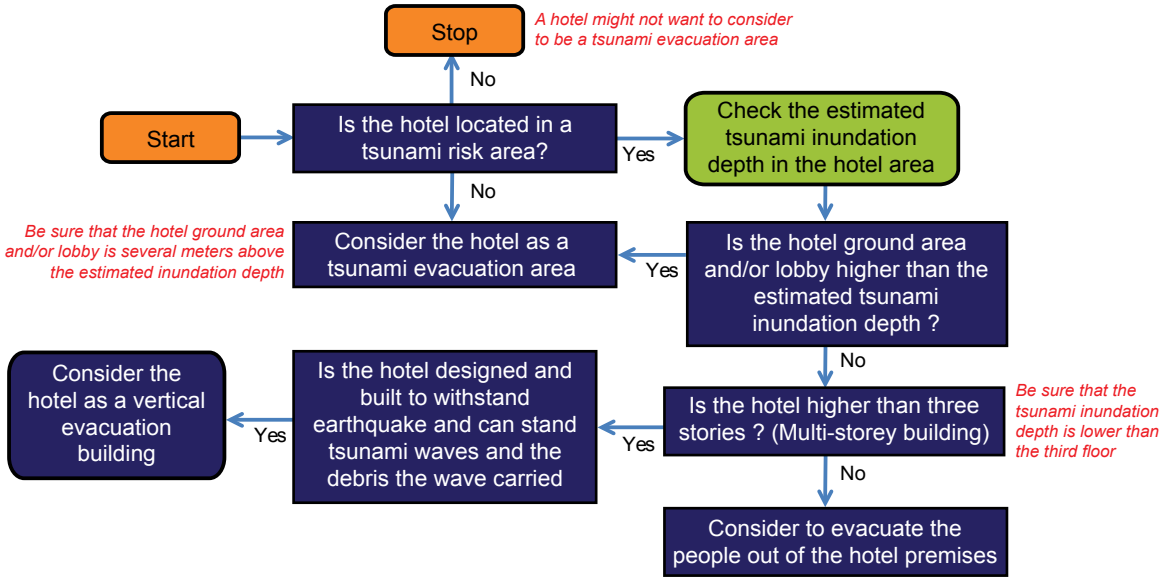


Diagram 4.1. Decision Making Process on Type of Tsunami Evacuation

Determining Evacuation Areas in Hotel Premises

1. On hotel a ground

Open spaces in the hotel premises, which are located on a higher ground above the estimated tsunami inundation depth, are potential to be tsunami evacuation areas. The advantages of using

these open spaces as a tsunami evacuation area are as follows:

1. Open spaces can be easily accessed by hotel guests or visitors. Furthermore if an earthquake happens in the area, many people (especially hotel guests) might be reluctant to reenter the hotel building again.
2. Open space at a higher ground level can accommodate a large number of people.
3. Open space can be use as park, sport area, and/or jogging area.
4. Open space in the hotel premises can be a safe evacuation process (no traffic and transportation are involved).

The main consideration for hotel ground/open space as an evacuation area is that the location does not directly face the beach/open sea where the tsunami wave will approach. In addition of a higher ground location the evacuation area also should be well covered and be saved from incoming wave as well as retracting waves.

Some modifications might be needed to designate an open space as an evacuation area

1. Ensure that the open space is on a higher ground, above the inundation area and can withstand potential damage and/or erosion from the tsunami wave and the debris it carried.
2. Ensure there are clear access during day time and night time.
3. Ensure the safety and security of the people in this area during and after the tsunami strikes.
4. Ensure all the necessary equipments needed for emergency are available on the evacuation area.

2. On parking garage

Some hotels do not have open spaces on their premises, however there are parking garage/ building adjacent to their hotel. Parking garages are usually open space with vertical column as the structure. This allows for the water to flow over the building with minimal resistance. The parking garage should be designed and be built in accordance to the seismic standard and building codes and could withstand the tsunami wave and the debris it carried. The main disadvantage of a parking garage is when it is full of cars during the tsunami: it reduces the space, limits people circulation area and the cars can be a part of the destructing debris to the building structure.

3. Inside Hotel building

Evacuating vertically in the hotel has many advantages:

1. Evacuating to the upper floor in the hotel often is faster than evacuating to a higher ground outside of the hotel.

2. Evacuating within the hotel do not need vehicles therefore it is not affected by the traffi
3. Evacuation management will be easier
4. Evacuation routes and places are easy to mark

However, before deciding to use the hotel building as tsunami vertical evacuation building, the hotel has to make sure that:

1. The hotel has to withstand earthquake with minimal damages and can stand tsunami wave and debris carried by the water.
2. The evacuation location in the building should be as far as possible from the beach and are secured from the incoming tsunami waves.
3. The building must be strong, accessible in a short time and have enough capacity to accommodate all evacuees.
4. The evacuation location/floor should be higher than the estimated tsunami inundation depth
5. The evacuation building should have the necessary equipment and infrastructure for emergency situation, wide enough emergency stairs, emergency electricity, and other requirements.

4. Evacuation out of the hotel premises

Saving lives of the hotel guests, visitors, and staff should be the main concern of the hotel. If the hotel is not qualified as a tsunami vertical evacuation building and there are no higher grounds in the premises of the hotel, the hotel should consider evacuating all of the people out of the hotel premises to higher ground or to a designated evacuation area.

Evacuating out of the premises would require a more thoughtful steps and procedures such as considering the traffic, securit , and the safety of the people:

- The evacuation area should be out of reach of the tsunami waves either for horizontal or vertical evacuation. The evacuation area should consider the maximal expected wave height, the inundation area and inundation depth.
- The evacuation routes are free from the wave's path and are leading away from the incoming waves. If the evacuation area is out of the hotel premises, the evacuation routes should consider the traffic, road conditions and other obstacles that will a fect the travel time needed to reach the evacuation area.
- The evacuation area should be able to accommodate the expected number of people that are supposed to use the evacuation area. The hotel needs to ensure that the hotel's number of guests can be accomodate in the evacuation area. If it is a public evacuation area the hotel

need to take into account the number of people from other hotels, the community and people from the streets

- The evacuation area should be reachable and can accommodate people with special needs (disabled, pregnant woman or parent with babies, and the elderly).
- The hotel needs to consider the time between the warning is issued and the time of the arrival of the first wave, The hotel needs to make sure that people can reach the evacuation area could be reach in time.
- The tsunami evacuation area could be an assembly place during the tsunami and/or could be an emergency shelter for a longer period of time.

5. Vertical evacuation structures

Hotels that are not qualified as a vertical evacuation building and are located in flat areas that ar far away from higher grounds might want to consider to build a stand alone, simple and strong vertical evacuation structure. A vertical evacuation structure could be made of steel structure or concrete columns that are strong enough to withstand the tsunami wave. The hotels need to make sure that the evacuation structure can accommodate all the people in the hotel when the tsunami strikes.

Tsunami Evacuation Tower in Kushimoto Town, Wakayama Prefecture (http://www.icharm.pwri.go.jp/publication/newsletter/newsletter6_oct07_e.html)

Evacuation map, route, and signs within the hotel premises

If the hotel decides to use its premises as a tsunami evacuation area, the hotel will be responsible to ensure that guests, visitors, and staffs know where to go to in case of emergency. If the hotel decides to evacuate the people out of the hotel premises, to the guests, visitors, and staff should also know the information on the closest designated evacuation area.

The most visible way to let the guests, visitors, and staffs know about the evacuation area and routes are by providing hotel evacuation map that is readily available in each room and to posting signs in the hotel premises. Evacuation routes, safe locations, assembly points should be clearly marked on the hotel premises so those who evacuate will have no difficulties in finding where to go to the safe plac

There are different tsunami signs available however since 2008, UNESCO/IOC encouraged its member states to develop and use IOC-compliant tsunami signage and symbols in order to promote consistency in understanding and actions. Three are three basic signs within the ISO 20712 standard which provides specifications and guidance on safety sign for tsunami hazards

Tsunami Hazard Zone Sign

This tsunami sign informs the hotel guests that they are in a tsunami hazard area as has been identified by the local authorities. It is important to have this sign be visible and posted in the hotel premises as well as in the surrounding areas of the hotel especially in the area where many people usually gather such as open space, parks and on the beach.

Example of ISO 20712 Tsunami Hazard Sign Placement

Evacuation Place in High Ground Sign

This sign should be placed on the site that has been designated as a safe high ground for evacuation. High ground evacuation place can be a natural open space that is located beyond the reach of the estimated tsunami wave height, or an artificially/engineered high grounds (which can function as open space, sport area, or park) that are build as a tsunami evacuation place.

Vertical Evacuation Building Sign

This sign should be placed in the hotel building if the building has been designated as a vertical evacuation building (meeting all the criteria to be a vertical evacuation building). This sign informs the hotel guests that in case of tsunami evacuation emergency they should go to this building. Inside the building there has to be signs which indicate the floor they should to go to as the safe place. This sign has to be visible from far away as well as from an eye level as the people get closer to the building.

These tsunami signage should be placed at the evacuation place, indicating to the evacuatee that they have reached the designated save place. It is equally important is to also place the evacuation routes signs. There are also different evacuation route signs. The ISO 20712 approved evacuation routes should use the same basic signs as the above complementing with directions where the evacuatee have to go.

Example of ISO 20712 Tsunami Evacuation Map

V. EVACUATION PLANNING AND PROCEDURES

Evacuation Planning

A tsunami evacuation plan is a plan that will be the reference when a tsunami warning has been issued and an evacuation need to be done. Tsunami evacuation plan involves deciding and preparing the tsunami evacuation area (chapter IV), the decision making procedures to do the evacuation, and the evacuation procedures. The purpose of hotel tsunami evacuation is to save the lives of hotel guests, visitors, and staff. Therefore, the planning should be able to guide the management to decide when to evacuate, to guide all people to the designated evacuation area through the evacuation routes and to conduct everything based on the agreed procedures and processes.

Decision to Evacuate

The decision to evacuate is the first step of the evacuation process. During emergency situations (either experiencing the earthquake or receiving tsunami early warning – chapter III), the hotel management needs to analyze, makes assessment of the situation and decide whether to evacuate the people or not. These decision criteria should be noted as part of the standard operating procedures. Several factors the hotel needs to consider in deciding to evacuate are:

1. **The earthquake**; the hotel needs to decide to evacuate the people immediately after the event, (especially for locally generated tsunami) for example the decision might be based on the intensity of the earthquake felt during the event or how long they feel the shaking.
2. **Timeline**; the hotel needs to consider the time needed to safely and effectively evacuate the people, for example to consider the location of the evacuation area, is it near or far, whether the evacuation involves heavy traffic or not
3. **Location of the evacuation area**; is the evacuation area located in the hotel premises or outside of the hotel premises, will it be a vertical evacuation or using a high grounds?
4. **Evacuation routes**; special consideration might be needed for evacuation that is outside the hotel premises;
5. **Number of people to be evacuated**; the number of guests and visitors at the time of emergency;
6. **Hotel capacity and resources**; the personnel and recourses available at the time of the event.

Roles and Responsibilities

Tsunami evacuation is a complex process. Hotel tsunami evacuation also has its own complexity especially related to people it involves, for example the type of people (hotel guests might consist of people from different cultures with different languates) and the number of people to be evacuated. Hotel management has to clearly define the roles and responsibilities of their staff during emergency situation. The evacuation plan has to clearly designate specific tasks to the sta f especially who will do what, when, and where. This tasks will be a part of the hotel's standard operating procedures. Due to the nature of emergency, a less time consuming procedures might need to be established. However, these procedures and processes should continue to be a part of the roles and responsibilities of the specific functions of the hotel units / departments.

The hotel needs to make sure that no guests remain behind, including those who might need special assistance to evacuate. To ease the process of checking if all guests have been safely evacuated, the hotel might want to consider setting up a task team (for example guest evacuation team) that will be responsible in evacuating the guests from their rooms.

*The task of the "**guest evacuation team**" is not only to evacuate all guests from their rooms, but also to mind the visitor to the hotel as well as public who might seek shelter in the hotel. Therefore the hotel should make sure of systematic and easy procedures and should make use of the existing resources available. Special attention needs to be placed on the evacuation of guest rooms since this task requires a lot of time and human resources. Members of the guest evacuation team can be drawn from employees from relevant departments and shifts like housekeeping, bell service, room service, stewarding, duty manger, and night manager etc. Please note that the composition of the guest evacuation team during night shifts and on public holidays might be different from regular shifts and days. Every member of the team should have a realistic designated number of rooms and/or floors to check. Ensure the safety of the team and be aware of the very limited time. Members of the evacuation team should at least be proficient in basic English (The Tsunami Ready Toolbox) .*

Tsunami Evacuation Procedures [1]

Room Evacuation Procedures:

1. Knock on the door of the guest room and shout: 'Tsunami Evacuation!'
2. If there are no response, enter the room. Make sure the guest evacuation team has the master key to enter the rooms.
3. Search the bedroom and bathroom areas and check the walk in cupboard.

[1] *The Tsunami Ready Toolbox, Alexander Kesper, Ministry of Culture and Tourism Republic of Indonesia, Bali Hotels Association, Centrum fur Internationale Migration und Entwicklung, 2008*

4. If the room is empty, mark that the room has been checked and is empty (see "all clear tags"). Proceed to the next room.
5. If the room is occupied, tell the guest to proceed to the evacuation area immediately. Point out the direction to the evacuation route.
6. Tell the guests to leave their luggage and bring only their valuables and identification cards
7. As the guests leave the room, make sure they lock the door and mark the room as has been checked and move to the next room.
8. If there is a guest in the room who does not want to leave **DO NOT** mark the room as empty. However, do proceed to the next room.
9. When the whole floor has been checked, double-check the rooms without the mark and make sure the room is empty.
10. When all their designated rooms are check and clear, the evacuation team members should assist other team members or should proceed directly to the evacuation area.

*"**All Clear Tags**" can be placed on the doorknobs after a guest room is checked and cleared, or use a chalk mark on the door. This can avoid double checking and might help when searching for missing guests. All clear tags should be stored in fire hose cupboards, in room service trolleys as well as at the housekeeping department or wherever else the emergency keys are stored for collection. 'All Clear Tags' can also be used by other departments to mark those rooms and facilities are successfully shut down. Evacuation personnel should be informed about where 'All Clear Tags" are stored and make use of them wherever it makes sense (The Tsunami Ready Tookbox).*

Note: Some guests might also require physical assistance to evacuate

1. *Bring disabled guest or guests requiring additional assistance to evacuate to the emergency staircase.*
2. *Ask other guests to assist the person. If nobody could assist, leave these guests in the staircase area until all rooms on the whole floor are checked.*
3. *Return to assist the disabled guests to reach the evacuation area.*

Lobby, Restaurants, Bars, Ball Rooms, Meeting Rooms and Banquet Rooms Evacuation Procedures:

1. Cease all servings, stop any music, and turn on lights.
2. Inform the guests in the room of the tsunami alarm and tell them to proceed to the evacuation point. Point out the direction to the evacuation route or nearest emergency exit.
3. Direct all guests out of the room. Evacuate the guests sitting at tables closest to the exit first and then working down through the room.

4. If necessary inform all tables individually and tell the guests they must proceed immediately to the evacuation point.
5. If any guest needs assistance to evacuate, instruct other able persons to assist, if nobody could help, assist the guest once all the other people have been evacuated from the room.
6. If any guest refuse to leave the room, they must be escorted out by two waiters/employees.
7. Make sure to check public toilets, storage, or other enclosed rooms in the area.
8. Once all the guests have been evacuated, close the room and mark the room as has been checked and empty.

Beach and/or Swimming pool Evacuation Procedures

If the hotel is located on the beach and/or have swimming pool on the ground floo , the hotel is responsible to alert all the people on the beach and swimming pool of the tsunami warning and to continue with the beach and swimming pool evacuation procedures. Evacuating people on the beach and/or swimming pool could be the responsibility of the lifeguards or beach security.

In the case that the earthquake is felt in the hotel area, make sure the beach personnel are familiar with the natural tsunami warning signs (see page 6) and to report any suspicious signs indicating a possible tsunami to the relevant decision makers

As some of the guest might be swimming or do water sports (surfing or sailing), it is important for the lifeguards and/or beach security to be able to inform them using megaphones or other signals that can get their attention.

1. Get attention of the guest on the beach by shouting “Tsunami Evacuation!”
2. Make sure that the people on the water that a tsunami warning has been issued for the to get out of the water and start evacuating
3. Check all restrooms/toilets, changing rooms and showers in order to make sure that people are aware of the warning.
4. Guide the people around to the evacuation area.
5. Make sure that the beach and/or swimming pool is empty and nobody returns (for example to get their belongings or to watch the tsunami come)

Administration and Hotel Operation / Department Evacuation Procedures

Hotel management is also responsible to make sure that all staff is safely evacuated and all operations are securely close down in emergency. Most hotels probably have already established this department close down procedure for example in the case of fire emergenc , weather emergency. These procedures can be adapted for tsunami emergency.

Guidelines for Guest on Tsunami Evacuation

To ensure all guests and visitors are familiar with the hotel policy on safety for tsunami evacuation procedures, in addition to providing an evacuation maps and evacuation routes and signs, the hotel should also provide information on practical steps for tsunami evacuation to their guests. Having these steps will ease the *guest evacuation team* in ensuring that all guests understand, willing, and be cooperative during the evacuation process. Example of steps to guide hotel guests in tsunami emergency are:

1. When you feel a strong earthquake and you can hardly stand, or you feel a slow shaking that continues for a longer time, a Tsunami may have been generated.
2. Stay calm and do not panic.
3. After the shaking stops, move calmly to the designated assemble area (always check evacuation area of the hotel), then wait for further instruction by the hotel officials / securit .
4. If the sea level receded, exposing fishes and corals, then you should move quickly to higher ground (check if the hotel is a designated vertical evacuation building). Do not go to the beach to confirm or to watch the tsunam .
5. If you are swimming on the shore you might not feel the earthquake, always be mindful of what is happening on the beach. If you see people curiously gathered on the beach, move away from the sea and go to the assemble area.
6. Hotel officials/security will evacuate all guest to higher ground and/or safe area that have been officially designated as tsunami evacuation ar a. All instructions will be given using a microphone system and/or a megaphone. Listen, follow all of the instruction and move in an orderly manner to the evacuation area.
7. During a tsunami stay calm and do not panic. Do not leave the tsunami evacuation area until it is officialy announced by the authorities that it is safe to leave the evacuation are . Tsunami will come in several waves and there are time gaps between the waves.
8. During a tsunami emergency, the hotel staff, local disaster management office, police and other emergency organization will try to save lives please follow all their instruction and give your full cooperation

The guests need to be reminded that in case of tsunami evacuation they have to follow the procedures each step for the safety of themselves and other people, and all tsunami evacuation instruction has to be taken seriously even in the cases of non-destructive event.

Annex

This checklist gives an overview about the steps which are necessary in order to get a hotel tsunami ready. Supporting information is provided in the 'Tsunami Ready' fact sheets (www.tsunamiready.com). This list is only a suggestion. Please feel free to copy the list and alter it according to the needs. Should you have any comments or ideas for improvement please let them know so they can share your ideas with others (info@tsunamiready.com). Logo on the left is the certification branding use by the Tsunami Ready.

A. Information Source and Interpretation		
Task / Items	**Status**	**Follow up**
a. Hotel is connected to reliable early warning source		
b. Tsunami early warnings can be received despite power black outs		
c. There are at least two early warning sources available (e.g. SMS, TV, VHF)		
d. Early warning information can be received on a 24/7 basis		
e. Early warning information is monitored on a 24/7 basis		
f. Responsible staff knows how to interpret warnings in order to initiate evacuation		
g. Clear SOP's for interpretation of warning messages and decision making are in place and communicated		
h. Staff is familiar with natural early warning signs and general tsunami facts like likely arrival times etc.		
i. Communication devices like loudspeakers and/or sirens are available and operational to alert staff and guests, also on the beach (consider power outages)		
j. Staff knows how to communicate alarm to guests		
k. Staff and guests are educated on how to interpret tsunami alarm Guests are familiar with evacuation procedures		
l. Tsunami information material for guests is available in every room		

B. Evacuation Procedures		
Task / Items	**Status**	**Follow up**
a. Responsibilities and SOP's are clearly defined and communicated to all staff		
b. Guest and staff evacuation procedures are implemented and tested		
c. Department close down procedures are implemented and tested		
d. Beach Evacuation procedures are implemented and tested		
e. Official public evacuation routes are known and communicated		
f. Hotel management and staff are familiar with public emergency procedures and preparations		
g. Test alarms and evacuations are carried out on an irregular basis		

C. Evacuation Route and Shelter		
Task / Items	**Status**	**Follow up**
a. Decision on horizontal versus vertical evacuation has been made		
b. Internal evacuation routes are clearly marked		
c. Suitability of evacuation spot has been evaluated by expert		
d. Evacuation spot is easily accessible		
e. Evacuation spot is large enough for all guests and staff (at least 1 m^2/person)		
f. Shelter is equipped for emergency (water, food [for at least 3 days] communication devices, check lists, important contacts etc.)		
g. Shelter and equipment are checked at least every 2 weeks		

D. Community Relations		
Task / Items	**Status**	**Follow up**
a. Cooperation opportunities with the immediate general public have been explored		
b. Problem of how to deal with access demands of the general public to hotel has been addressed and a solution found		

E. Cooperation		
Task / Items	**Status**	**Follow up**
a. Hotel management consulted with neighbouring hotels, the local administration and relevant institutions on emergency cooperation and procedures		

F. Post Tsunami (the following questions need to be addressed)		
Task / Items	**Status**	**Follow up**
a. How can guests and staff be evacuated if transport infrastructure is destroyed		
b. Does it make sense to prepare post disaster plans with other hotels to share resources like equipment, emergency supplies, doctors etc.?		
c. Where can official disaster related information and instructions be obtained from?		
d. Which organizations can help and how can they be contacted? (e.g. US/Australian consulate/army, private organisations like Hills & associates etc.)		
e. Who are the official Indonesian search & rescue organisations and how can they be contacted?		
f. Who else needs to be informed (company headquarters etc.)?		
g. Where could the hotel evacuate to once the water receded if the building is not safe anymore and how can guests and staff be supplied with basic necessities?		
h. Does it make sense to collaborate with other hotels nearby		

References

The Tsunami Ready Toolbox, Alexander Kesper, Ministry of Culture and Tourism Republic of Indonesia, Bali Hotels Association, Centrum fur Internationale Migration und Entwicklung, 2008

Strong Tsunamis in the Mediterranean Sea; A Re-evaluation; Gerassimos A. Papadopoulos and Anna Fokaefs, Institute of Geodynamics, National Observatory of Athens, Athens-11810, Greece. ISET Journal of Earthquake Technology, Paper No. 463, Vol. 42, No. 4, December 2005, pp. 159-170

Tsunami Early Warning and Mitigation System in the North Eastern Atlantic, the Mediterranean and Connected Seas, NEAMTWS, Implementation Plan (Third Session of the Intergovernmental Coordination Group for the Tsunami Early Warning and Mitigation System in the North Eastern Atlantic, the Mediterranean and Connected Seas, NEAMTWS), IOC Technical Series No. 73. UNESCO 2007. (Electronic copy, English only)

Tsunami risk assessment and mitigation for the Indian Ocean: Knowing your tsunami risk – and what to do about it, IOC Manual and Guides no. 52, Paris: UNESCO, 2009 (English)

Tsunami Preparedness Information Guide for Disaster Planners, IOC Manual and Guides no. 49, Paris: UNESCO, 2009 (English)

Newsletter / ICHARM -- The International Centre for Water Hazard and Risk Management, Issue No.6, http://www.icharm.pwri.go.jp/publication/newsletter/newsletter6_oct07_e.html

Tsunami Evacuation Plan for Kelurahan Kuta, Bali, A Documentation of the Process and Result of Tsunami Evacuation Planning, District Government of Badung, Bali Hotel Association, Indonesian Red Cross – Bali Chapter, GTZ IS – GITEWS, 2010

Handbook of Tsunami Evacuation Planning, S. Scheer et.al, JRC Scientific and Technical Reports, 2011

Disaster Risk Reduction, A Toolkit for Tourism Destination, Practical Examples from Coastal Settlements in ASIA, United Nations Environment Programme, 2008

Vertical Evacuation From Tsunamis: A guide for Community Official, FEN P646A / June 2009

Queensland Evacuation Guidelines for Disaster Management Group, Queensland Government, 2010

ISO standard on beach safety flags and water safety signs for an accident-free summe , Ref.: 1147, News and media News 2008

NORTH-EASTERN ATLANTIC AND THE MEDITERRANEAN
TSUNAMI INFOMATION CENTRE

Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO
1, rue Miollis - 75732 Paris, France
Tel: +33 1 45683952

NOTICE SISMIQUE PC

Indice Diffusion groupement	Indice interne ING	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par	Date diffusion interne	Observations
	0	CTX			21/07/2023	1ère émission

Table des matières

1 Objet du document 3
2 Documents de référence 3
3 Organigramme du calcul sismique 3
3.1 Détermination de l'action sismique 3
3.2 Conception structurale 5

1 Objet du document

Cette note a pour objet la définition des hypothèses nécessaire à la réalisation de l'étude sismique des bâtiments.
Ce document est complémentaire aux documents décrivant le projet et sa conception au niveau PC : plans et notices PC architecte.

2 Documents de référence

Contexte normatif :

- Eurocode 8.
- Eurocode 5
- Eurocode 3
- Eurocode 2

Contexte de l'affaire :

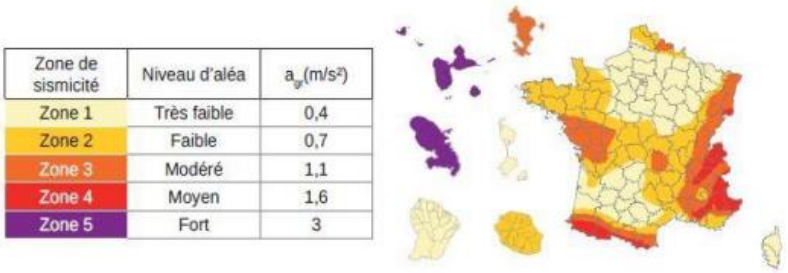
- Notices et plans architectes

Autres :

- ***Conception**, construction, réhabilitation parasismique,* DAVIDOVICI V., Afnor et Editions Eyrolles, 2022, vol 1. = **ref1**
- *Conception, **construction**, réhabilitation parasismique,* DAVIDOVICI V., Afnor et Editions Eyrolles, 2022, vol 2. = **ref2**

3 Organigramme du calcul sismique

3.1 Détermination de l'action sismique

Paramètre	**Hypothèse retenue**	**Commentaire**
Zone de sismicité	5 (Très Fort)	
Catégorie d'importance	3	(p518 ref1) . Bâtiments dont la résistance aux séismes est importante compte tenu des conséquences d'un effondrement (γ_1 = 1.2) EC8-1 §4.2.5
Classe de sol Coeff d'amplification topo	A définir	EC8-1 §3.2.2.2
Spectre de calcul	Horizontaux Vertical	Oui Non : nous ne sommes pas dans le cadre du § EC8-1 §4.3.3.5.2 (1)

Selon arrêté du 24/10/2010 :

- Spectre horizontal :
  - Spectre de type 1 pour les zones 5 de l'EC8
  - Spectre de type 2 pour les zones 1-4 de l'EC8
- Spectre vertical : (Sans Objet)
  - Spectre défini dans l'arrêté du 24/10/2010 qui ne correspond pas à l'EC8

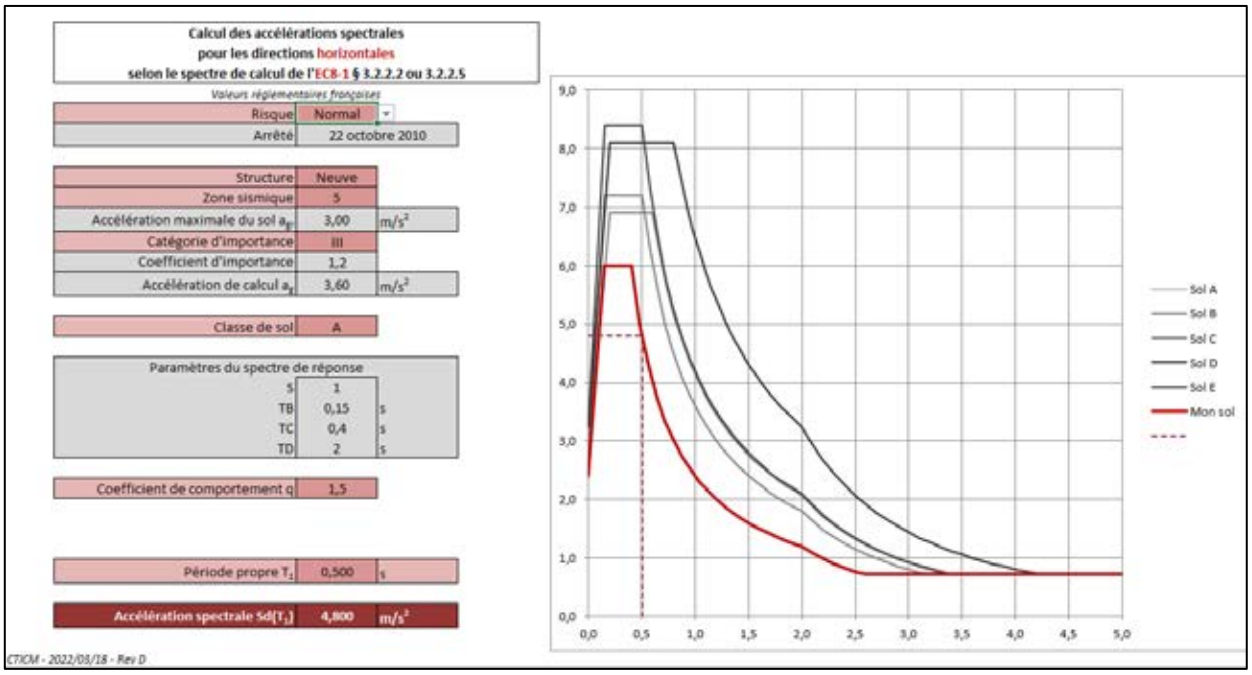


Figure 1 Spectre horizontal théorique

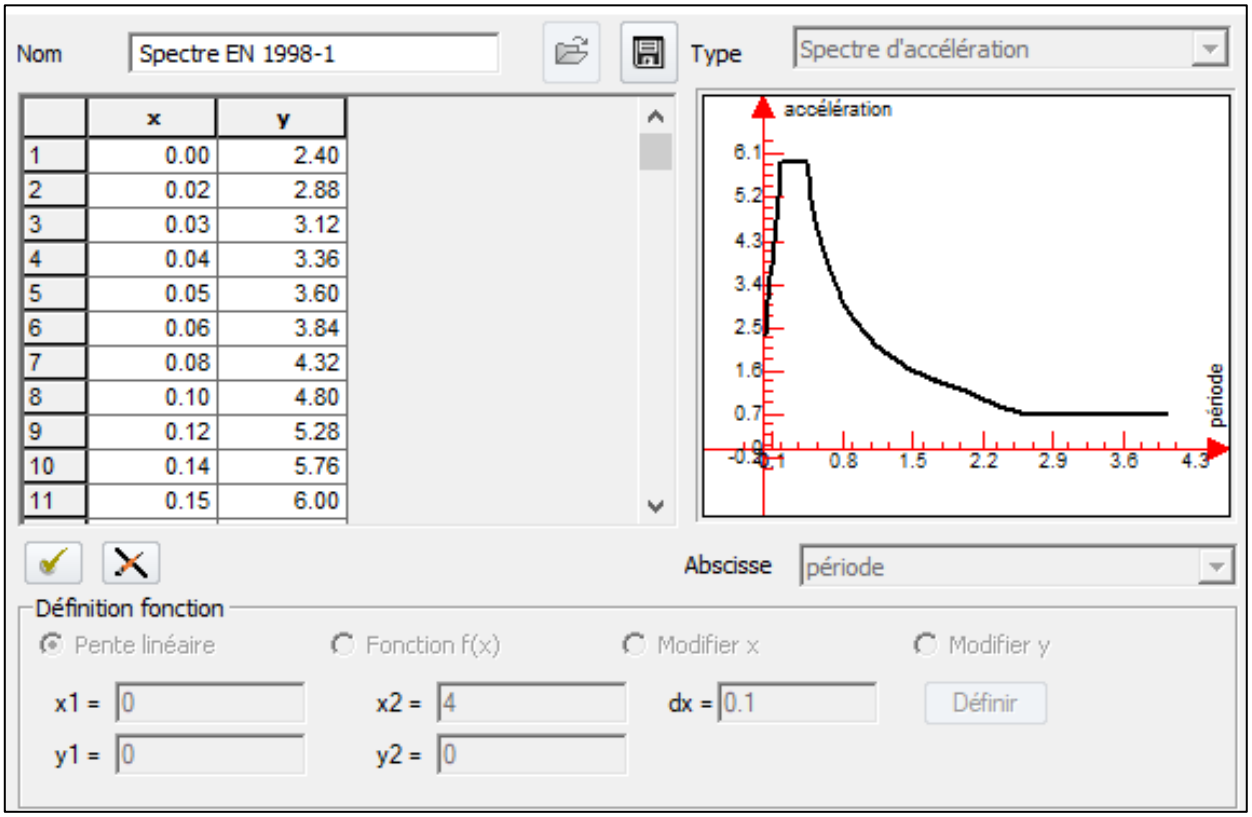


Figure 2 Spectre horizontal Advance Design

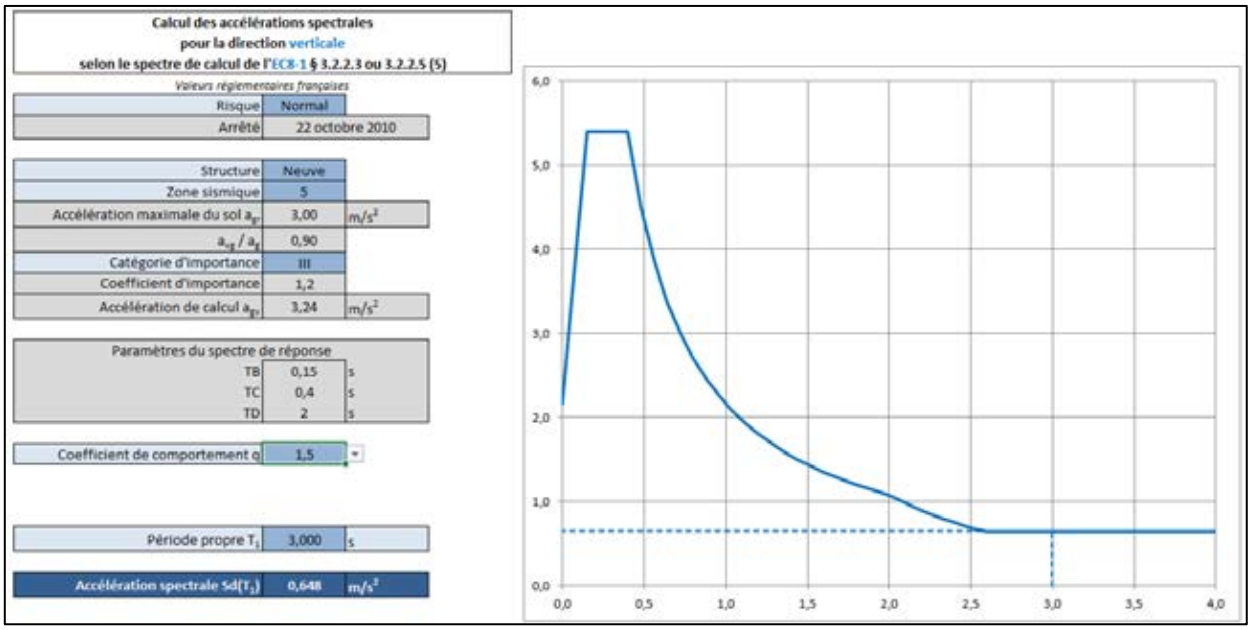


Figure 3 Spectre vertical

3.2 Conception structurale

Paramètre	**Hypothèse retenue**	**Commentaire**
Classe de ductilité	DCM DCL pour le parking	Davido V2 p881 tableau 9.4-1
Contreventement	Contreventement mixte par voiles et portiques béton	Système à contreventement mixte (p98 ref1) Chaque bloc est contreventé par des voiles BA extérieurs, des voiles BA de refend et des portiques.
q coefficient de comportement	Horizontal : 1.5 Vertical : 1.5	(p105 ref1) SO pour le projet (CF ci-dessus)
ISS	Non	EC8-5 §6

Au maximum, la conception des bâtiments respectera les critères suivants :

- Simplicité de la structure
- Cheminements clairs et directs des forces sismiques
- Uniformités et hyperstatisme
- Rigidité suffisante dans toutes les directions de sollicitation
- Evitement des phénomènes de torsion

La structure de l'ensemble du projet est constituée de poteaux, voiles, poutres et dalles en béton armé.

Les toitures sont prévues en structure bois aves système de contreventement.

Les dalles constituent des diaphragmes et sont en appui sur des voiles ou des poutres. Les poutres sont en appui sur des poteaux ou des voiles.

Le contreventement de l'ensemble de la structure est assuré par un système de voiles principaux (façades et refends) dans les deux directions ponctuellement des portiques peuvent être utilisés.

Le niveau haut de la dalle du parking constitue un niveau de reprise pour les efforts verticaux et horizontaux. Une attention particulière sera apportée à la conception et au calcul de cet élément dans la suite des études.

Tous les blocs de dilatation feront l'objet d'une analyse dynamique à l'aide d'un modèle aux éléments finis tridimensionnel, représentant l'ensemble de la structure. L'analyse prévue à ce stade et une analyse modal spectrale.

Coastal Studies Laboratory
Department of Geosciences
777 Glades Road, SE453
Boca Raton, FL 33431
561.297.4669
http://www.geosciences.fau.edu

June 23, 2022

To:
Alanna Waldman
Project Manager
Deborah Brosnan & Associates

This letter transmits that four sediment samples provided by Deborah Brosnan & Associates from a sample event in May 2022 were processed and analyzed per FDEP protocol. Results are provided for wet sieve in addition to the standard sieve numbers: ¾", 5/8", 3.5, 4, 5, 7, 10, 14, 18, 25, 35, 45, 60, 80, 120, 170, and 230.

Attached are gradation sheets, curves, and test results for the samples provided. Included are Munsell color and sieve analyses (moment method statistics). Percent gravel, sand, and fines are determined based on >#4, between #4 and #230, <#230, respectively.

If you have any questions, please feel free to contact me at 561-297-4669.

Regards,

Tiffany Roberts Briggs, Ph.D.
Associate Professor
briggst@fau.edu

Granulometric Analysis
Sediment Data Sheet

Florida Atlantic University
Department of Geosciences
Coastal Studies Laboratory

777 Glades Road
Boca Raton, FL 33431
561-297-4669

Project:

Sample: Sample #1 - Etoile Site Sand

Date: 5/25/2022

Processed By: LMH

Comments: Surface Sand Sample

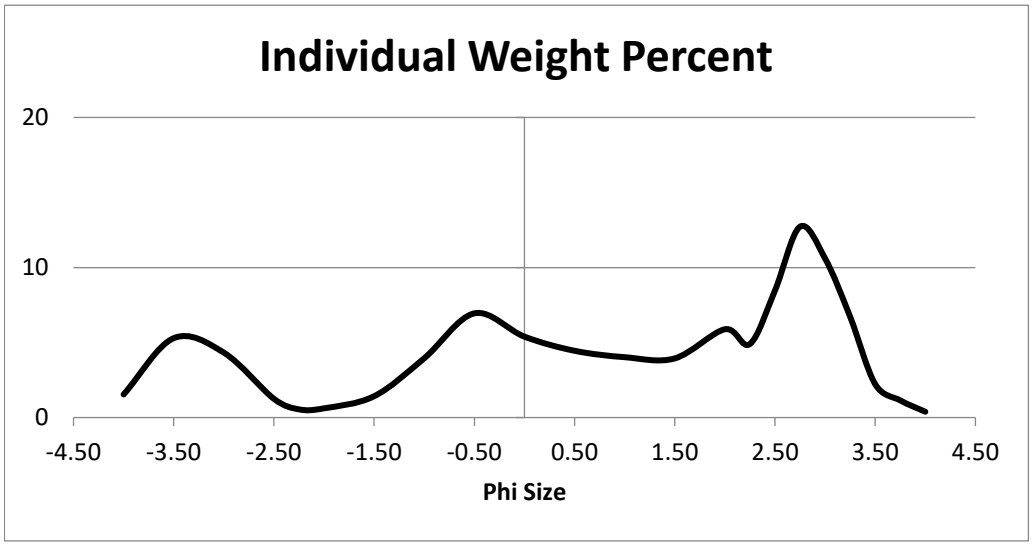
Sieve No.	Sieve Size (φ)	Sieve Size (mm)	Weight (g)	% Weight	Cum. Weight %
3/4	-4.25	19.03	0.00	0.00	97.66
5/8	-4.00	16.00	5.38	1.54	97.66
11/16	-3.50	11.31	18.50	5.29	96.12
5/16	-3.00	8.00	15.13	4.33	90.83
3.5	-2.50	5.66	4.36	1.25	86.50
4	-2.25	4.76	1.91	0.55	85.25
5	-2.00	4.00	2.15	0.61	84.71
7	-1.50	2.83	4.97	1.42	84.09
10	-1.00	2.00	13.82	3.95	82.67
14	-0.50	1.41	24.28	6.95	78.72
18	0.00	1.00	18.85	5.39	71.77
25	0.50	0.71	15.56	4.45	66.38
35	1.00	0.50	14.07	4.02	61.93
45	1.50	0.35	13.78	3.94	57.91
60	2.00	0.25	20.57	5.88	53.96
70	2.25	0.21	17.15	4.91	48.08
80	2.50	0.18	29.61	8.47	43.18
100	2.75	0.15	44.47	12.72	34.71
120	3.00	0.13	37.06	10.60	21.99
140	3.25	0.11	23.47	6.71	11.38
170	3.50	0.09	7.78	2.23	4.67
200	3.75	0.07	4.00	1.14	2.45
230	4.00	0.06	1.35	0.39	1.30
Pan	>4.00	<0.06	3.20	0.92	0.92
Wet Sieve	>4.00	<0.06	8.18	2.34	2.34

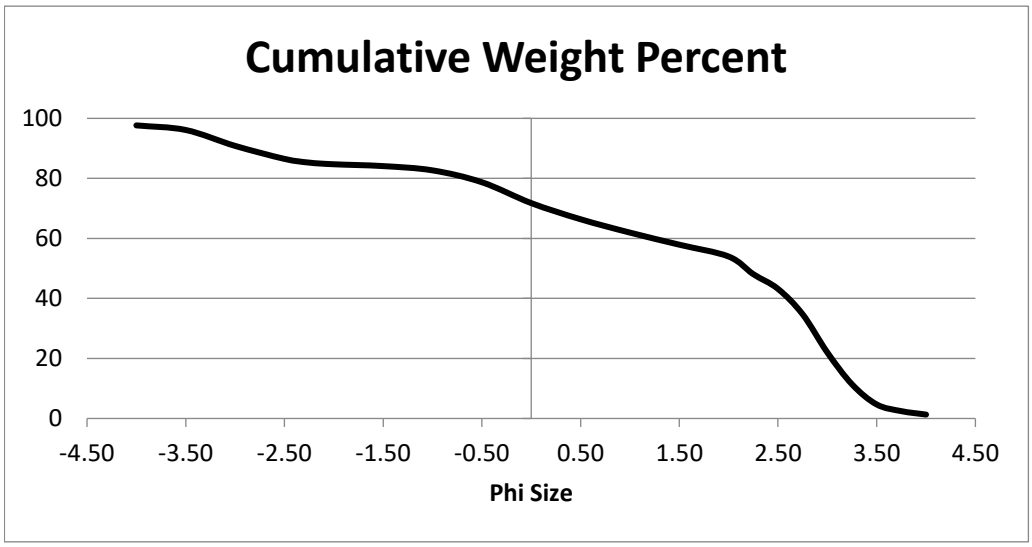
Pre-Sieve Weight (g):	350.60
Post-Sieve Weight (g):	349.60
Sieve Loss (%):	0.29

Notes:

Moment Method Statistics	Mean (ϕ)	Mean (mm)	Sorting (ϕ)	Skewness (ϕ)	Kurtosis (ϕ)
	0.91	0.53	2.21	-0.83	2.54

Size Class Distribution		Carbonate Content		Megascopic Description (Munsell Color)	
Gravel (%):	19	% Carbonate:	NA		
Sand (%):	77	Organic Content		Wet/moist color:	10YR 8/2
Mud (%):	4	% Organics:	NA	Dry color:	10YR 9/2


Individual Weight Percent
20
10
0
-4.50
-3.50
-2.50
-1.50
-0.50
0.50
1.50
2.50
3.50
4.50
Phi Size


Cumulative Weight Percent
100
80
60
40
20
0
-4.50
-3.50
-2.50
-1.50
-0.50
0.50
1.50
2.50
3.50
4.50
Phi Size

Granulometric Analysis
Sediment Data Sheet

Florida Atlantic University
Department of Geosciences
Coastal Studies Laboratory

777 Glades Road
Boca Raton, FL 33431
561-297-4669

Project:

Sample: Sample #2 - 2nd Site Sand

Date: 5/25/2022

Processed By: LMH

Comments: Sand from pile

Sieve No.	Sieve Size (φ)	Sieve Size (mm)	Weight (g)	% Weight	Cum. Weight %
3/4	-4.25	19.03	0.00	0.00	95.72
5/8	-4.00	16.00	0.00	0.00	95.72
11/16	-3.50	11.31	0.82	0.42	95.72
5/16	-3.00	8.00	0.36	0.18	95.29
3.5	-2.50	5.66	1.65	0.85	95.11
4	-2.25	4.76	1.02	0.52	94.26
5	-2.00	4.00	0.35	0.18	93.74
7	-1.50	2.83	1.06	0.54	93.56
10	-1.00	2.00	1.73	0.89	93.01
14	-0.50	1.41	3.04	1.56	92.13
18	0.00	1.00	3.47	1.78	90.56
25	0.50	0.71	4.76	2.45	88.78
35	1.00	0.50	6.35	3.26	86.34
45	1.50	0.35	9.72	4.99	83.07
60	2.00	0.25	21.18	10.88	78.08
70	2.25	0.21	19.38	9.96	67.20
80	2.50	0.18	30.97	15.91	57.25
100	2.75	0.15	39.37	20.22	41.34
120	3.00	0.13	23.71	12.18	21.11
140	3.25	0.11	10.92	5.61	8.93
170	3.50	0.09	2.35	1.21	3.32
200	3.75	0.07	1.52	0.78	2.12
230	4.00	0.06	0.63	0.32	1.34
Pan	>4.00	<0.06	1.97	1.01	1.01
Wet Sieve	>4.00	<0.06	8.34	4.28	4.28

Pre-Sieve Weight (g):	195.65
Post-Sieve Weight (g):	194.67
Sieve Loss (%):	0.50

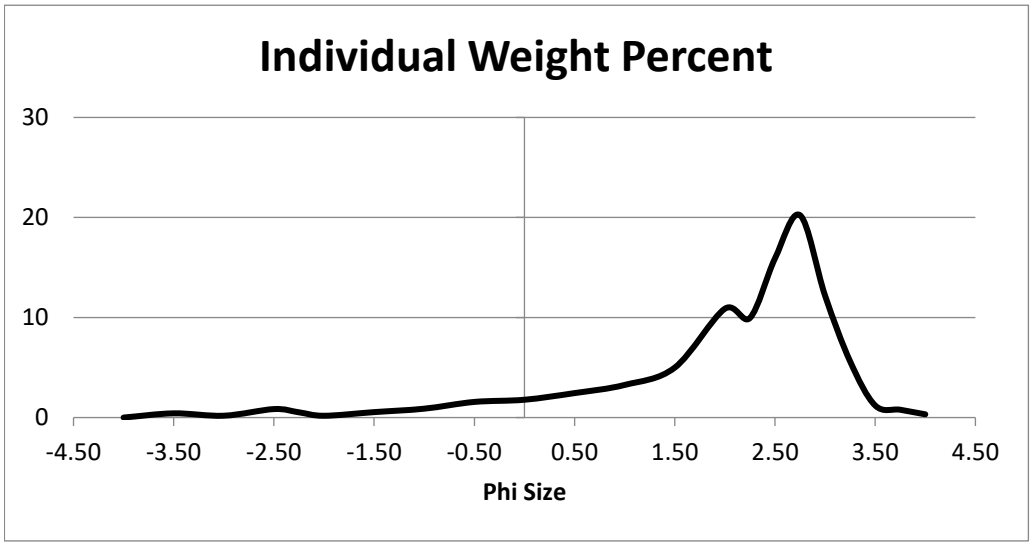
Notes:

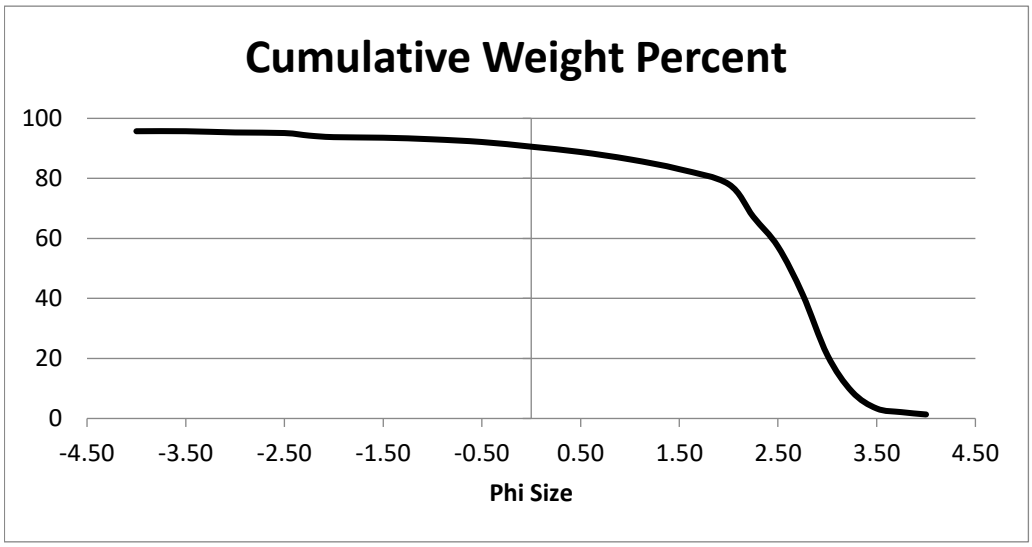
Moment Method Statistics	Mean (ϕ)	Mean (mm)	Sorting (ϕ)	Skewness (ϕ)	Kurtosis (ϕ)
	1.95	0.26	1.19	-1.93	8.10

Size Class Distribution	
Gravel (%):	4
Sand (%):	91
Mud (%):	6

Carbonate Content	
% Carbonate:	NA
Organic Content	
% Organics:	NA

Megascopic Description (Munsell Color)	
Wet/moist color:	10YR 8/2
Dry color:	10YR 8.5/2


Individual Weight Percent
30
20
10
0
-4.50
-3.50
-2.50
-1.50
-0.50
0.50
1.50
2.50
3.50
4.50
Phi Size


Cumulative Weight Percent
100
80
60
40
20
0
-4.50
-3.50
-2.50
-1.50
-0.50
0.50
1.50
2.50
3.50
4.50
Phi Size

Granulometric Analysis
Sediment Data Sheet

Florida Atlantic University
Department of Geosciences
Coastal Studies Laboratory

777 Glades Road
Boca Raton, FL 33431
561-297-4669

Project:

Sample: Sample #3 - 2nd Site Pebble

Date: 5/25/2022

Processed By: LMH

Comments: Pebbles from pile

Sieve No.	Sieve Size (φ)	Sieve Size (mm)	Weight (g)	% Weight	Cum. Weight %
3/4	-4.25	19.03	0.00	0.00	92.61
5/8	-4.00	16.00	0.00	0.00	92.61
11/16	-3.50	11.31	11.67	6.22	92.61
5/16	-3.00	8.00	19.46	10.37	86.39
3.5	-2.50	5.66	22.83	12.17	76.02
4	-2.25	4.76	7.37	3.93	63.84
5	-2.00	4.00	6.79	3.62	59.92
7	-1.50	2.83	10.87	5.79	56.30
10	-1.00	2.00	7.61	4.06	50.50
14	-0.50	1.41	6.05	3.23	46.44
18	0.00	1.00	4.39	2.34	43.22
25	0.50	0.71	3.90	2.08	40.88
35	1.00	0.50	3.98	2.12	38.80
45	1.50	0.35	4.79	2.55	36.68
60	2.00	0.25	8.58	4.57	34.12
70	2.25	0.21	7.26	3.87	29.55
80	2.50	0.18	10.69	5.70	25.68
100	2.75	0.15	14.74	7.86	19.98
120	3.00	0.13	10.92	5.82	12.12
140	3.25	0.11	5.83	3.11	6.30
170	3.50	0.09	1.88	1.00	3.19
200	3.75	0.07	1.51	0.80	2.19
230	4.00	0.06	0.72	0.38	1.39
Pan	>4.00	<0.06	1.88	1.00	1.00
Wet Sieve	>4.00	<0.06	13.86	7.39	7.39

Pre-Sieve Weight (g):	187.89
Post-Sieve Weight (g):	187.58
Sieve Loss (%):	0.16

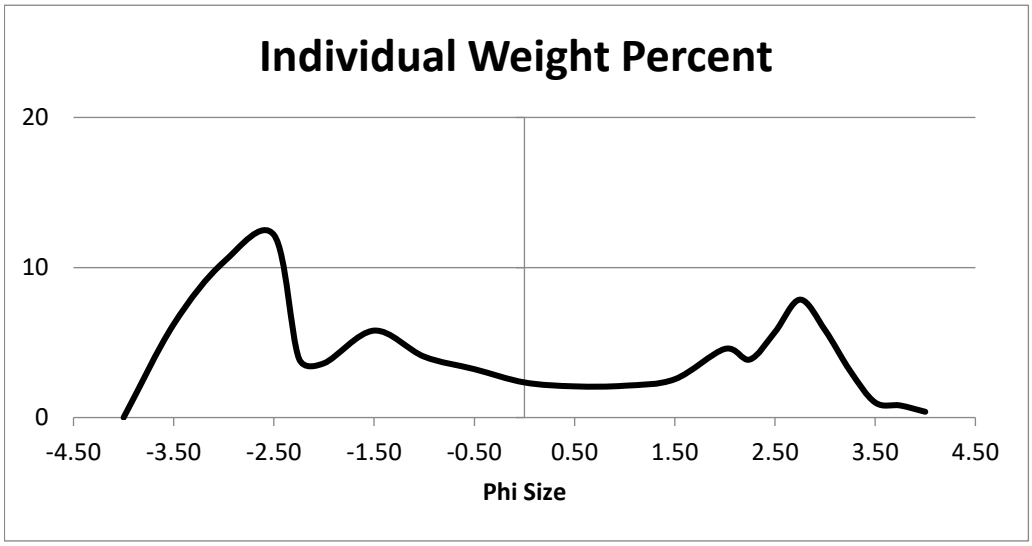
Notes:

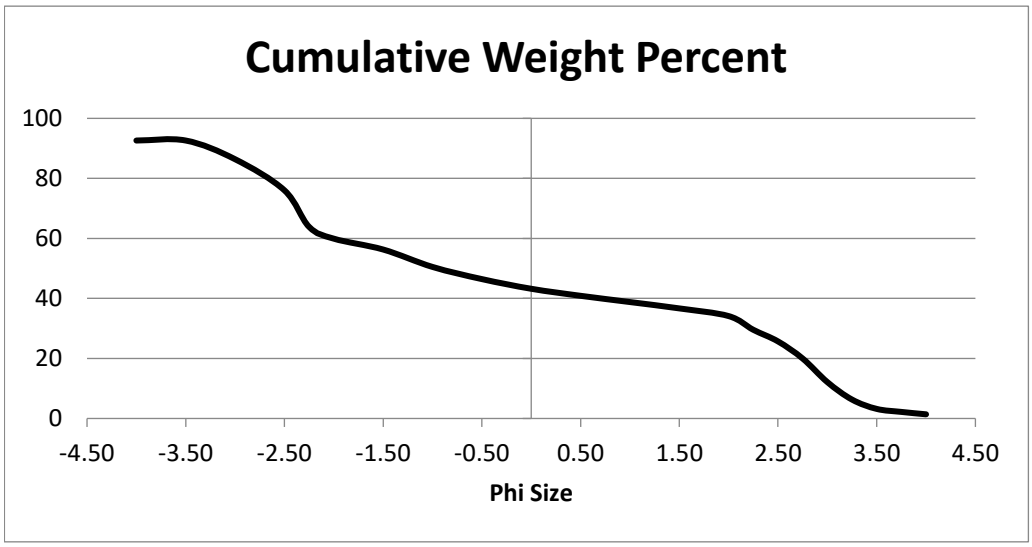
Moment Method Statistics	Mean (ϕ)	Mean (mm)	Sorting (ϕ)	Skewness (ϕ)	Kurtosis (ϕ)
	-0.32	1.25	2.43	0.13	1.51

Size Class Distribution	
Gravel (%):	46
Sand (%):	45
Mud (%):	9

Carbonate Content	
% Carbonate:	NA
Organic Content	
% Organics:	NA

Megascopic Description (Munsell Color)	
Wet/moist color:	2.5Y 8/2
Dry color:	10YR 8.5/2


Individual Weight Percent
20
10
0
-4.50
-3.50
-2.50
-1.50
-0.50
0.50
1.50
2.50
3.50
4.50
Phi Size


Cumulative Weight Percent
100
80
60
40
20
0
-4.50
-3.50
-2.50
-1.50
-0.50
0.50
1.50
2.50
3.50
4.50
Phi Size

Granulometric Analysis
Sediment Data Sheet

Florida Atlantic University
Department of Geosciences
Coastal Studies Laboratory

777 Glades Road
Boca Raton, FL 33431
561-297-4669

Project:

Sample: Sample #4 - St. Jean Sand

Date: 6/3/2022

Processed By: LMH

Comments: St. Jean Beach Sand

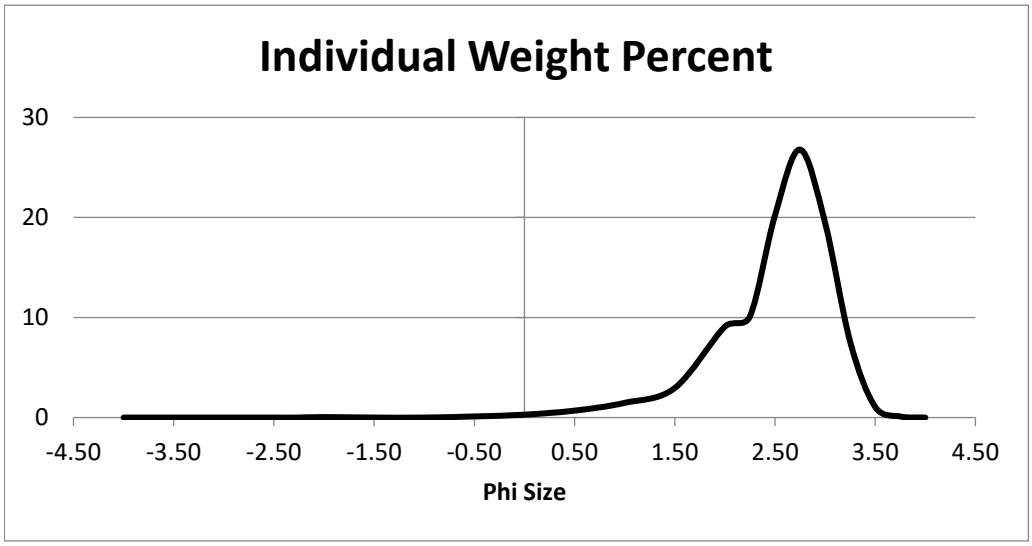
Sieve No.	Sieve Size (φ)	Sieve Size (mm)	Weight (g)	% Weight	Cum. Weight %
3/4	-4.25	19.03	0.00	0.00	100.00
5/8	-4.00	16.00	0.00	0.00	100.00
11/16	-3.50	11.31	0.00	0.00	100.00
5/16	-3.00	8.00	0.00	0.00	100.00
3.5	-2.50	5.66	0.00	0.00	100.00
4	-2.25	4.76	0.00	0.00	100.00
5	-2.00	4.00	0.10	0.05	100.00
7	-1.50	2.83	0.00	0.00	99.95
10	-1.00	2.00	0.00	0.00	99.95
14	-0.50	1.41	0.22	0.11	99.95
18	0.00	1.00	0.56	0.29	99.83
25	0.50	0.71	1.34	0.69	99.54
35	1.00	0.50	2.84	1.47	98.85
45	1.50	0.35	5.71	2.95	97.38
60	2.00	0.25	17.57	9.08	94.43
70	2.25	0.21	19.57	10.12	85.35
80	2.50	0.18	39.09	20.21	75.23
100	2.75	0.15	51.81	26.79	55.02
120	3.00	0.13	37.66	19.47	28.23
140	3.25	0.11	14.66	7.58	8.75
170	3.50	0.09	2.06	1.07	1.17
200	3.75	0.07	0.21	0.11	0.11
230	4.00	0.06	0.00	0.00	0.00
Pan	>4.00	<0.06	0.00	0.00	0.00
Wet Sieve	>4.00	<0.06	0.00	0.00	0.00

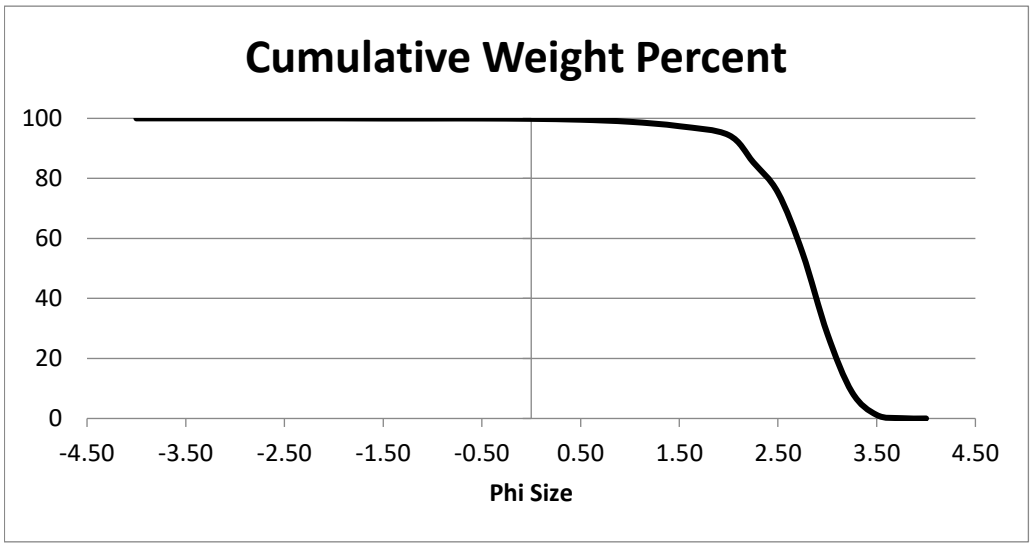
Pre-Sieve Weight (g):	193.41
Post-Sieve Weight (g):	193.40
Sieve Loss (%):	0.01

Notes:

Moment Method Statistics	Mean (ϕ)	Mean (mm)	Sorting (ϕ)	Skewness (ϕ)	Kurtosis (ϕ)
	2.44	0.18	0.55	-1.88	9.68

Size Class Distribution		Carbonate Content		Megascopic Description (Munsell Color)	
Gravel (%):	0	% Carbonate:	NA		
Sand (%):	100	Organic Content		Wet/moist color:	2.5Y 8/2
Mud (%):	0	% Organics:	NA	Dry color:	2.5Y 8.5/2


Individual Weight Percent
30
20
10
0
-4.50
-3.50
-2.50
-1.50
-0.50
0.50
1.50
2.50
3.50
4.50
Phi Size


Cumulative Weight Percent
100
80
60
40
20
0
-4.50
-3.50
-2.50
-1.50
-0.50
0.50
1.50
2.50
3.50
4.50
Phi Size

LABCO Antilles
Le Laboratoire de la Construction aux Antilles

TUF 1
IDENTIFICATION

GUIDE DES TUFS DU CETE NOV.99 / GTR

AFFAIRE :	**Hôtel l'Étoile à Saint-Jean**
	SAINT-BARTHÉLÉMY
Dossier :	LAB.2108-013
N° PV :	LAB.2108-013/ 1
Date du prélèvement :	27/07/2021
Date de début d'essais :	02/08/2021
Date de fin d'essais :	04/12/2018

CONRESTA SB
CHEZ FIDEM DOM
65 Rue de la paix Gustavia
97133 SAINT-BARTHÉLÉMY
A l'attention de :
Mail :

RESULTATS DES ESSAIS

INFORMATIONS RELATIVES AU PRELEVELEMENT

Référence :	**ER1 / 0.2m**
Description visuelle :	Grave grise (spoils concassés)
Mode de prélèvement :	Manuel
Prélevé par :	ENTREPRISE

CLASSFICATION GTR

Teneur en eau :	42.9% *à 55°C*	**C1D2**
Valeur au bleu (VBs) :	0.031	
Fragmentabilité :	8.92	
Passant à 80µm :	0.0835	

AUTRES

Teneur en eau, Etuvage à 55°C :	42.9%
Teneur en eau, Etuvage à 30°C :	28.8%
Rapport selon la température :	0.67

Le matériau présente un comportement particulier vis-à-vis de la température. En cela il s'apparente à des sols à allophane sur ce point spécifique

MODALITES DE COMPACTAGE

Matériaux de classe C1D2 après concassage mais très fragmentables tendant à terme vers une classe D2
Compactage à énergie moyenne uniquement
Compacteurs VP et SP inadaptés

Exemple : Pour un compacteur V3, compactage par couche de 0.3m au maximum en 3 passes (A/R) au minimum à vitesse moyenne (5km/h, Q/S=0.12m et Q/L=600m^3/h.m)

VISA TECHNIQUE

PV édité le : 16/08/2021

MESURES DU POIDS VOLUMIQUE ET DE LA TENEUR EN EAU SUR SOL FIN
Normes NFP 94-064 et NFP 94-050

1

		1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Poids volumique humide (kN/m³) :				
	Masse humide (g)	*219.25*	*141.08*	
	Masse parafinée (g)	*220.64*	*144.42*	
	Masse immergé (g)	*54.07*	*44.94*	
		13.3	*14.7*	**14.0**
Teneur en eau W% (55°C) :				
	Masse tare (g)	*11.79*	*11.67*	
	Masse humide + tare (g)	*108.39*	*108.12*	
	Masse sèche + tare (g)	*79.61*	*78.9*	
		42.4%	*43.5%*	**42.9%**
Poids volumique sec (kN/m³) :		*9.3*	*10.3*	**9.8**
Porosité n (%)*		*64.8%*	*61.3%*	**63.0%**
Indice des vides e		*1.84*	*1.58*	**1.71**
Degré de saturation S_r (%)		*61.1%*	*72.9%*	**67.0%**
Teneur en eau de saturation W_{sat} (%)		*69.5%*	*59.7%*	**64.6%**
Poids spécifique humide de saturation (kN/m³)		*15.8*	*16.4*	**16.1**

**En considérant le poids volumique des grains à 26,5 kN/m³*

LABCO Antilles
Le laboratoire de la construction aux Antilles

Dossier n°LAB.2108-013

CONRESTA SB

Hôtel l'Étoile à Saint-Jean

REFERENCE : ER1 / 0.2m
MODE DE PRELEVEMENT : Manuel
DATE DE PRELEVEMENT : 27/07/2021
LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT-BARTHÉLÉMY
DATE D'ESSAI : 02/08/2021

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU DE METHYLENE D'UN SOL Norme NFP 94-068	1

	1 ère mesure	2 ème mesure	Moyenne
Teneur en eau W% (55°C) :			
Masse tare (g)	*11.79*	*11.67*	
Masse humide + tare (g)	*108.39*	*108.12*	
Masse sèche + tare (g)	*79.61*	*78.9*	
	42.4%	*43.5%*	**42.9%**

Nature du matériau testé	*Grave grise (spoils concassés)*

Valeur au Bleu de méthylène du Sol :			
Volume de bleu introduit (cm^3)	V_{bleu}	*4*	
Masse sèche de matériau (g)	M_{d0}	*49.65*	
Proportion de la fraction 0/5mm	C	*38.31*	
	$VBS = \frac{V_{bleu}}{C.M_{d0}} =$		**0.03**

<u>Remarque</u> <u>:</u> La Valeur au Bleu de méthylène du Sol (VBS) est exprimée en grammes de bleu de méthylène pour 100 grammes de matériau (g/100g).

Argilosité du matériau	***Matériau peu argileux***

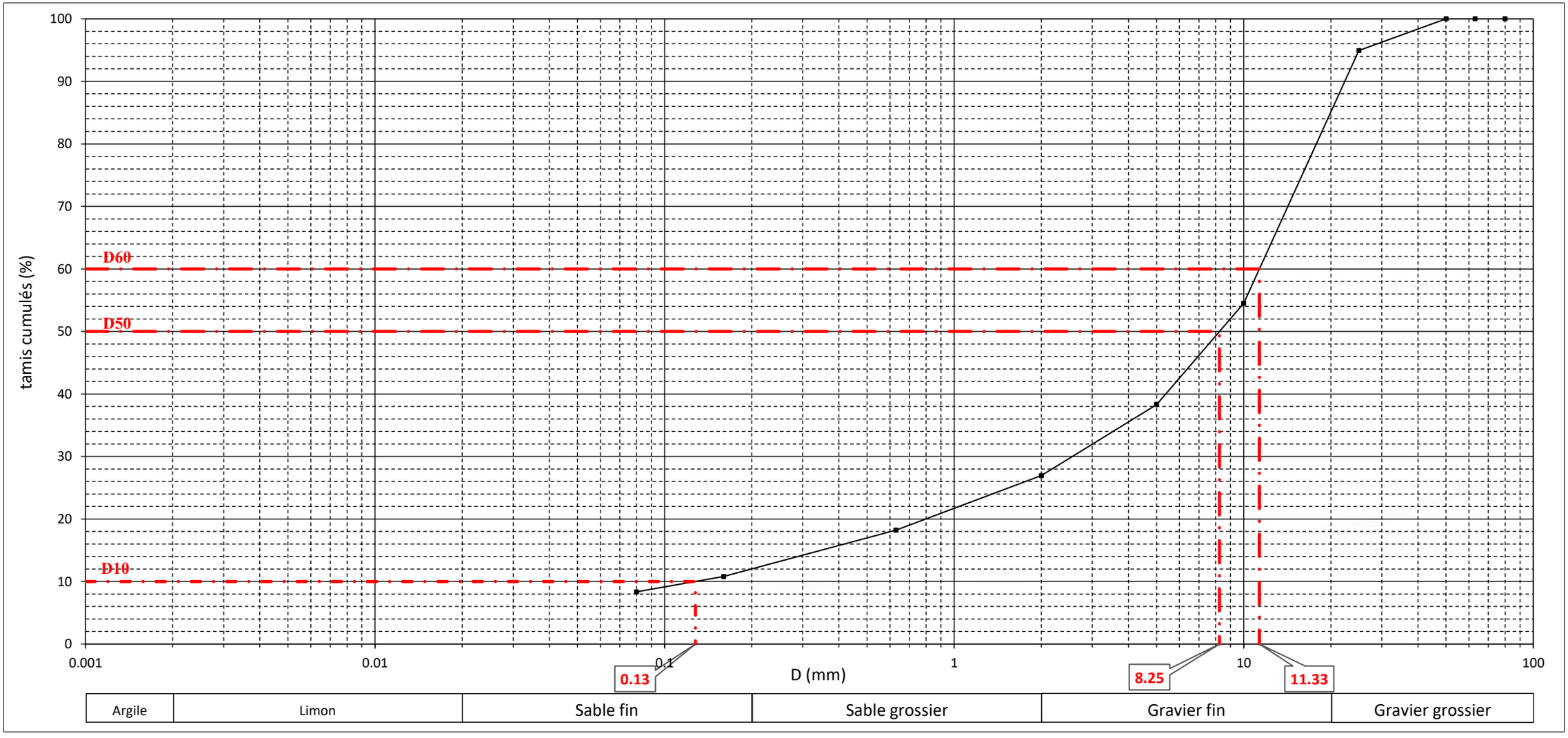
LABCO Antilles *Le laboratoire de la construction aux Antilles*	**CONRESTA SB**	REFERENCE : ER1 / 0.2m
		MODE DE PRELEVEMENT : Manuel
		DATE DE PRELEVEMENT : 27/07/2021
Dossier n°LAB.2108-013	**Hôtel l'Étoile à Saint-Jean**	LIEU DE PRELEVEMENT : SAINT-BARTHÉLÉMY
		DATE D'ESSAI : 02/08/2021

CLASSIFICATION GTR DE MATERIAUX

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC - NORME NFP 94 056

MESURE DE LA VALEUR AU BLEU VBs - NORME NFP 94 068

1



NATURE DE L'ECHANTILLON	W% (55°C)	VBs	Dmax	GTR
Grave grise (spoils concassés)	42.9%	0.03	>50.00mm	**C1D2**

COMMENTAIRES : **Matériau concassé à D_{max} < 50mm**

LABCO Antilles

CONRESTA SB

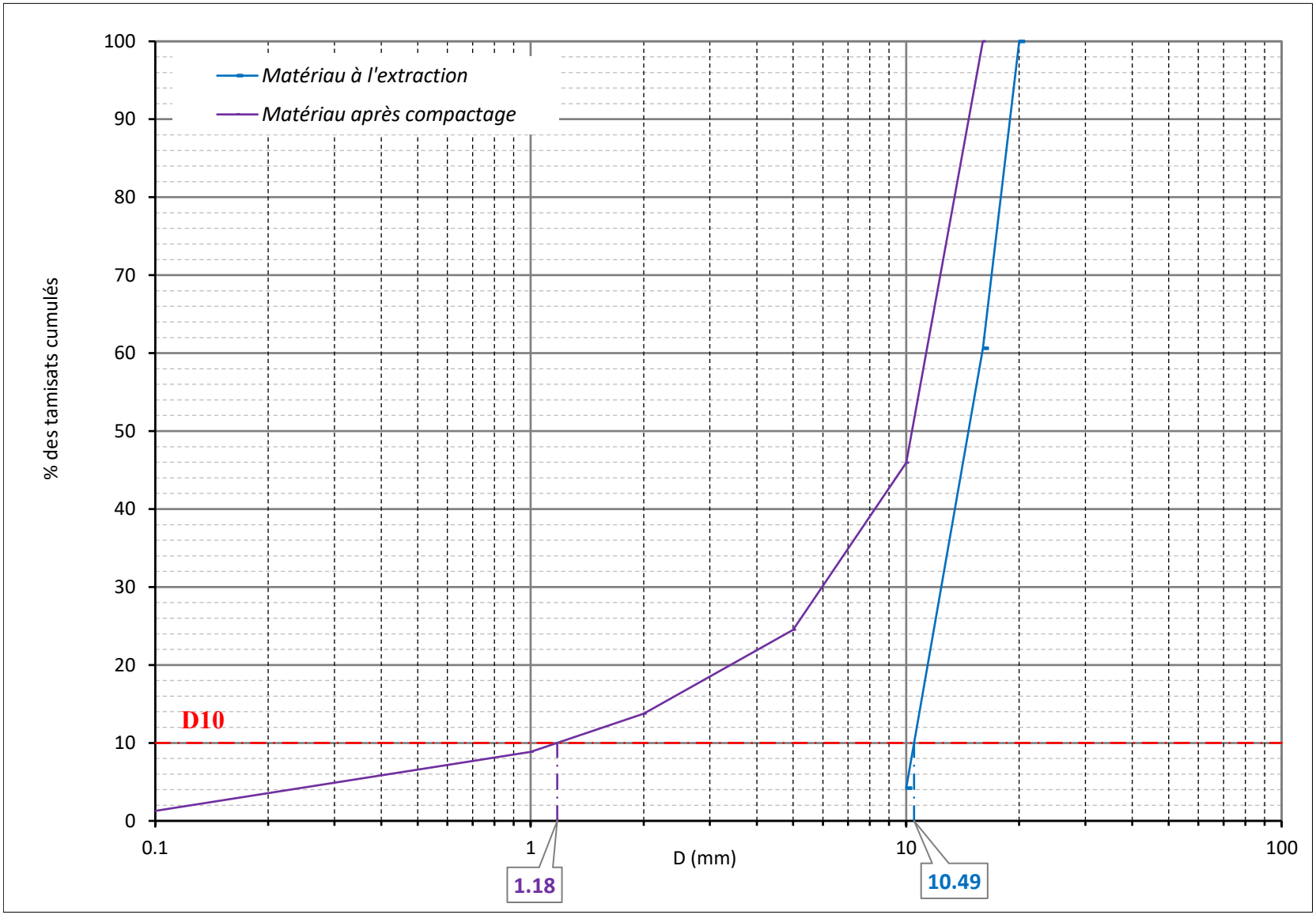
Hôtel l'Étoile à Saint-Jean

REFERENCES : **ER1 / 0.2m**	**DOSSIER N° LAB.2108-013**
COMMUNE : SAINT-BARTHÉLÉMY	DATE DE PRELEVEMENT : 27/07/2021
MODE DE PRELEVEMENT : Manuel	DATE D'ESSAI : 02/08/2021

CLASSIFICATION DU MATERIAU

MESURE DE LA MASSE VOLUMIQUE SUR BLOCS - NORME NFP 94 064 / COEFFICIENT DE FRAGMENTABILITE - NORME NFP 94 056
MESURE DE LA VALEUR AU BLEU VBs - NORME NFP 94 068

1



Description de l'échantillon
Grave grise (spoils concassés)
ρd (kN/m³)
14.01
VBS
0.03
Coéfficient de Fragmentabilité
8.9

LABCO Antilles

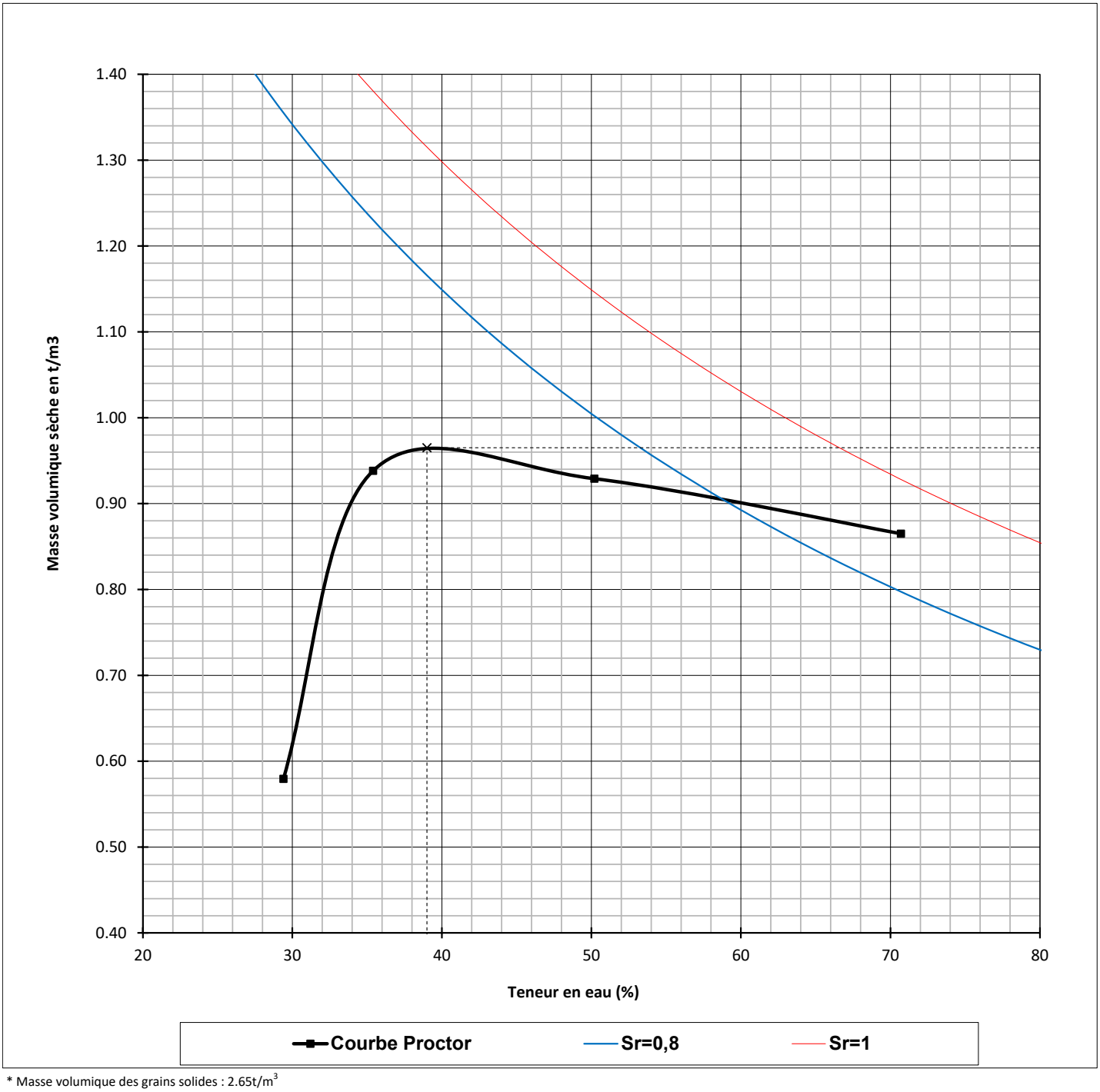
CONRESTA SB

Hôtel l'Étoile à Saint-Jean

REFERENCES : **ER1 / 0.2m**	**DOSSIER N° LAB.2108-013**
COMMUNE : SAINT-BARTHÉLÉMY	DATE DE PRELEVEMENT : 27/07/2021
MODE DE PRELEVEMENT : Manuel	DATE D'ESSAI : 02/08/2021

PV	ESSAI PROCTOR (NFP 94 093)	ER1
		0.2m

γ_{OPN} =	0.97 t/m³
W_{OPN} =	39.0 %



* Masse volumique des grains solides : 2.65t/m^3

Toutes les teneurs en eau sont données pour un étuvage à 55°C

PRELEVEMENT		ECHANTILLON			
LIEU DE PRELEVEMENT :	SAINT-BARTHÉLÉMY	REFERENCE DE L ECHANTILLON : ER1-0.2m	w_{NAT}%	W_{NAT}% - W_N%	CLASSE GTR :
MODE DE PRELEVEMENT :	Manuel	DESCRIPTION VISUELLE : Spoils concassés	43.4	4.4	C1D2
DATE DE PRELEVEMENT :	27/07/2021				

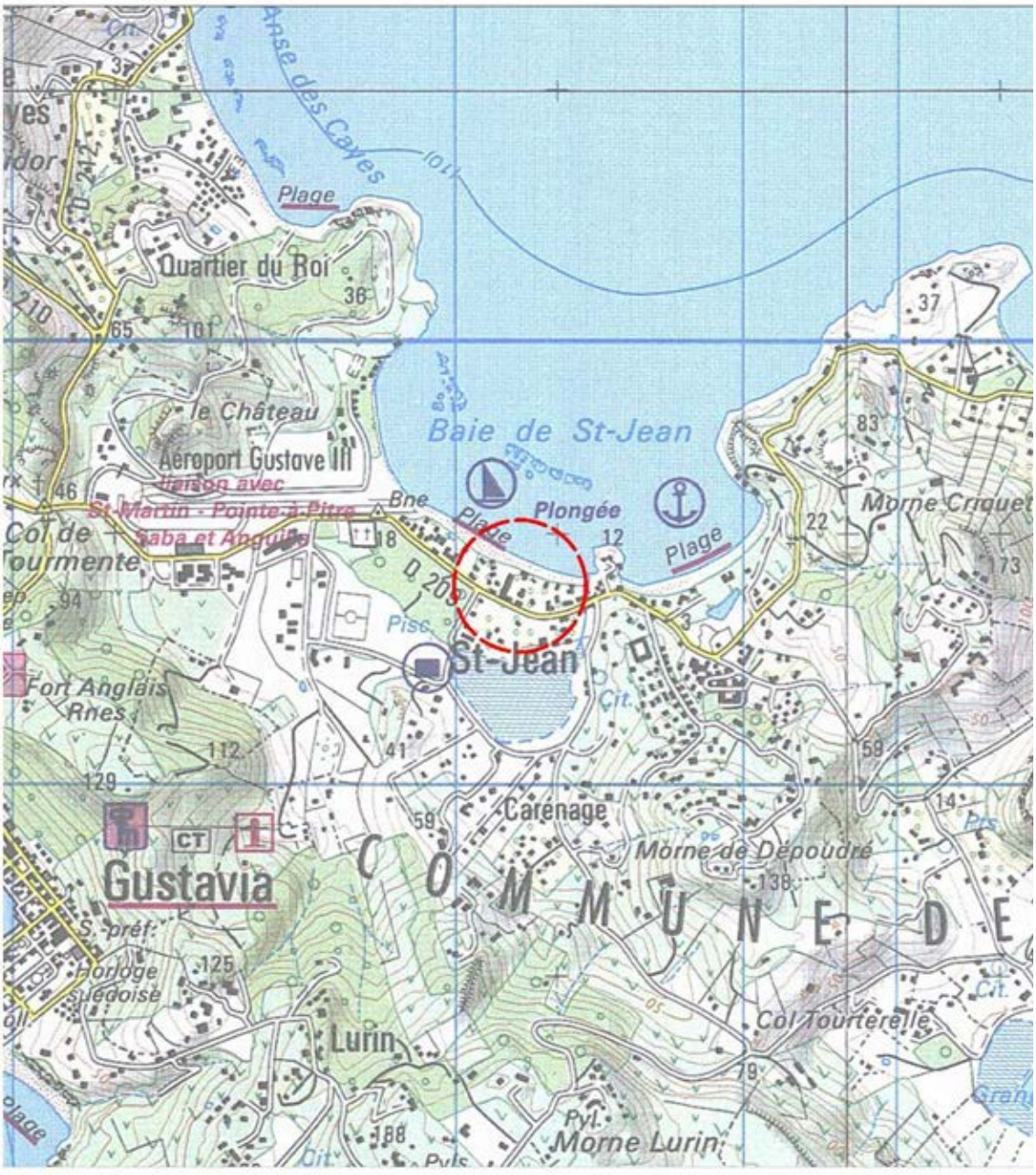
	DOSSIER N° LAB.2108-013			
LABCO Antilles	CONRESTA SB	Hôtel l'Étoile à SAINT-JEAN SAINT-BARTHÉLÉMY	Opérateur :	B. MATHIEU
			Début d'essai :	06/08/2021
			Fin d'essai :	10/08/2021

PV Edité le : 16/08/21

Report carried out by:
Philip I Heaton MBA MSc(Eng) C Eng MICE

For Client:
SAS Saint Jean Beach Real Estate Invest

ON THE CAUSE OR CAUSES OF EROSION TO THE BEACH FRONTAGE AT HOTEL ETOILE, ST-JEAN BAY, ST BARTHELEMY, WEST INDIES



Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

CONTENTS

1. INTRODUCTION 3
2. EXECUTIVE SUMMARY 4-5
3. CONSTRUCTION TECHNIQUES 6-7
4. JET GROUTING 8
5. MONITORING 9-10
6. HISTORICAL RECORDS 11
7. EROSION & ACCRETION 12-14
8. CONCLUSIONS & RECOMMENDATIONS 15
9. REFERENCES & APPENDICES 16-20

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

1.0 INTRODUCTION

Authorship

The author has over 45 years' experience within the construction industry and over 25 years as a designer and consultant on major engineering projects in the UK, West Africa and the West Indies.

Terms of Reference

This Report is tasked with responding to the following two items to be addressed in order to either alleviate concerns raised or to define working parameters to inhibit or remediate consequential damage and disruption to the beach area and ground water migration between the lagoon and the beach frontage caused by the intrusion of a basement at the location of Hotel Etoile.

The various Reports commissioned for this development have been made available for our review and where appropriate, are referenced to support our conclusions and recommendations.

(A) **the effects of the works on natural environment**, particularly with regards to the risk of water pollution that may be caused by the "jet
grouting" technique and the lowering of the water level (rabattement de nappe)
• Jet-grouting has already been completed; if it stays, is it safe for the environment?
• Can we demonstrate that this jet grouting has not had a negative impact on the environment?
• Can we recommend solutions if there is any impact?

(B) **the risk of erosion and disappearance of the beach of Saint Jean**, due in particular "to the extent of the concrete basement"
• Can we demonstrate that the basement plans would not cause erosion risk?
• If there is any risk from the basement, can we recommend solutions?
• If there is demonstrated erosion, we may consider a full study of the entire beach to show where the risk may be coming from

The following documentation (together with other partial document responses and enquiries made with the Contractor) has been received from the client:

- History of Beach Dynamics, Erosion Studies, and Intervention Recommendations and Assessments, Deborah Brosnan & Associates
- Restructuring of the Emerald in Saint Jean, Antilles Geotechnique (translated)
- Design and sizing of scour guards, Egis (translated)
- Hotel Impact of Etoile on flows Underground, BRGM (translated)

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

2.0 EXECUTIVE SUMMARY

This Report affirms the selection of jet grouting as the most appropriate response to the basement construction given the close proximity to the beach; and identifies the causes of beach sand erosion being neither a direct consequence of the construction techniques employed, nor the physical intrusion of the subject property at Hotel Etoile, Saint Barthélémy but arising from natural occurring phenomena beyond the site curtilage and beach area at St Jean Beach.

Having due regard to the nature of the prevailing ground conditions, close proximity to other buildings and beach frontage, the exposure to saline ground water and existing ground water movement and the overriding need to protect and indemnify the natural and built environment from the proposals, there is adequate information supplied to us in addition to wider research undertaken that concludes the construction techniques employed have had a negligible or zero effect on the wider area beyond the site curtilage.

When considering the available construction techniques for the proposals we have taken an iterative design approach to minimise risk to both flora and fauna and the built environment. The risk profile for jet grouting in this location due to the type of ground conditions encountered and as previously known, limits any adverse effects to within the site area and does not project such possible effects laterally towards the beach or undermine foundations relating to other buildings in close proximity.

Sands and gravels are ideal media for jet grouting. Whilst there is minimal public information available to cover the lesser known, adverse and negative aspects of this ground improvement technique, such information is available and has been accessed and researched from the civil and marine engineering institutions by the author as a registered member of the profession.

Appropriate level of site investigation has been undertaken and the construction techniques selected are a properly considered response to the prevailing and known site conditions.

The likely mechanisms that could cause beach sand erosion from any of these construction techniques employed or from the land-based physical intrusion in this particular location and with pre-existing ground conditions, rather than seaward reaching out from the beach, categorically do not exist in this case.

Natural occurring phenomena such as wind erosion, wave action and scour, are the primary attributes to sand erosion in the St Jean Beach area. There is a growing number of case studies a few of which we have identified that acknowledge sand erosion encountered at other locations arise from these natural cyclical events as well as from singular events such

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

as Tropical storms and hurricanes of increasing magnitude and are subject to similar physical seaward conditions and features.

Physical intrusions from the beach seaward such as promontories, tombolos, reefs and breakwaters, both natural and anthropological, leads to consequential accretion through littoral drift and erosion of deposited sand. We show from several studies how this phenomenon occurs and importantly, how remediation and mitigation can prevent the natural occurring cycles of erosion using established techniques developed during the past 100 years from a growing body of available international evidence.

The decaying bio-ecology comprising the shallow reefs and sea grass meadows has also contributed to the erosion of beach sand flowing between the two open channels within the reef, together with the more recently altered tombolo, have created the necessary mechanisms for beach sand erosion to occur continually under natural wave and wind cycles.

The sand erosion has been occurring to a lesser or greater degree these past decades for which we have records, as a direct consequence of natural occurring phenomena and will continue to do so unless human intervention devises a strategy to retain the sand through a sustainable response that may include repeat dredging for borrowed sand and development of new physical features both on the beach and within the bay area or some hybrid solution affecting one or both areas to achieve the desired effect.

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

3.0 CONSTRUCTION TECHNIQUES

The basement construction comprises a secant piled wall within a grout curtain to stabilise the existing ground from collapse during excavations; with the footprint of the basement similarly grouted to prevent ground heave to the concrete slab from hydrostatic forces.

The construction techniques employed are well established with widespread use throughout the developed world and, for which, extensive empirical evidence is available.

Plan of developed basement area showing secant piles

The secant piles form a continuous wall structure, which intrudes into the ground approximately 9m below ground level.

The soil description underlying both the lagoon and basement is consistently

up to 2.7m bgl	reworked backfill of native sands
2.7m – 10.6m bgl	coarse shelled marine sands

The soil strata are therefore an ideal medium for permitting sub-surface water movements given the particle size, shape and distribution; and it was further noted that the ground water level measurements varied between 1.2m and 2.7m during monitoring. This indicates

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

the relative ease by which sea levels dependent on tide and season will influence the ground water levels below and above the land in synchronisation with the ebb and flow of the tides.

The soil analysis reveals the sands are largely granular corresponding to a classified definition of coarse to fine sands being between 0.2mm and 0.5mm for the sampled soils. This characteristic poses a likely problem of liquefaction as well as being a near-perfect medium for hydraulic water movements above, below and laterally around any sub surface obstruction.

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

4.0 JET GROUTING

The nature of the soil strata necessitates some form of ground improvement that can both stabilise the face of the basement excavation area and not introduce deleterious material into the ground water extending beyond the site area.

The anticipated problems associated with basement construction falls into the following categories:

a. Sub-artesian water pressures
b. Maintenance of existing water levels beyond the site curtilage
c. Minimisation of ground movements especially to buildings in close proximity

An understanding of the technical difficulties involved has realised a solution that produces a series of vertical columns of soil mixed with cementitious grout formed under pressure introduced by a rotating jet.

The displacement of soil around the pressure jet is mixed with the grout to form a hardened column. This operation can be highly localised depending on both the soil to be disturbed and the lateral flow of grout for a given pressure. The soil characteristics dictate the required fluid pressure and it is uneconomical to apply a higher pressure causing greater quantities of grout to be used in each column such that a body of empirical data collected by a contractor in this field is essential to be appointed, as in this case.

The fluidised soil sets quickly and hardens at a rate defined by the cementitious grout employed and once hardened, no grout can leave the immediate area or be carried away by ground water movements. A visual phenomenon will be turbidity of the sandy particles being carried by sea borne movements at the time of grouting, which if observed would direct the contractor to reduce the pressure of the jet to avoid losing valuable grout.

A similar depth basement was constructed on the island of St Helier, Jersey and the ground conditions were of sandy strata plus the addition of a peat layer making the design more problematic than at Saint Jean Bay (R.L Newman, Arup Geotechnics, 1992). The location had to consider more buildings in close proximity and successfully adopted similar procedures to those employed at Hotel Etoile and without any adverse impacts.

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

5.0 MONITORING

The interruption by the secant piled wall to a depth of 9m will generally obstruct ground water flows especially in silts, silty sands and clays. The 5no. piezometers installed should record a significantly higher water pressure due to the effect of the secant piled wall and slab foundation obstruction (Hotel Impact of Etoile on flows Underground, 17 January 2022). The measurements identified from modelling show that, *"…there are no changes in piezometrics, apart from a rise of one centimeter on the eastern part of the building*." (see pp 19-20 ibidem).

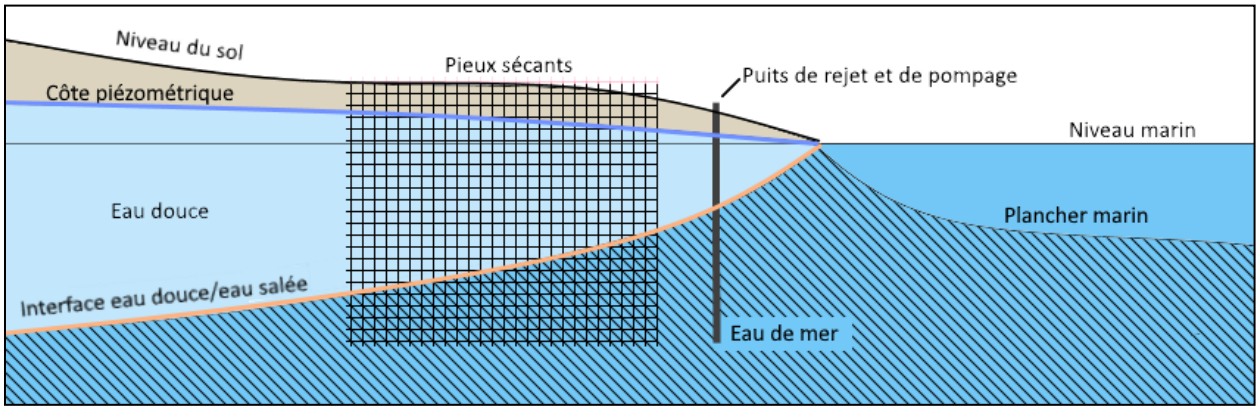


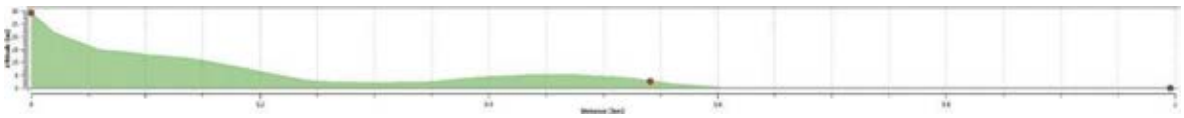
Figure 15: 2D schematic section of the hotel area with integration of the planned structures (diagram without scale) Extract taken from BRGM/RC-71493-FR Report 17 January 2022

The conclusion asserted in the Report states as follows: "*Regarding the location of the foundations, the simulation does not show that the structure makes major changes to the piezometric level of the area surrounding the hotel given the sufficient permeability of the underground environment to promote underground flows*."

And further, "*In view of these simulations, it does not seem that the foundations of the hotel present a particular risk of flooding of the surrounding areas*."

Further analysis of the immediate area behind the site location identifies a run-off open culvert that carries excess water from the lagoon toward the beach to reduce the potential of soil erosion at the surface following storms and cyclones. The date of construction of the open culvert is unknown but is visible on the 2012 Google Earth view found in the appendix.

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

Position of profiles	
Profile	

Copy Extract from Antilles Geotechnique Report No. 1811-039.IGE1 'Restructuring of the Emerald in Saint Jean' dated 02/01/19

The level difference between the salt lagoon and beach level is noted as being zero, therefore no other hydrostatic water pressure is added to the level difference carried out under excavation and construction of the new basement raft.

The observed pressures at the piezometer standpoints recorded a marginal difference when the secant piled wall was installed after the jet grouting was completed and this accorded well with the modelling undertaken.

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

6.0 HISTORICAL RECORDS

The Google Earth time-related records are found at the appendix and show that since records were being taken from 1996 to the present-day, changes to the sandy beach shoreline have occurred in the years 2012, 2016, 2018 and 2020 all pre-dating construction at the Hotel Etoile.

The broad sandy foreshore between the airport runway and tombolo is markedly different to the reduced beach area beyond the tombolo and is consistent with natural occurring erosion and accretion along the coastline that first created the tombolo.

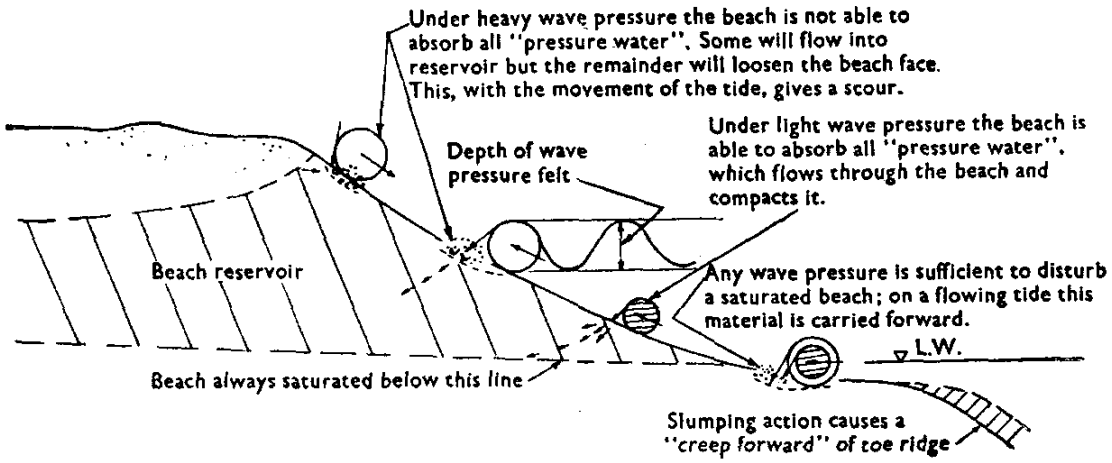
The satellite images show the presence of an open culvert leading from the lagoon to the beach by the side of the tombolo, which carries surplus water and run-off during heavy rainfall and high tidal movements during storm conditions. This culvert is designed to prevent erosion of the ground between the lagoon and beach and protect the properties in between.

As part of the restoration of the salt water lagoon, 3no. sub surface pipes have been installed to convey surge water to and from the sea under natural hydraulic action. Subsequently, the open culvert on the beach side of the coast road has been filled with sand by the Eden Rock Hotel and incorporated into their facilities.

There are limited quantitative and qualitative studies on St Jean Beach erosion that show the impact of past storm and hurricane events, reef loss, and the role of the two channels that concentrate tidal flow. (Tony Rey, 2019) address the interaction of coastal processes and damage to urban structures on St Barthelemy and St Martin following Hurricane Irma but on a more island-wide scale.

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

7.0 EROSION AND ACCRETION



Section of beach showing action of light and heavy wave pressures on the beach face

'Causes of erosion other than the sea' (Matthews, 1940) identifies the four main contributors and mechanisms that can cause beach erosion discounting tide and wave action.

1. Removal of material from the foreshore by builders or land owners for building purposes
2. Drainage via land drains discharging toward the sea
3. Springs and ground water under artesian conditions
4. Coastal defence work further along the coastline can injuriously affect another part of the same coast by either erosion or accretion

The only available mechanism that could contribute to erosion from the land in this particular location at Etoile is via ground water movement and sub surface interruption; there being no artesian conditions or evidence of coastal defence work or sand removal for building operations.

Notably, the lagoon is not set at a higher level than the ground level at the site, which means there is no hydrostatic pressure active due to level differences; although, there is an open culvert to direct excess surface run-off water to the beach to prevent land erosion between lagoon and beach frontage.

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

Sea-related erosion mechanisms include:

1. Hydraulic action from the waves leading to scour
2. Attrition when rocks and pebbles carried by the waves smash into each other and gradually wear each other away becoming smaller and rounder and smoother.
3. Abrasion or corrasion caused by the water-borne rocks and pebbles wearing away the foreshore
4. Solution or corrosion when chemicals in the sea water dissolve minerals in the rocks causing them to break up.

Accretion of sand has occurred within the bay area as deposits between the two open channels passing through the reef remaining visible on the Google Earth time records between 2012 and 2020 found in the appendix. Within this time period there have been two renourishment efforts importing sand to the beach area inside the reef due to erosion.

The presence of a tombolo intruding from the beach area into the bay influences localised erosion and accretion from wave action and scour. This sandy isthmus has subsequently been improved to add a concrete access way at some time in the recent past to enhance the Eden Rock development and prevent erosion occurring to the primary access route to the development now formed on the tombolo. Such anthropological intervention changes the natural cycle of erosion and accretion to the locality of the beach foreshore over time.

Notably, a tombolo is formed through deposition of material when a spit connects the mainland to the island. A consequence of this phenomenon is that the process of longshore drift moving material along the coastline continues the process of erosion and accretion unabated.

In Lagos, Nigeria (Onolaja, 1988), the West African coast is subject to south westerly waves giving rise to a littoral sand drift from West to East, which used to go through the Lagos Port entrance channel. The rapid and extensive erosion of Victoria Beach with sand deposited at Lighthouse Beach is shown on Figure 1 below to highlight the natural effects of coastal changes under natural forces are significantly altered by seaward intrusions such as moles, breakwaters etc.

The West Indies at the Eastern reaches of the Atlantic Ocean is similarly affected by wave action eroding and depositing sand along the entire length of the Windward Isles.

Recently, a monumental engineering project, Eko Atlantic, to reclaim this lost land has been the subject of the author's interest and partial involvement with a national developer.

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

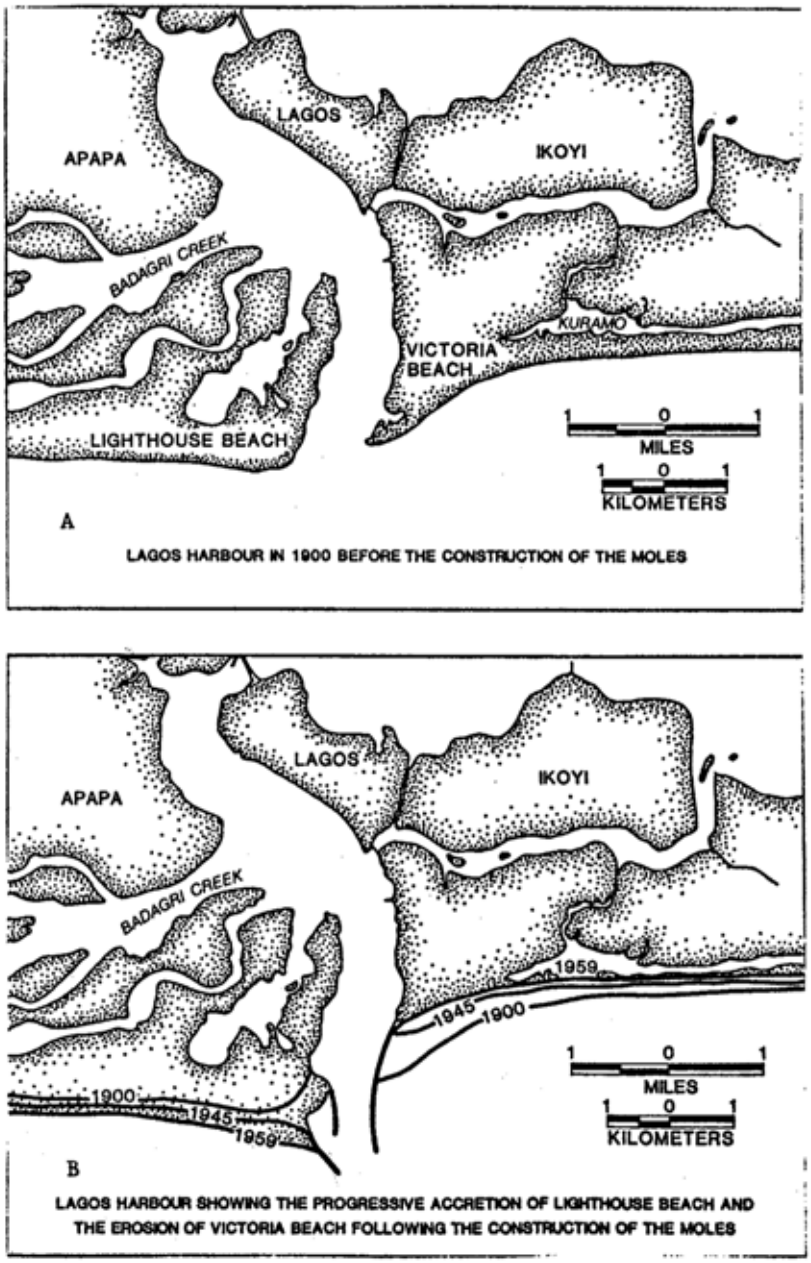


Fig 1 - The Lagos coastline before (A) and after (B)
the construction of the West and East moles(Breakwaters)

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

8.0 CONCLUSIONS & RECOMMENDATIONS

There is overwhelming evidence, partially referenced herein, showing that natural occurring forces cause coastal erosion and accretion of sand deposits on a regular basis and such forces are accelerated locally when anthropological activity in a seaward direction is undertaken.

The mechanisms causing beach erosion are well documented and such mechanisms can be identified to determine the cause or causes of erosion for a given location.

Ground conditions at Saint Jean Beach presented an ideal medium for the sub surface water movements due to the shape and size of the sand particles.

The physical intrusion of secant piled wall forming a basement has had negligible effect on sub surface water movements and both modelling and actual monitoring bears this out.

Jet grouting as a construction technique to stabilise the ground prior to excavation has had minimal effect beyond the immediate site area. This well-established technique is commercially expensive and monitoring for grout migration seaward is easily identified in the turbid water, which if observed would cause the grouting process to reduce jet pressures to avoid a commercial loss of valuable grout.

The juxtaposed two channels passing through the decayed reef permit concentrated wave action along the foreshore creating erosion in high tides and storm conditions.

The tombolo is manifest due to past sand deposits carried along the coastline through littoral drift and this recurring phenomenon of erosion and accretion continues to the present day.

The construction of a basement along the beach frontage has had negligible effect on ground water movement and erosion of the beach foreshore due to an absence of any contributory mechanism.

Further improvements can be designed for the foreshore to retain sand deposits subject to a wider analysis of the effects this would have to other coastline areas that can be adversely affected beyond the Saint Jean Beach through an Environmental Impact Assessment (EIA).

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

9.0 REFERENCES

Hotel Impact of Etoile on flows Underground. (17 January 2022). *BRGM/RC-71493-FR.*

Matthews, E. R. (1940). Coast Erosion And Protection. In E. R. Matthews, *Coast Erosion And Protection* (pp. 29-30). London: Chares Griffin & Company Limited, London.

Onolaja, L. (1988). The effect of the Lagos harbour moles (breakwaters) on the erosion of Victoria Beach. In Onolaja, *Design of breakwaters* (pp. 129 - 155 Paper 8). London: Thomas Telford Limited.

R.L Newman, Arup Geotechnics. (1992). Jet Grouting to enable basement construction in difficult ground conditions. *Grouting in the ground* (pp. 385-402). London: Thomas Telford.

Tony Rey, F. L. (2019). Coastal Processes and Influence on Damage to Urban Structures during Hurricane Irma (St-Martin & St-Barthelemy, French West Indies). *Storm Erosion*.

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

10.0 APPENDIX

Google Earth Satellite Image recorded 2012

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

Google Earth Satellite Image recorded 2016

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

Google Earth Satellite Image recorded 2018

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

Google Earth Satellite Image recorded 2020

Head Office: Clayton Manor, Ribchester Road, Clayton le Dale, BB1 9HU England UK
Tel. #44 (0) 208 980 0404. Cell. #44 (0) 7767 333405
Web. www.philheaton.com E Mail phil@pha.london

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Vendredi 21 août 2020

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 17/08/2020 Heure de prélèvement : 10h30
Echantillon reçu le : 17/08/2020 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°1**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2008483
Date de début d'analyse : 17/08/2020

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	21.7 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	11.8 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	14.4 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	45.2 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	35.0 g/Kg

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Vendredi 21 août 2020

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 17/08/2020 Heure de prélèvement : 10h40
Echantillon reçu le : 17/08/2020 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°2**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2008484
Date de début d'analyse : 17/08/2020

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.2
- Température : (Ph mètre)	21.8 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	12.4 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	14.6 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	52.6 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	35.1 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Vendredi 21 août 2020

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 17/08/2020 Heure de prélèvement : 10h55
Echantillon reçu le : 17/08/2020 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°3**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2008485
Date de début d'analyse : 17/08/2020

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.2
- Température : (Ph mètre)	22.0 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	12.1 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	15.7 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	59.0 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	35.1 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Vendredi 21 août 2020

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 17/08/2020 Heure de prélèvement : 10h20
Echantillon reçu le : 17/08/2020 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°4**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2008486
Date de début d'analyse : 17/08/2020

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.3
- Température : (Ph mètre)	22.0 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	11.2 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	11.0 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	40.6 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	35.3 g/Kg

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 28 septembre 2020

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 23/09/2020 Heure de prélèvement : 07h20
Echantillon reçu le : 23/09/2020 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°1**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2009535
Date de début d'analyse : 23/09/2020

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	24.2 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	0.5 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	10.9 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	14.0 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	68.0 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	35.4 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	30 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 28 septembre 2020

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 23/09/2020 Heure de prélèvement : 07h15
Echantillon reçu le : 23/09/2020 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°2**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2009534
Date de début d'analyse : 23/09/2020

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	23.3 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	6.5 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	12.9 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	166.8 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	35.3 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 28 septembre 2020

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 23/09/2020 Heure de prélèvement : 06h50
Echantillon reçu le : 23/09/2020 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°3**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2009531
Date de début d'analyse : 23/09/2020

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	23.7 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	3.7 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	9.8 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	14.7 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	51.0 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	35.1 g/Kg

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Mardi 27 octobre 2020

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 21/10/2020 Heure de prélèvement : 08h55
Echantillon reçu le : 21/10/2020 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°1**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2010615
Date de début d'analyse : 21/10/2020

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.2
- Température : (Ph mètre)	22.9 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	21.4 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	9.4 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	118.6 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	35.1 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

NB : Forte Houle

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Mardi 27 octobre 2020

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 21/10/2020 Heure de prélèvement : 08h50
Echantillon reçu le : 21/10/2020 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°2**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2010614
Date de début d'analyse : 21/10/2020

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.2
- Température : (Ph mètre)	23.0 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	14.0 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	11.6 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	104.6 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	35.1 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	30 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

NB : Forte Houle

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Mardi 27 octobre 2020

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 21/10/2020 Heure de prélèvement : 08h40
Echantillon reçu le : 21/10/2020 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°3**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2010613
Date de début d'analyse : 21/10/2020

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	23.0 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	12.7 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	12.4 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	67.2 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	35.2 g/Kg

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 21 décembre 2020

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 18/12/2020 Heure de prélèvement : 08h05
Echantillon reçu le : 18/12/2020 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°1**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2012761
Date de début d'analyse : 18/12/2020

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	23.5 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	0.9 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	12.0 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	43.2 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	34.7 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 21 décembre 2020

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 18/12/2020 Heure de prélèvement : 07h50
Echantillon reçu le : 18/12/2020 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°2**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2012762
Date de début d'analyse : 18/12/2020

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	23.6 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	1.1 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	11.2 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	59.0 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	34.6 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 21 décembre 2020

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 18/12/2020 Heure de prélèvement : 07h45
Echantillon reçu le : 18/12/2020 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°3**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2012763
Date de début d'analyse : 18/12/2020

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	23.4 °c
- Phosphate: (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	0.9 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	10.9 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	46.8 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	34.4 g/Kg

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Jeudi 28 janvier 2021

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 25/01/2021 Heure de prélèvement : 13h40
Echantillon reçu le : 25/01/2021 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°1**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2101055
Date de début d'analyse : 25/01/2021

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	23.7 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	< 0.5 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	10.1 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	87.4 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	35.2 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Jeudi 28 janvier 2021

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 25/01/2021 Heure de prélèvement : 13h35
Echantillon reçu le : 25/01/2021 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°2**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2101056
Date de début d'analyse : 25/01/2021

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	23.3 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	< 0.5 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	11.1 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	82.2 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	35.3 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Jeudi 28 janvier 2021

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 25/01/2021 Heure de prélèvement : 13h25
Echantillon reçu le : 25/01/2021 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°3**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2101057
Date de début d'analyse : 25/01/2021

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	23.8 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	0.7 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	12.9 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	87.6 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	35.3 g/Kg

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 29 mars 2021

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 23/03/2021 Heure de prélèvement : 08h00
Echantillon reçu le : 23/03/2021 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°1**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2103215
Date de début d'analyse : 23/03/2021

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	22.6 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	0.9 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	14.8 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	69.8 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	36.5 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.
NB : Présence de sargasses en grande quantité.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 29 mars 2021

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 23/03/2021 Heure de prélèvement : 07h45
Echantillon reçu le : 23/03/2021 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°2**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2103214
Date de début d'analyse : 23/03/2021

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	23.9 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	< 0.5 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	10.6 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	46.0 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	36.6 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 29 mars 2021

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 23/03/2021 Heure de prélèvement : 07h35
Echantillon reçu le : 23/03/2021 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°3**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2103213
Date de début d'analyse : 23/03/2021

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	24.1 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	< 0.5 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	13.1 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	56.0 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	36.6 g/Kg

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 03 mai 2021

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 28/04/2021 Heure de prélèvement : 07h05
Echantillon reçu le : 28/04/2021 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°1**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2104317
Date de début d'analyse : 28/04/2021

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	24.5 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	< 0.5 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	11.2 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	48.4 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	36.0 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 03 mai 2021

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 28/04/2021 Heure de prélèvement : 06h55
Echantillon reçu le : 28/04/2021 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°2**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2104316
Date de début d'analyse : 28/04/2021

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	24.3 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	< 0.5 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	11.2 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	47.8 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	36.0 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 03 mai 2021

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 28/04/2021 Heure de prélèvement : 06h45
Echantillon reçu le : 28/04/2021 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°3**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2104315
Date de début d'analyse : 28/04/2021

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	24.5 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	0.2 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	0.7 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	11.7 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	85.0 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	36.1 g/Kg

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 31 mai 2021

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 28/05/2021 Heure de prélèvement : 07h10
Echantillon reçu le : 28/05/2021 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°1**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2105404
Date de début d'analyse : 28/05/2021

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	23.7 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	< 0.5 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	7.0 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	43.8 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	36.0 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 31 mai 2021

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 28/05/2021 Heure de prélèvement : 07h00
Echantillon reçu le : 28/05/2021 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°2**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2105403
Date de début d'analyse : 28/05/2021

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	23.7 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	< 0.5 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	7.5 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	35.0 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	35.8 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 31 mai 2021

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 28/05/2021 Heure de prélèvement : 06h50
Echantillon reçu le : 28/05/2021 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°3**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2105402
Date de début d'analyse : 28/05/2021

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	23.8 °c
- Phosphate : (ISO 6878)	< 0.1 mg/l PO_4^{3-}
- Azote total: (ISO 11905-1)	< 0.5 mg/l TN_b
- DCO : (ISO 15705)	7.2 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	42.8 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	35.8 g/Kg

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 28 juin 2021

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 24/06/2021 Heure de prélèvement : 07h10
Echantillon reçu le : 24/06/2021 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°1 (Présence de sargasses)**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2106473
Date de début d'analyse : 24/06/2021

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	7.9
- Température : (Ph mètre)	23.4 °c
- Phosphore Total: (ISO 10304-1)	< 1.0 µmol/L
- Azote total: (ISO 11905-1)	< 35.0 µmol/L
- DCO: (ISO 15705)	9.4 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	49.4 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	39.5 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

Attention : Changement de méthode pour le phosphore total et d'unité pour le phosphore et l'azote.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 28 juin 2021

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 24/06/2021 Heure de prélèvement : 07h00
Echantillon reçu le : 24/06/2021 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°2**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2106472
Date de début d'analyse : 24/06/2021

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	24.3 °c
- Phosphore Total: (ISO 10304-1)	1.0 µmol/L
- Azote total: (ISO 11905-1)	35.7 µmol/L
- DCO: (ISO 15705)	8.1 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	37.6 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	35.5 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

Attention : Changement de méthode pour le phosphore total et d'unité pour le phosphore et l'azote.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB
Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

ST-JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS
Baie De St-Jean
97133 St Barthélemy

Lundi 28 juin 2021

RAPPORT D'ANALYSE

Prélèvement :
Echantillon prélevé le : 24/06/2021 Heure de prélèvement : 06h50
Echantillon reçu le : 24/06/2021 Lieu de prélèvement : **Point de prélèvement n°3**

Prélevé par : Agnès LENFANT CAILLAUD

Analyse :
Analyse n° : 2106471
Date de début d'analyse : 24/06/2021

PARAMETRES	RESULTATS
- Ph : (Ph mètre)	8.1
- Température : (Ph mètre)	24.3 °c
- Phosphore Total: (ISO 10304-1)	1.3 µmol/L
- Azote total: (ISO 11905-1)	50.0 µmol/L
- DCO: (ISO 15705)	11.2 mg/l
- Matières en suspension : (NF EN 872)	36.6 mg/l
- Salinité : (Ph mètre)	35.5 g/Kg

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

Attention : Changement de méthode pour le phosphore total et d'unité pour le phosphore et l'azote.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	30 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	94 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	77 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

NB : Forte Houle

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

Laboratoire SANILAB

Immeuble La Pointe - BP 590 – GUSTAVIA
97133 SAINT BARTHELEMY
Tél : 0590 29 50 42 – Mobile : 06 90 76 84 67
sanilab@hotmail.fr

PARAMETRES	RESULTATS
- Escherichia coli : (NF EN ISO9308-3)	< 15 NPP
- Entérocoques: (NF EN ISO 7899-1)	< 15 NPP

NPP : le nombre le plus probable.

La Directrice du Laboratoire
Agnès LENFANT CAILLAUD

PROJET « EMERAUDE PLAGE »

ETUDE D'IMPACT ACTUALISEE

RESUME NON TECHNIQUE

Décembre 2023

“EMERAUDE PLAGE”

Résumé non technique de l’étude d’impact actualisée

pour le dépôt de la demande de PCM n° 2, à laquelle l’étude d’impact est jointe (cf. art. 134-9 du code de l’urbanisme, de l’habitation et de la construction)

Réalisée pour le compte de

ST. JEAN BEACH REAL ESTATE INVEST SAS

Cette étude d'impact et son résumé non technique ont été réalisés par Philip Heaton M.Sc. (Eng) MBA C Eng MICE* et Holly Trew Ph.D.**, avec des apports sur les questions écologiques de Deborah Brosnan Ph.D.***

* CEO et Chairman de Phil Heaton Associates Limited Civil & Structural Engineering Consultants

** Marine Scientist chez Deborah Brosnan & Associates Scientific Consulting

*** Deborah Brosnan & Associates Scientific Consulting

The information contained in this document is proprietary. It must not be used for any other purpose other than the intended evaluation and it must not be divulged to any other third party in whole or in part without prior written permission.

DISCLAIMER: This document has been prepared based on technical and other information and assessments supplied to us by the client and the clients technical/engineering, architectural and other professional teams. We have not verified all of this information but taken it at face value against known factors and international standards where possible. Where such information does not provide details yet to be finalised such as location of specific plant or exact energy consumption, we have used peer-reviewed standards and acknowledged that best practice will be implemented throughout the construction, commissioning and operation of the new development. This EIA is organized into sections based on the EIA format provided by the Collectivité. However, to help ensure that the information is clearly presented and understood, much of the baseline information on the current environmental conditions is included in the first section. As needed, relevant information from here is referenced in subsequent sections.

La SAS ST. Jean Beach Real Estate Invest (ci-après « **le maître d'ouvrage** ») est bénéficiaire d'un bail à construction pour le terrain constitué des parcelles cadastrées AI 21, 22 et 58, d'une surface totale de 12 254 m², situé le long de la route D209, sur la baie de Saint-Jean.

Ce terrain a accueilli les 15 bâtiments de l'ancien hôtel Emeraude Plage, pour un total de 35 chambres, ainsi qu'un bar et restaurant. Cet hôtel emblématique de Saint-Barthélemy a été exploité pendant plusieurs décennies avant d'être endommagé par l'ouragan Irma en 2017.

Un Permis de Construire (PC 971123 19 00052) a été délivré au maître d'ouvrage le 19 décembre 2019 par la Collectivité de Saint-Barthélemy, ainsi qu'un PC modificatif (PCM) le 3 juin 2021, pour un projet de réhabilitation du site. Le maître d'ouvrage a décidé de déposer un nouveau permis de construire modificatif, afin d'apporter au projet des modifications substantielles, sans toutefois en changer la nature d'établissement hôtelier haut de gamme composé d'un ensemble de villas et de cottages (ci-après « **le Projet modifié** »).

La présente étude d'impact actualisée, réalisée sur le fondement de l'article 13-1 du code de l'environnement de Saint-Barthélemy, constitue une pièce du dossier de demande de permis de construire modificatif déposé pour le Projet modifié. Conformément à l'article 13-17 du même code, l'étude d'impact sera mise à disposition sur le site internet de la collectivité afin de permettre l'information et la participation du public, et soumise pour avis au conseil économique, social, culturel et environnemental (CESCE).

Intentions du Projet modifié

Le Projet modifié a été sensiblement réduit par rapport au projet initial, afin d'adopter un gabarit très proche de l'ancien hôtel Emeraude. Il comprendra en effet 38 chambres, un restaurant de plage de 60 places, un espace fitness réservé aux clients de l'hôtel, une boutique et tous les locaux techniques, locaux du personnel et places de parking nécessaires au bon fonctionnement de l'établissement.

Il a été conçu pour se conformer à la nouvelle réglementation d'urbanisme en vigueur, c'est-à-dire à la carte d'urbanisme de Saint-Barthélemy dans sa rédaction résultant de la délibération du 9 décembre 2021, rendue exécutoire le 26 décembre 2021.

La modification du projet a également pour objet de porter à un degré encore plus élevé la prise en compte des principes de durabilité. Elle a ainsi compte de la nécessité de minimiser la consommation d'énergie électrique, eu égard aux contraintes que doit affronter le système électrique de Saint-Barthélemy. Il est également conçu pour être autonome en eau potable, tout en minimisant son besoin de production autonome en eau douce.

L'objectif a été d'élaborer un projet modifié reconnu pour sa conception durable, sa faible empreinte carbone (en vue de la neutralité carbone) et la qualité de son intégration dans le site et le paysage. Ces éléments sont décrits plus en détail ci-dessous.

Le projet bénéficie de la possibilité de mutualiser son exploitation avec celle de l'hôtel Le Barthélemy actuellement en activité à Grand Cul de Sac, également propriété de Champagne Hospitality. Il est ainsi possible d'optimiser l'utilisation des ressources humaines et des espaces et de minimiser l'impact du Projet en termes de logements saisonniers et de mobilité.

Etat actuel de l'environnement

Le chapitre 1 de l'étude d'impact actualisée reprend la description de l'état actuel de l'environnement.

La baie de Saint-Jean est une zone largement urbanisée située au nord de Saint-Barthélemy. Elle abrite plusieurs hôtels, restaurants et boutiques. La plage de Saint-Jean est extrêmement populaire auprès des touristes et de la population locale.

La géologie de la région est caractérisée par un mélange de sédiments volcaniques et de couches calcaires. La végétation dunaire indigène est présente sur la plage adjacente au site, mais généralement réduite dans la région de Saint-Jean en raison de l'urbanisation. La baie de Saint-Jean est caractérisée par des herbiers marins peu profonds, des récifs isolés et un grand récif-barrière au centre de la baie. Ces environnements subissent tous des contraintes fortes. La baie sert également de site d'alimentation et, rarement, de site de nidification pour les tortues de mer.

La description du climat et de la géologie (Ch. 1B et 1C) met en évidence les risques naturels auxquels l'ile de Saint-Barthélemy et la baie de Saint-Jean sont soumis, en particulier liés aux ouragans, tsunami et tremblement de terre. Il est également relevé que Saint-Barthélemy est un territoire particulièrement exposé aux effets du changement climatique.

La description de la plage sablonneuse de Saint-Jean est détaillée au Ch. 1E-2. Les études récentes mobilisée pour l'étude d'impact mettent en évidence que la plage subit une érosion depuis au moins 15 ans, et que ce phénomène est destiné à se poursuivre en l'absence d'actions destinées à y remédier. Les récifs coralliens jouent un rôle important. Ils constituent la première ligne de défense contre les tempêtes et atténuent les effets de l'élévation du niveau de la mer. En outre, les récifs coralliens vivants sont eux une source importante de sable.

Les principaux enjeux du contexte socio-économique de l'île, auquel le maître d'ouvrage est particulièrement sensible dans l'élaboration de son projet, est décrit au Ch. 1F. Il importe de souligner que Saint-Barthélemy présente les caractéristiques d'une économie tertiaire fondée sur le tourisme résidentiel haut de gamme. L'essentiel de l'emploi est concentré dans le secteur tertiaire, dont une part importante concerne le secteur de l'hébergement et de la restauration, suivi par le secteur du BTP.

Le développement des activités touristiques et la forte croissance qui l'accompagne ont notamment pour effet d'accentuer l'une des difficultés majeures qui connaît l'île, à savoir la crise du logement. Ce développement a également pour effet d'accroître la demande en énergie, dans un cadre insulaire particulièrement contraint. La situation en matière de production d'énergie (essentiellement par la centrale thermique diesel d'EDF située sur la zone industrielle de Public), de production d'eau potable (essentiellement par dessalement) et de l'assainissement est également présentée, ainsi que les mesures prises par la Collectivité pour faire face aux tensions générées par une demande croissante dans ces trois domaines. Enfin, une étude de trafic a été effectuée à proximité du site du projet : elle est présentée au Ch. 3F.

L'étude de l'environnement permet de mettre en évidence le contexte spécial dans lequel le Projet s'inscrit. Le Projet modifié a été conçu à l'issue d'échanges et discussions avec de multiples acteurs barthéloméens, parties-prenantes de la préservation et de l'équilibre de cet environnement, dans lequel le Projet modifié entend s'inscrire le mieux possible.

Description du projet

Elle figure aux ch. 2C-1 et 2C-2.

Comme indiqué, le Projet modifié adopte un gabarit proche de l'ancien hôtel Emeraude, avec 38 chambres.

Le choix du Projet modifié permet, au vu des enjeux environnementaux et sociaux exposés au chapitre 1, de répondre de manière optimale à l'ensemble des contraintes règlementaires,

environnementales et sociales du site. En effet, un nombre minimal de chambres a été retenu eu égard aux réalités économiques qui s'appliquent au projet (en particulier le prix du foncier). Une telle solution ne peut être envisagée qu'avec un service et un aménagement haut de gamme. Ce parti s'avère le mieux à même de répondre aux contraintes environnementales du site, et aux préoccupations générales de la Collectivité et de ses habitants en matière de services publics (en particulier, distribution de l'électricité et de l'eau potable) et de politiques publiques (notamment, logement et circulation). Le choix de réaliser un établissement hôtelier 5 étoiles correspond, par ailleurs, aux activités qui sont développés par le maître d'ouvrage.

L'étude du contexte naturel a permis d'améliorer l'intégration du Projet modifié dans le site et son environnement immédiat, par la création d'un véritable "jardin en bord de mer". Grâce à la diminution significative de sa densité et de son emprise au sol, il limite l'imperméabilisation des sols et maximise les espaces paysagers.

Le front de mer est préservé par la réalisation de bâtiments en rez-de-chaussée donnant sur la plage (trois villas). Des jardins clos à l'arrière des villas créent des liaisons extérieures entre les chambres et participent ainsi à la densification des surfaces plantées et à l'insertion du projet dans son environnement. Un jardin central à la végétation luxuriante accueille les espaces partagés que sont la piscine principale, le restaurant (environ 60 couverts) et sa cuisine, ainsi que les cheminements piétons distribuant les différents bâtiments. Les cottages en R+1 sont disposés en deuxième ligne.

12 places de parking sont ainsi créées en surface, dont certaines sont équipées de bornes de recharge pour véhicules électriques. L'emprise du sous-sol a été réduite d'environ de moitié par rapport au projet initial. Il est désormais strictement limité à l'accueil d'une grande partie des locaux techniques nécessaires au fonctionnement de l'établissement ainsi qu'à un parking de 83 places, opéré par voituriers et donc inaccessible à la clientèle.

Le projet architectural des bâtiments s'inspire de l'architecture traditionnelle locale, avec des éléments architecturaux typiques tels que les débords de toiture, les façades en pierre locale, les façades en bardage bois, les volets à persiennes, les garde-corps ouvragés, les balcons et les loggias, et une inspiration générale par les anciennes « cases à vent ».

Cette approche permet de mettre en œuvre une architecture bioclimatique qui se concrétise par une grande efficacité énergétique (système de ventilation traversant et des ventilateurs, immersion dans la végétation pour protéger les bâtiments du rayonnement solaire…), par la production d'énergie (panneaux solaires…) et par une gestion économe de l'eau douce (réduction de la consommation, récupération des eaux de pluie, réutilisation des eaux clarifiées issues de la station d'épuration (STEP), usine de dessalement destinées à apporter à l'établissement hôtelier l'ensemble de ses besoins en eau domestique (sans solliciter le réseau public de distribution d'eau potable).

L'entrée et la sortie de l'établissement hôtelier sur la route D209 bénéficieront d'une largeur importante, de l'ordre de 8 mètres sur la route, permettant ainsi de fluidifier les mouvements.

Description des travaux

Elle figure aux Ch. 2C-3 et 2C-4.

Eu égard aux caractéristiques du site, et à la nécessité de prendre en compte sa vulnérabilité aux risques naturels prévisibles relevés au Chapitre 1 (ouragans, tsunamis, tremblements de terre), la réalisation du projet repose sur la création d'une structure de fondation consistant en un massif cimenté prenant appui sur le substrat solide formé par les assises volcaniques.

Une première série de travaux de fondation a été effectuée sur le fondement du permis de construire du 19 décembre 2019, modifié le 3 juin 2021. Il s'agit, après démolition des constructions de l'ancien hôtel Emeraude, de la réalisation d'une paroi périphérique en pieux sécants ancrée dans le substratum étanche assortie d'un caisson intérieur réalisé selon le procédé du *jet grouting*.

Les travaux ont été arrêtés à la suite de l'annulation du permis de construire modifié par le jugement du tribunal administratif de Saint-Barthélemy du 23 décembre 2021. Afin de sécuriser le chantier, des travaux de comblement de la fouille (fossé) et du bassin d'eau ont été réalisés sur le fondement d'un permis d'aménager du 6 juillet 2022, en utilisant les déblais issus des travaux effectués (*spoils* concassés), constitués du mélange de sable déjà présent sur le site et de ciment Portland.

A la reprise des travaux, pour tenir compte des modifications du Projet, il est prévu la mise en place d'un matelas de répartition en tête du caisonnage existant. Le périmètre de pieux sécant sera adapté au Projet modifié (côté sud et côté nord). Afin d'assurer la stabilité du sol pendant les excavations pour le mur de pieux sécants modifié, une quantité limitée de *jet grouting* sera nécessaire. Il est enfin prévu de former des brèches à travers le mur de pieux sécants d'origine afin de permettre un drainage transversal du sol au nord du site, à titre de mesure de protection. Il s'agit en particulier de permettre que les systèmes racinaires des grands arbres ne risquent pas de souffrir de pourriture.

La reprise des travaux générera des déblais dont le volume est évalué à 15 000 m3. Une partie des déblais sera utilisé pour l'achèvement des travaux (remblayage des espaces excavés). L'ensemble des déblais sortant du chantier seront dirigés, sous le contrôle du centre de gestion des déchets de Saint-Barthélemy, en assurant leur traçabilité, vers des centres de traitement autorisés en dehors de l'île de Saint-Barthélemy, sans réemploi sur l'île.

Principales caractéristiques du Projet modifié en phase opérationnelle

Le Ch. 2D présente essentiellement la demande et l'utilisation d'électricité et la gestion et le besoin en eau, durant les phases de construction et de fonctionnement.

Electricité

En phase de travaux, l'alimentation en énergie proviendra exclusivement d'un groupe électrogène installé sur le site.

En phase d'exploitation, l'estimation de la consommation électrique totale du Projet modifié a été déterminée en retenant l'hypothèse prudente et conservatrice d'une réduction de 20% par rapport à la consommation du projet initial autorisé en 2019, compte-tenu de la diminution de la capacité d'accueil, des gains de performance des équipements et de la conception bio-climatique des constructions. Elle est évaluée à 242.352 kWh/an.

L'énergie nécessaire au Projet proviendra des panneaux solaires, de la production sur site assurée par des générateurs d'appoint et de secours et enfin du réseau électrique.

Eu égard en particulier à la capacité de production électrique des panneaux solaires, évaluée à 50.000 kWh/an, la sollicitation du réseau électrique public est ramenée à 192.352 kWh/an, soit une diminution de près de 47% par rapport au projet initial (sans tenir compte de l'impact du générateur de secours et d'appoint).

Eau

Le calcul prévisionnel de la consommation d'eau a été établie, de façon prudentielle, à 70 m3 /jour en période de pointe pour un taux d'occupation de 100 %. Ce chiffre a été retenu pour dimensionner la capacité de l'usine de dessalement, avec un coefficient de sécurité, cette dernière ayant vocation à faire en sorte que l'établissement hôtelier ne sollicite pas le réseau public.

Les sources d'eau pour faire face à ce besoin global sont au nombre de trois : la récupération d'eau de pluie ; la réutilisation des eaux clarifiées issues de la station d'épuration ; le dessalement de l'eau de mer ; l'éventuelle réutilisation des vidanges de piscine. Le raccordement au réseau concessionnaire d'eau sanitaire sera réalisé, mais la production par dessalement se substituera, dès son entrée en service en cours de travaux, à l'eau de ville issue du branchement.

L'établissement disposera d'un grand réservoir de stockage des eaux de pluie d'environ 240 m3, utilisées pour l'arrosage des jardins, certains usages domestiques (WC) et la citerne incendie. La réutilisation des eaux de la station d'épuration permettra également de produire en abondance l'arrosage des espaces végétalisés situés à au moins 50 m du rivage (soit 2 500 m2 environ sur les 6 771 m2 de surface végétalisée).

Comme déjà prévu par le permis de construire délivré par la Collectivité le 19 décembre 2019, l'établissement hôtelier sera équipé d'une unité de dessalement d'une capacité de production d'eau adoucie de 80m3 /jour. Le procédé de dessalement retenu repose sur la technologie de l'osmose inverse, qui est à ce jour le procédé le plus abouti, fiable et peu consommateur d'énergie électrique (par rapport au procédé de distillation). L'eau de mer est collectée dans le forage déjà réalisé sur le bord de mer. En aval du traitement, les eaux traitées sont dirigées dans une citerne tampon d'une capacité de 230 m3 (environ 3 jours de consommation en pointe). Les eaux de saumure sont dirigées vers un puits de rejet, à l'opposé du puits de captage, et à une distance supérieure à 35 m. La concentration en sel sera d'environ 50 g/l en rejet pour un débit de rejet estimé à 120m3/jour. Un second point de rejet sera étudié et réalisé pour venir en complément du puits de rejet initialement prévu.

Eaux usées

Une station d'épuration de type BioRéacteur à Membrane (BRM), d'une capacité de traitement de 200 Equivalents-Habitants (EH), recevra l'ensemble des eaux usées d'origine domestique de l'hôtel. Le procédé BRM est le procédé le plus performant à ce jour : il permet d'assurer une clarification extrême et fiable des effluents, quelle que soit leur qualité initiale.

Vulnérabilité du Projet modifié au changement climatique, notamment au risque de submersion marine et aux autres risques naturels prévisibles

Ce sujet majeur est examiné au Ch. 2E. Le risque d'inondation et d'affouillement du site et le risque d'inondation du sous-sol, communs à divers types d'événements, sont traités spécifiquement.

Ouragan

Les mesures constructives (en particulier, massif cimenté prenant appui sur le substrat solide formé par les assises volcaniques et structure des constructions) et d'exploitation (fermeture pendant la saison des ouragans, procédures particulières d'exploitation en cas d'alertes…) sont décrites au Ch. 2E-1. L'hôtel est conçu et exploité pour faire face à ce risque.

Tsunami

Il en est de même pour les tsunamis, comme cela est décrit au Ch. 2E-2, avec en particulier des mesures d'exploitation spécifiques à ce type de risques.

Inondation et d'affouillement du site

Il est traité de façon spécifique au Ch. 2E-3.

Une modélisation hydrodynamique montre que l'on peut s'attendre à une onde de tempête maximale de 2,9 m sur le site pour une tempête d'occurrence centennale (période de retour de 100 ans).

Le projet modifié prévoit une implantation des constructions du rivage plus éloignée du rivage que par rapport au projet initial. Le restaurant est en retrait de 20 m et les villas de la première rangée sont à 27-29 m de la mer. Il est de plus prévu de planter une zone supplémentaire d'arbres et de végétation de plage destinée à agir comme une barrière naturelle contre la mer. Des tapis anti-affouillement sont prévus au ras des façades des bâtiments le plus proches de la plage, à 50 cm sous le niveau du terrain existant, pour éviter la perte de sable due au phénomène de réflexion.

Inondation du sous-sol

L'emprise du sous-sol du Projet modifié est considérablement réduite par rapport au projet initial (superficie ramenée à 2800 m²). Le sous-sol ne sera utilisé que pour le stationnement des voitures uniquement par voiturier (sans accès des clients), ainsi que pour abriter les systèmes de dessalement et de traitement des eaux usées. Comme déjà dit, des procédures d'alerte et d'évacuation sont prévues en cas de tempête, ouragan ou tsunami.

Le sous-sol est par ailleurs conçu pour faire face à la montée des eaux sur le site. En cas de vagues de tempête ou d'alerte d'ouragan, la partie haute de la rampe d'accès au sous-sol sera équipée d'une barrière anti-inondation (batardeau) d'une hauteur de 60 cm (montant donc au niveau 3.4 NGG), correspondant à la hauteur de la digue en béton construite autour de la rampe. Une protection supplémentaire sera assurée en partie basse de la rampe par une seconde barrière anti-inondation. Une pompe à débit adapté installée dans le sous-sol permet d'évacuer les éventuelles entrées d'eau par une conduite montante qui s'étend à 3 m au-dessus du niveau du sol extérieur. Le dispositif a pour vocation de protéger les véhicules garés dans le sous-sol en cas de fortes tempêtes.

Tremblements de terre

Le site est particulièrement vulnérable au phénomène de liquéfaction du sol.

La réalisation des fondations en forme de caisson est destinée à faire face à ce risque. Elle permet d'obtenir une plus grande continuité de la construction pour mieux dissiper l'énergie sismique. Au surplus, les constructions adoptent les codes de construction appropriés.

Les architectes ont tenu compte des risques sismiques dans la conception de l'hôtel. INGEROP a fourni le rapport identifiant les risques sismiques et les codes de construction appropriés. Le rapport est fourni à l'annexe 12 (INGEROP, Notice Sismique PC, juillet 2023).

Description des effets significatifs

Elle fait l'objet du Ch. 3. Seule l'analyse de certains effets est reprise dans ce résumé non technique.

Caractéristiques des déblais / remblais

Les déblais (*spoils*) de sable et ciment mélangés utilisés pour combler le fossé en exécution du permis d'aménager du 6 juillet 2022 ont fait l'objet d'analyses afin de s'assurer qu'ils ne sont pas de nature à créer un risque de pollution. Une double analyse a été effectuée en juin et juillet 2022, par la Florida Atlantic University et le laboratoire Labco Antilles.

Incidence sur les sols

Elle est étudiée au Ch. 3B-1, sous l'angle de l'incidence du Projet modifié sur les écoulements des eaux souterraines et sur le phénomène d'érosion de la plage.

La question des écoulements a fait l'objet d'une synthèse dans le rapport établi par Phil Heaton (*On the cause or causes of erosion to the beach frontage at Hotel Etoile, St-Jean Bay, St Barthélemy, West Indies*, Phil Heaton Associates Limited, Consulting Civil & Structural Engineers, Sept. 2023), placée en annexe de l'étude d'impact. Il en résulte que la réalisation des fondations le long de la plage a eu un effet négligeable sur le mouvement des eaux souterraines. Une modélisation de l'impact du projet sur les écoulements souterrains a été réalisée par le BRGM, qui conclut que les fondations en pieux sécants n'ont pas d'impact sur le niveau piézométrique et sur l'écoulement souterrain des eaux du site. La connexion établie entre l'étang à la mer par le système de canalisation décidé en 2016 et réalisé en 2019 crée un canal d'écoulement de l'excès d'eau de la lagune vers la plage.

La réalisation du caisonnage en sous-sols conduit par ailleurs à s'interroger sur l'impact du projet sur le phénomène existant d'érosion, et en particulier à rechercher s'il serait susceptible de l'aggraver, d'une façon ou d'une autre.

Cette question a également fait l'objet d'une étude dans le rapport établi par Phil Heaton. Il en résulte que le projet, et en particulier ses fondations et son sous-sol, ne sont pas susceptibles de contribuer au phénomène d'érosion, faute de pouvoir identifier un mécanisme qui contribuerait à ce phénomène en raison des techniques de construction employées précédemment pour le Projet et devant encore l'être à la reprise du chantier, ou de l'existence des structures et fondations dans le sous-sol eu égard à ses caractéristiques particulières. Les fondations du Projet ont un effet négligeable sur les écoulements d'eau souterraine, de telle façon que ce facteur ne peut conduire à une aggravation du phénomène d'érosion. Par ailleurs, eu égard à sa localisation et ses caractéristiques, il ne fait pas obstacle aux transfert sédimenteux à la surface de la plage.

Cela étant, comme les autres acteurs du secteur touristique, le maître d'ouvrage est particulièrement sensible et préoccupé par le phénomène d'érosion de la plage de Saint-Jean, et de façon générale de l'érosion côtière à Saint-Barthélemy. C'est la raison pour laquelle il entend participer aux études et actions menées par la Collectivité et les autres acteurs de l'île pour lutter contre le phénomène d'érosion de la plage de Saint-Jean avec l'objectif de traiter les sources mêmes du phénomène, et notamment la détérioration du récif coralien.

Eau

Le fonctionnement de l'unité de dessalement mis en place pour assurer les besoins en eau douce de l'établissement hospitalier a une incidence sur les eaux souterraines du fait du

prélèvement de l'eau de mer dans le puits de forage et de l'envoi des eaux de saumure dans le puits de rejet.

L'étude du BRGM a procédé à une modélisation à partir d'hypothèses conservatrices de fonctionnement de l'unité de dessalement, en adoptant un volume de pompage de 10m3/h (soit le double du pompage nécessaire pour assurer la production continue de 70m3/j), et en tenant compte de l'effet des fondations du projet sur les écoulements d'eau souterraine. Un risque d'impact du milieu marin par cette installation est qualifié de peu probable, eu égard aux quantités de saumure rejetées et aux caractéristiques des sols. La modélisation de la salinité pour les rejets de saumure est susceptible de conduire à terme à une élévation de la salinité de l'eau pompée. Ce risque est identifié au bout d'un pompage de 10 ans à plein régime. Eu égard aux conditions réelles d'exploitation, qui devraient se situer sensiblement au-dessous des hypothèses retenues pour la modélisation, les effets de l'unité de dessalement sur le sol et la pérennité de son fonctionnement de l'unité apparaissent assurée à moyen terme. Des mesures de suivi sont prévues pour suivre ce facteur. En outre, un second point de rejet sera étudié et réalisé pour venir en complément du puits de rejet initialement prévu. Le maître d'ouvrage s'engage par ailleurs à effectuer un suivi des technologies opérationnelles disponibles, afin d'adapter le dispositif de dessalement si elles sont de nature à améliorer significativement la qualité environnementale de l'établissement hôtelier, en lien avec la Collectivité et l'ATE.

Logement

Le Projet va bénéficier des logements d'ores et déjà construits par le maître d'ouvrage pour ses activités hôtelières sur l'île, destinés à accueillir le personnel de l'hôtel Le Barthélemy déjà en activité et de l'Emeraude Plage. Les logements sont situés sur les sites « Oasis » (120 lits répartis entre 30 bungalows) et « Seahorse » (50 lits).

Services publics de de gestion de l'eau et de distribution d'électricité

Comme déjà indiqué, le Projet modifié est conçu pour minimiser la sollicitation du réseau public de distribution d'électricité. Elle est ramenée à 192.352 kWh/an, soit une diminution de près de 47% par rapport au projet initial. Les générateurs de secours et d'appoint du futur établissement peuvent être mobilisé pour limiter la demande globale sur le réseau électrique, en cas d'incident ou de surcharge.

Le Projet modifié est conçu pour être autonome en eau potable. Cela étant, il met en œuvre des dispositifs de réduction de la consommation d'eau et de réutilisation des eaux de pluie et des eaux clarifiées, de façon à solliciter le moins possible l'unité de dessalement.

Circulation routière

Une étude de circulation est présentée au Ch. 3F.

Il en résulte qu'une augmentation de 5% du trafic (hypothèse de travail) entraînerait une surcapacité du trafic uniquement en direction de l'ouest le long de la route D209 aux heures de pointe de la matinée. La même pondération ne créée à aucun moment de surcapacité pour le trafic en direction de l'est. Pour parer ce risque, un plan de gestion du trafic est prévu lors de la phase de construction. En phase d'exploitation, du fait de leurs horaires de travail, les déplacements du personnel de l'hôtel ne devraient pas contribuer aux pics de trafic. Le personnel et la direction de l'hôtel se déplaçant entre les deux hôtels (Le Barthélemy et Émeraude Plage) pourront circuler en dehors des heures de pointe et ne contribueront pas à l'augmentation du trafic.

Les façades routières de l'hôtel doivent être agrémentées d'arbres et de végétation afin de créer un écran permettant de capter une partie des émissions nocives générées par le trafic permanent.

Solution de substitution raisonnable

Eu égard au site et à son environnement, ainsi qu'à sa vocation, le maître d'ouvrage n'a pas envisagé de solutions alternatives à celles d'un établissement hôtelier haut de gamme composé, à l'image de l'ancien hôtel Emeraude, d'un ensemble de villas et de cottages

Le positionnement haut de gamme permet en effet, dans le respect des contraintes économiques qui s'appliquent au projet, de prévoir un nombre raisonnable de chambres, proche de celui de l'ancien hôtel Émeraude, et ainsi de minimiser les incidences du projet, en ce qui concerne son impact tant sur l'environnement naturel du site que sur les services publics de l'île (en particulier, distribution de l'électricité et de l'eau potable), les politiques publiques de la Collectivité (logement, circulation…) et le cadre de vie des Barthéloméens.

Mesures ERC et Suivi des mesures

Les mesures ERC sont énumérées au Ch. 5, et les mesures de suivi au Ch. 6.

Elles concrétisent la volonté du maître d'ouvrage d'apporter au projet les modifications permettant de porter le projet à un haut degré de prise en compte des principes de durabilité, et de concevoir ainsi un nouvel hôtel Émeraude Plage emblématique par sa conception durable, sa faible empreinte carbone (en vue de la neutralité carbone) et la qualité de son intégration dans le site et le paysage.

* *

*