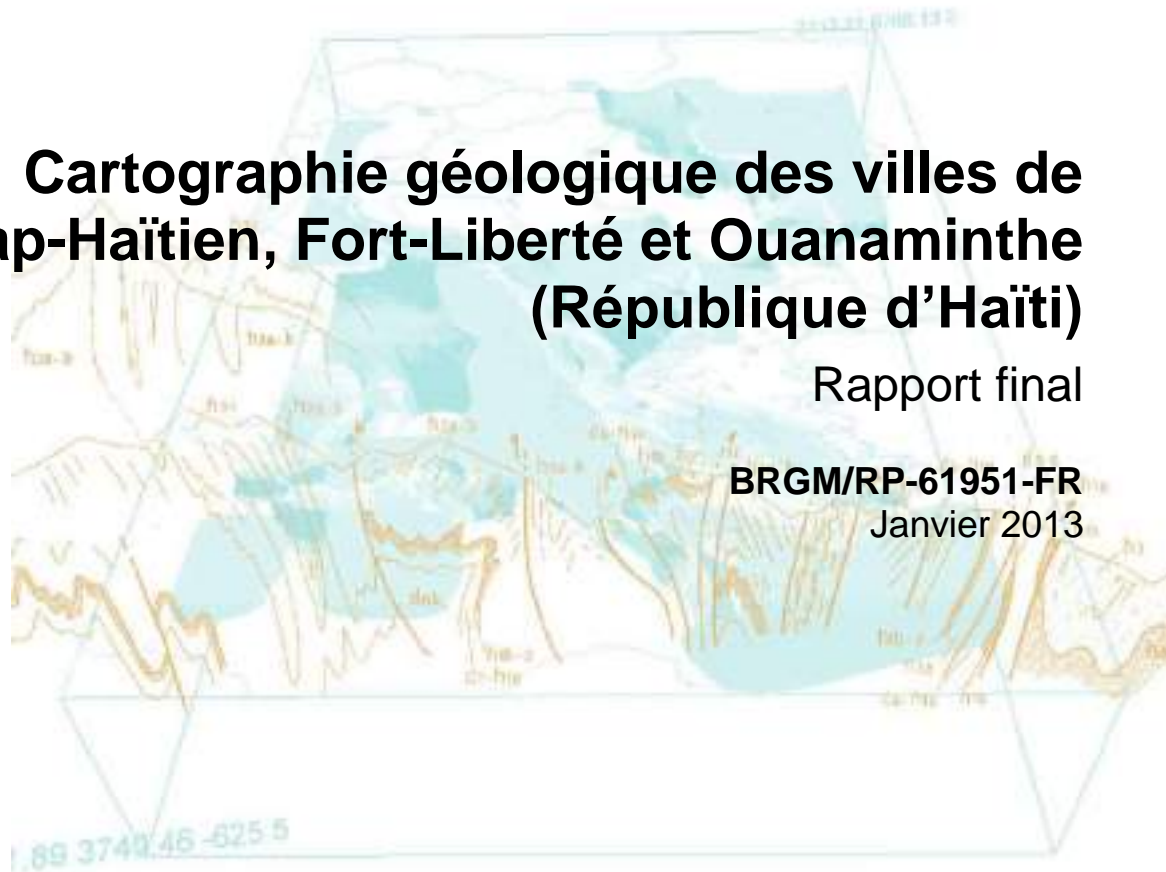




Cartographie géologique des villes de Cap-Haïtien, Fort-Liberté et Ouanaminthe (République d'Haïti)

Rapport final

BRGM/RP-61951-FR
Janvier 2013



MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS, TRANSPORTS ET COMMUNICATIONS
(MTPTC)



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Cartographie géologique des villes de Cap-Haïtien, Fort-Liberté et Ouanaminthe (République d'Haïti)

Rapport final

BRGM/RP-61951-FR

Janvier 2013

J. Monthel, A. Bialkowski, Ph. Jean, M. Jean-Baptiste

Vérificateur :
Nom : Myriam Belvaux
Date : 28/01/2013
Signature : 

Approbateur :
Nom : Evelyne Foerster
Date : 20/02/2013
Signature : 

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.
Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.



MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS, TRANSPORTS ET COMMUNICATIONS
(MTPTC)



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Mots-clés : Cartographie géologique, Faille Septentrionale, séisme, microzonage sismique, Hispaniola, Ile d'Haïti, Cap-Haïtien, Fort-Liberté, Ouanaminthe, République d'Haïti

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

Monthel J., Bialkowski A., Jean Ph., Jean-Baptiste M. (2013) – Cartographie géologique des villes de Cap-Haïtien, Fort-Liberté et Ouanaminthe (République d'Haïti). Rapport final. BRGM/RP-61951-FR, 55 p., 34 ill., 3 pl.h.t.

© BRGM, 2013, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Résumé et conclusions

La côte nord de l'île d'Haïti est sous l'influence de la Zone de Faille Septentrionale : décrochement sénestre le long duquel s'ajuste le déplacement des Plaques Caraïbes et Amérique du Nord.

Dans le cadre du Plan de Prévention Séisme pour le Grand Nord d'Haïti, financé par le Ministère des Travaux Publics, des Transports et Communications d'Haïti avec des fonds du PNUD, le BME, le LNBTP et le BRGM sont associés pour la réalisation d'un microzonage sismique des principales villes des départements du Nord et du Nord-Est. La cartographie géologique des villes de Cap-Haïtien, Fort-Liberté et Ouanaminthe s'inscrit en travail préliminaire à ce projet.

La morphologie du site de **Cap-Haïtien** est révélatrice de la complexité géologique de son substratum :

- la ville historique est adossée au flanc SE du Morne du Cap, armé par les formations volcaniques et volcano-sédimentaires du Crétacé supérieur. Celles-ci sont découpées par un double réseau de fractures NNW-SSE et E-W. Vers le SW, elles sont intrudées par un massif de tonalites ;
- les nouveaux quartiers se sont développés sur les recouvrements quaternaires épais de la plaine alluviale et de la zone côtière.

La suture entre ces deux ensembles correspond à un accident NNE-SSW dont le jeu pourrait bien être en relation directe avec celui de la Faille Septentrionale. Cependant la trace cartographique précise de cet accident est mal définie, car elle est masquée par des colluvions du Quaternaire.

Fort-Liberté est construite sur une plateforme carbonatée récifale, connue en République Dominicaine sous le nom de Fm La Isabela et datée Pléistocène inférieur-Holocène. C'est un ensemble horizontal de marno-calcaires riches en fossiles. Il est recouvert en discordance par des matériaux hétérogènes d'origine fluviatile et entaillés, à l'Ouest, par les sédiments argileux de la rivière Marion. Le tracé de la Zone de Faille Septentrionale est situé à 5-6 km au Nord de Fort-Liberté, et aucun indice ne permet de juger de l'incidence de cette faille sur le site urbain.

Ouanaminthe est située en limite de la Cordillère Centrale. Son substratum rocheux est entièrement masqué par des recouvrements alluviaux quaternaires, d'épaisseur métrique à décamétrique. La rivière Canari entaille très ponctuellement cette couverture, et permet de voir des faciès détritiques grossiers attribués au Néogène. Rien ne permet de porter un jugement bien étayé sur la fracturation du substratum.

Les cartes géologiques à l'échelle du 1/20 000, ciblées sur les trois villes, synthétisent les données rassemblées par cette étude. Pour chacun des secteurs, le rapport donne un descriptif synthétique des différents faciès reconnus. Ce descriptif est illustré par quelques photos représentatives. Une série de coupes schématiques précisent la nature et l'épaisseur des sols d'altération développés sur les principaux faciès.

Ce travail, avec ses imperfections liées à la disparité dans la répartition des affleurements, devrait permettre d'orienter les reconnaissances géophysiques et géotechniques du microzonage et aider à la planification de l'aménagement des secteurs ainsi reconnus.

Sommaire

1. Introduction	9
1.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL	10
1.2. PROCEDURES MISES EN ŒUVRE	13
2. Secteur de Cap-Haïtien	15
2.1. APERÇU GEOLOGIQUE	15
2.2. APERÇU GEOTECHNIQUE	16
2.3. DESCRIPTION DES PRINCIPAUX FACIES.....	16
2.3.1. Granitoïdes (code 130)	16
2.3.2. Volcanites et brèches pyroclastiques du Crétacé supérieur (code 120) ..	18
2.3.3. Ensemble volcano-sédimentaire du Crétacé supérieur (code 110)	20
2.3.4. Turbidites silto-gréseuses du Crétacé supérieur (code 100)	22
2.3.5. Calcaires karstifiés et éboulis calcaires (codes 20 et 90)	24
2.3.6. Dépôts de plaine alluviale (codes 70 et 80).....	26
2.3.7. Colluvions (code 60) et alluvions actuelles (code 10).....	28
2.3.8. Loupes de glissement et niches d'arrachement (code 50).....	30
2.3.9. Zones marécageuses (code 40).....	32
2.3.10. Cordon littoral (code 30).....	34
2.3.11. Formations anthropiques (code 1).....	35
2.4. APERÇU STRUCTURAL	36
3. Secteur de Fort-Liberté	39
3.1. APERÇU GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE	39
3.2. DESCRIPTION DES PRINCIPAUX FACIES.....	40
3.2.1. Marno-calcaires de la Fm La Isabela (code 88)	40
3.2.2. Recouvrements fluviatiles (code 85)	42
3.2.3. Recouvrements carbonatés (code 82)	44
3.2.4. Dépôts de plaine alluviale (code 80)	45
3.2.5. Zones marécageuses (code 40) et mangroves (code 35)	46
3.3. APERÇU STRUCTURAL	47
4. Secteur de Ouanaminthe	49
4.1. APERÇU GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE	49
4.2. DESCRIPTION DES PRINCIPAUX FACIES.....	50

4.2.1. Arénites et conglomérats de la Fm Cercado (code 95)	50
4.2.2. Dépôts de plaine alluviale (code 80)	51
4.2.3. Zones marécageuses (code 40)	52
4.2.4. Méandres abandonnés (code 70)	52
4.2.5. Basse terrasse de la rivière du Massacre (code 15)	52
4.3. APERÇU STRUCTURAL	54
5. Documents consultés	55

Liste des illustrations

Illustration 1 : Carte de localisation des secteurs étudiés (modifié de http://www.mapanddata.com).	9
Illustration 2 : Carte schématique de la Plaque Caraïbes et relations avec les plaques adjacentes.	10
Illustration 3 : Carte de la bordure nord de la Plaque Caraïbes (Escuder Viruete et al., 2006, mod. de Dolan et al., 1998). Localisation des principaux cisaillements qui affectent l'île d'Haïti.	11
Illustration 4 : Coupe au travers la Plaque Caraïbes, montrant la position et le jeu des principales failles au niveau d'Hispaniola (Calais, 2002).	11
Illustration 5 : Carte de localisation des principaux tremblements de terre « historiques » sur l'île d'Haïti (Calais, 2002).	12
Illustration 6 : Côte nord d'Haïti, localisation des 3 secteurs d'étude et tracé supposé de la Faille Septentrionale.	12
Illustration 7 : Localisation des points d'observation sur le secteur de Cap-Haïtien.	15
Illustration 8 : Tonalites (code 130).	17
Illustration 9 : Volcanites et brèches pyroclastiques du Crétacé supérieur (code 120).	19
Illustration 10 : Ensemble volcano-sédimentaire (code 110).....	21
Illustration 11 : Turbidites silto-gréseuses du Crétacé supérieur (code 100).	23
Illustration 12 : Différents faciès de calcaires bréchifiés et karstifiés (codes 20 et 90).	25
Illustration 13 : Carte de la profondeur du substratum sous la plaine alluviale de la plaine du Nord (PNUD, Projet HAI/86/003, 1991).	26
Illustration 14 : Limons de plaine alluviale (code 80).....	27
Illustration 15 : Différents affleurements de colluvions (code 60).....	29
Illustration 16 : Loupe de glissement et faciès de brèche observés au pied de l'éboulis (code 50).	31
Illustration 17 : Zones marécageuses du littoral (code 40).....	33
Illustration 18 : Cordon littoral (code 30).....	34
Illustration 19 : Remblais utilisés pour le soubassement des principales infrastructures (code 1).35	
Illustration 20 : Morne du Cap. Carte structurale interprétative.....	36
Illustration 21 : Coupe géologique interprétative du secteur de Cap-Haïtien.....	37

Illustration 22 : Fracture N165°E-80°E affectant les volcanites du Crétacé.	37
Illustration 23 : Fracture N115°E - 78°S décalant des bancs de turbidites du Crétacé.	37
Illustration 24 : Localisation des points d'observation sur le secteur de Fort-Liberté.	39
Illustration 25 : Marno-calcaires fossilifères de Fm La Isabela (code 88).	41
Illustration 26 : Recouvrements fluvio-deltaïques (code 85).	43
Illustration 27 : Sol à blocailles de calcaires à oncolithes (code 82).	44
Illustration 28 : Dépôts de plaine alluviale (code 80).....	45
Illustration 29 : Zones marécageuses et mangroves (codes 40 et 35).	46
Illustration 30 : Coupe géologique interprétative du secteur de Fort-Liberté.	47
Illustration 31 : Localisation des points d'observation sur le secteur de Ouanaminthe.	49
Illustration 32 : Affleurements caractéristiques des arénites, grès et conglomérats attribués à la Fm Cercado (code 95).	50
Illustration 33 : Plaine alluviale de la région de Ouanaminthe (code 2).	51
Illustration 34 : Plaine d'inondation de la rivière du Massacre (code 15).	53

Liste des planches hors-textes

Planche 1 - Carte géologique de la ville de Cap-Haïtien, à l'échelle du 1/20 000ème

Planche 2 - Carte géologique de la ville de Fort-Liberté, à l'échelle du 1/20 000ème

Planche 3 - Carte géologique de la ville de Ouanaminthe, à l'échelle du 1/20 000ème

1. Introduction

Le présent rapport fait suite à la cartographie géologique des trois principales villes du NE de la République d'Haïti (Illustration 1) : Cap-Haïtien (chef-lieu du département du Nord), Fort-Liberté et Ouanaminthe (département du Nord-Est).



Illustration 1 : Carte de localisation des secteurs étudiés (modifié de <http://www.mapanddata.com>).

Ce travail s'inscrit dans le cadre du Plan de Prévention Séisme pour le Grand Nord d'Haïti financé par le Ministère des Travaux Publics, des Transports et Communications de la République d'Haïti, avec des fonds du PNUD.

Ce projet associe :

- le Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics (LNBTP),
- le Bureau des Mines et de l'Énergie (BME),
- le BRGM.

La cartographie géologique constitue une étape préliminaire à l'élaboration d'un plan de microzonage sismique. Elle a pour objectif de définir la nature du substratum rocheux et préciser l'emprise et l'épaisseur des formations superficielles. Elle informe également sur la géométrie des terrains, sur l'existence et le tracé de failles potentiellement actives. Elle s'appuie principalement sur l'étude des affleurements, et laisse quand même une grande place à l'interprétation. La précision de la carte et la description des caractéristiques mécaniques des

formations (sol et substratum) dépendent donc de la complexité géologique et géotechnique du territoire, des connaissances disponibles pour caractériser cet environnement et des moyens impartis pour l'acquisition de données supplémentaires.

1.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL

L'île d'Haïti (ou Hispaniola) est située sur la bordure nord de la Plaque Caraïbes, le long de la zone de subduction-collision avec la Plaque Amérique du Nord (Illustration 2).



Illustration 2 : Carte schématique de la Plaque Caraïbes et relations avec les plaques adjacentes.

Elle est subdivisée en plusieurs lanières tectoniques dont les évolutions sont distinctes. Ces lanières (ou terranes) sont séparées par des zones de cisaillement sénestre, orientées ONO-ESE et d'âge post Eocène/Oligocène (Illustration 3, Illustration 4). Du Nord au Sud, il s'agit de :

- la Zone de Faille Septentrionale (ZFS) ;
- la Zone de Faille de La Española (ZFLE) ;
- la Zone de Faille de La Guácara-Bonao (ZFBG) ;
- La Zone de Faille de San Juan-Restauración (ZFSJR) ;
- la Zone de Faille d'Enriquillo-Plantain Garden (ZFEPG), à l'origine du séisme dévastateur de Port-au-Prince, le 12 janvier 2010.

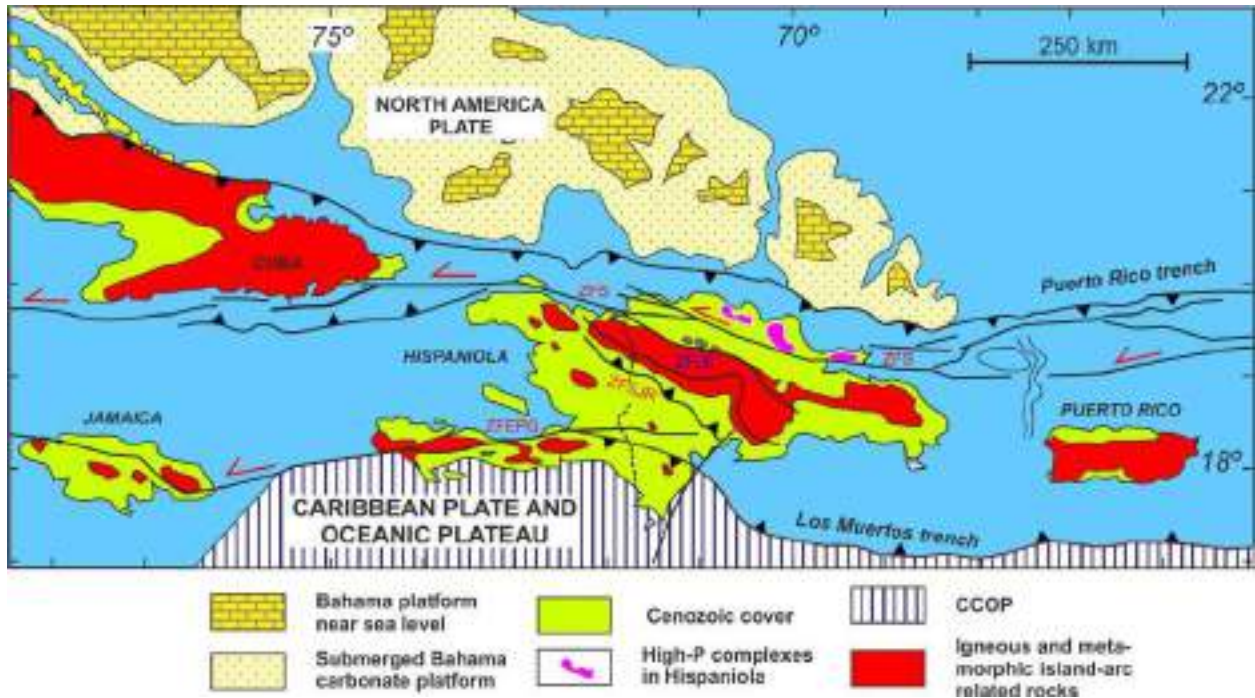


Illustration 3 : Carte de la bordure nord de la Plaque Caraïbes (Escuder Viruete et al., 2006, mod. de Dolan et al., 1998). Localisation des principaux cisaillements qui affectent l'île d'Haïti.

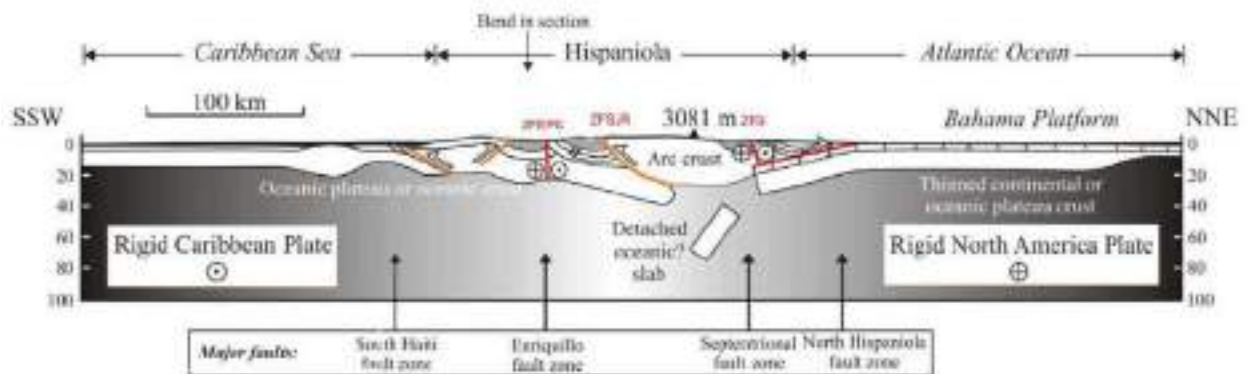


Illustration 4 : Coupe au travers la Plaque Caraïbes, montrant la position et le jeu des principales failles au niveau d'Haïti (Calais, 2002).

Les lanières centrales correspondent à un arc insulaire primitif ; elles sont constituées de roches volcaniques et de roches ignées d'âge Jurassique supérieur à Eocène. Elles sont recouvertes et entourées de roches sédimentaires silico-clastiques et carbonatées d'âge Eocène à Actuel qui scellent l'activité de l'arc insulaire et enregistrent les mouvements transcurrents sénestres entre les Plaques Amérique du Nord et Caraïbe.

L'histoire géologique de l'île d'Haïti est très dépendante de sa position géotectonique, en particulier de la convergence oblique de la Plaque Amérique du Nord sur celle des Caraïbes. Cette convergence, qui a débuté à l'Eocène, est toujours active. Cela se traduit par de nombreux tremblements de terre dont les épicentres jalonnent la trace des principaux décrochements (Illustration 5).

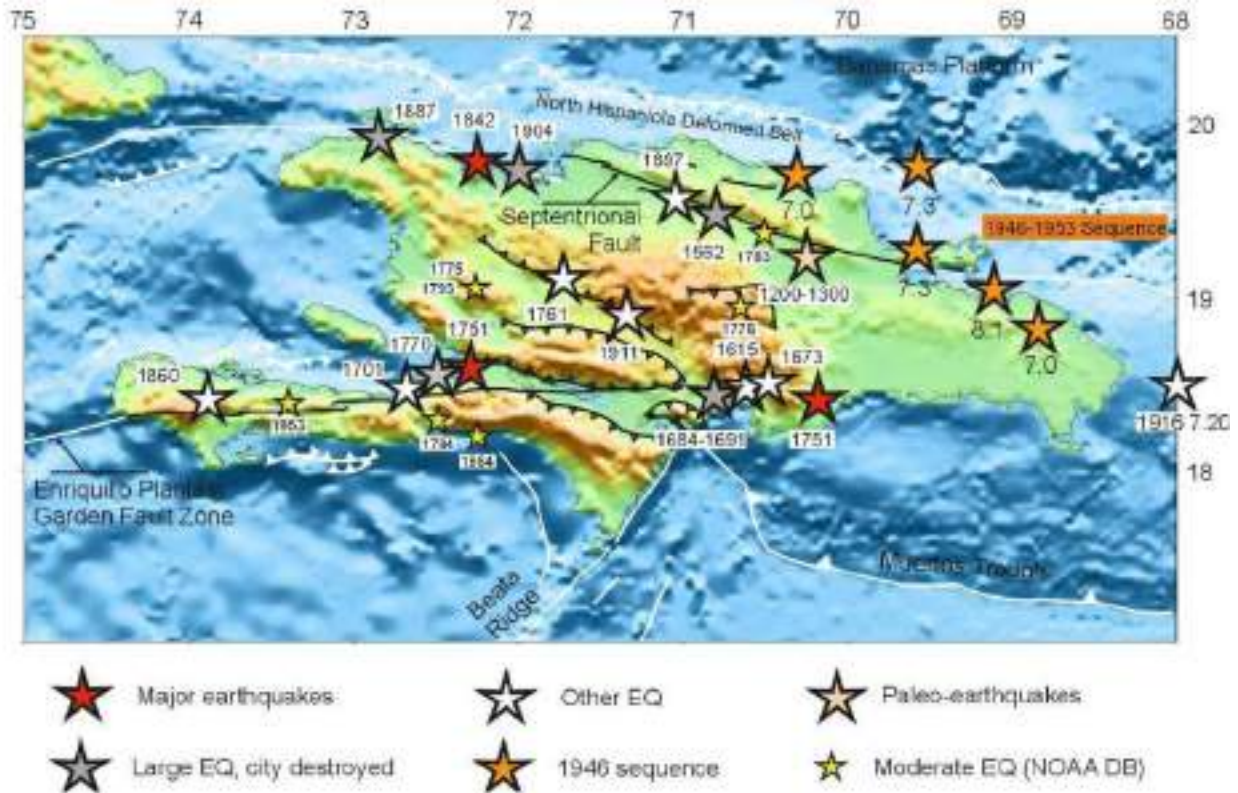


Illustration 5 : Carte de localisation des principaux tremblements de terre « historiques » sur l'île d'Haïti (Calais, 2002).

Les trois secteurs d'étude : Cap-Haïtien, Fort-Liberté et Ouanaminthe sont situés sur la côte nord d'Haïti et sont sous l'influence de la branche ouest de la Zone de Faille Septentrionale (Illustration 6).

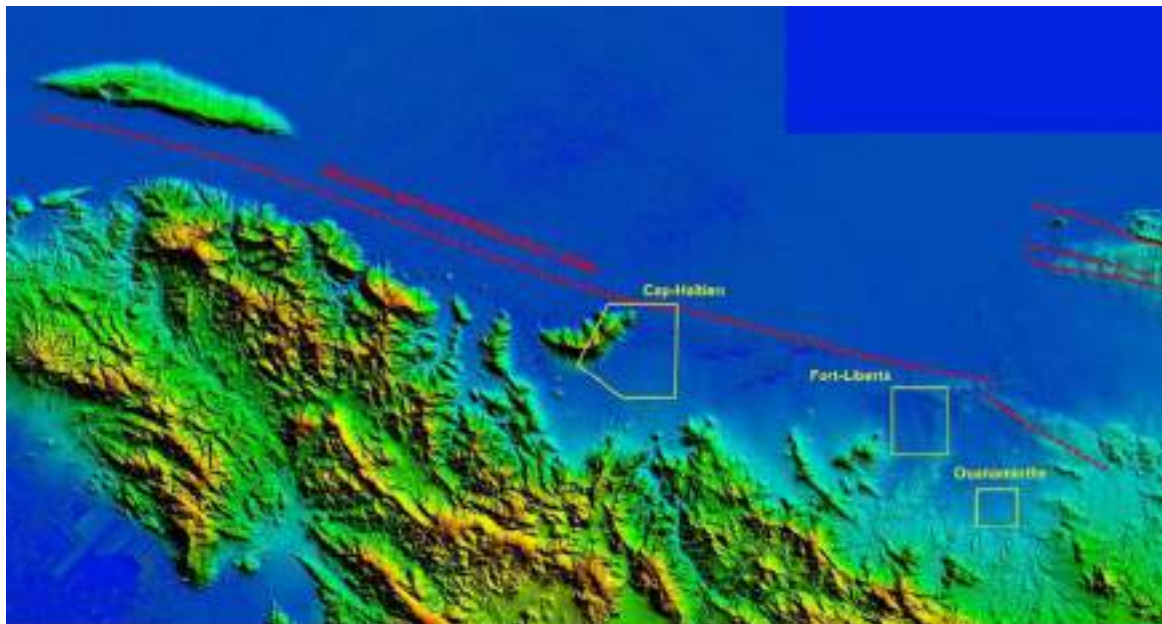


Illustration 6 : Côte nord d'Haïti, localisation des 3 secteurs d'étude et tracé supposé de la Faille Septentrionale.

1.2. PROCEDURES MISES EN ŒUVRE

Les travaux de cartographie se sont appuyés sur :

- la carte géologique à l'échelle du 1/250 000 de la République d'Haïti, éditée par le BME (Boisson et Pubellier, 1987) ;
- les fonds topographiques réguliers, à l'échelle du 1/50 000, accessibles via le site internet <http://www.lib.utexas.edu/maps/topo/haiti/>:
 - pour le secteur de Cap-Haïtien : feuilles 5775 II (Cap-Haïtien) et 5775 III (Limbé),
 - pour le secteur de Fort-Liberté : feuilles 5874 IV (Fort-Liberté) et 5875 III (Phaéton),
 - pour le secteur de Ouanaminthe : feuille 5874 I (Dajabon) ;
- les cartes topographiques à l'échelle du 1/12 500 de Cap-Haïtien et de Fort-Liberté ;
- les modèles numériques de terrain (SRTM) et les orthophotos disponibles via Google Earth et Global Mapper ;
- les données de géophysiques aéroportées réalisées par Newmont (2009) ;
- les cartes géologiques, les notices explicatives et les documents de synthèse réalisés par le consortium IGME-BRGM-INYPSA dans le cadre des programmes SYSMIN de cartographie géothématique de la République Dominicaine.

Le terrain a été reconnu par deux fois :

- du 15 au 21 juillet 2012, lors d'une mission préliminaire par les géologues du BME (Prépetit et al.) ;
- du 22 septembre au 3 octobre 2012, de manière systématique, par profils espacés d'environ 500 m, au cours d'une mission associant le BME et le BRGM.

Les coordonnées des points d'observation ont été relevées au GPS Garmin 60Cx. Les principales observations géologiques (lithologie, mesures structurales, etc.) ont été regroupées en base de données, sous Excel.

Tous les documents cartographiques et les observations ont été rassemblés sous ArcGIS (logiciel SIG), et ont servi à l'établissement d'une carte géologique de synthèse à l'échelle du 1/20 000 de chacun des secteurs (planches hors-textes).

2. Secteur de Cap-Haïtien

2.1. APERÇU GEOLOGIQUE

Cap-Haïtien est adossé au flanc oriental d'un chaînon montagneux, le Morne du Cap, qui culmine à plus de 700 m d'altitude. Une partie de la ville est construite sur ce flanc dont la pente est comprise entre 30 et 40 %. L'essentiel de l'agglomération s'est développé dans la plaine de la rivière du Haut-du-Cap, près de son débouché dans l'Océan Atlantique.

Plus de 220 points d'observation ont été relevés, pour la plupart au pied des reliefs du Morne du Cap (Illustration 7).

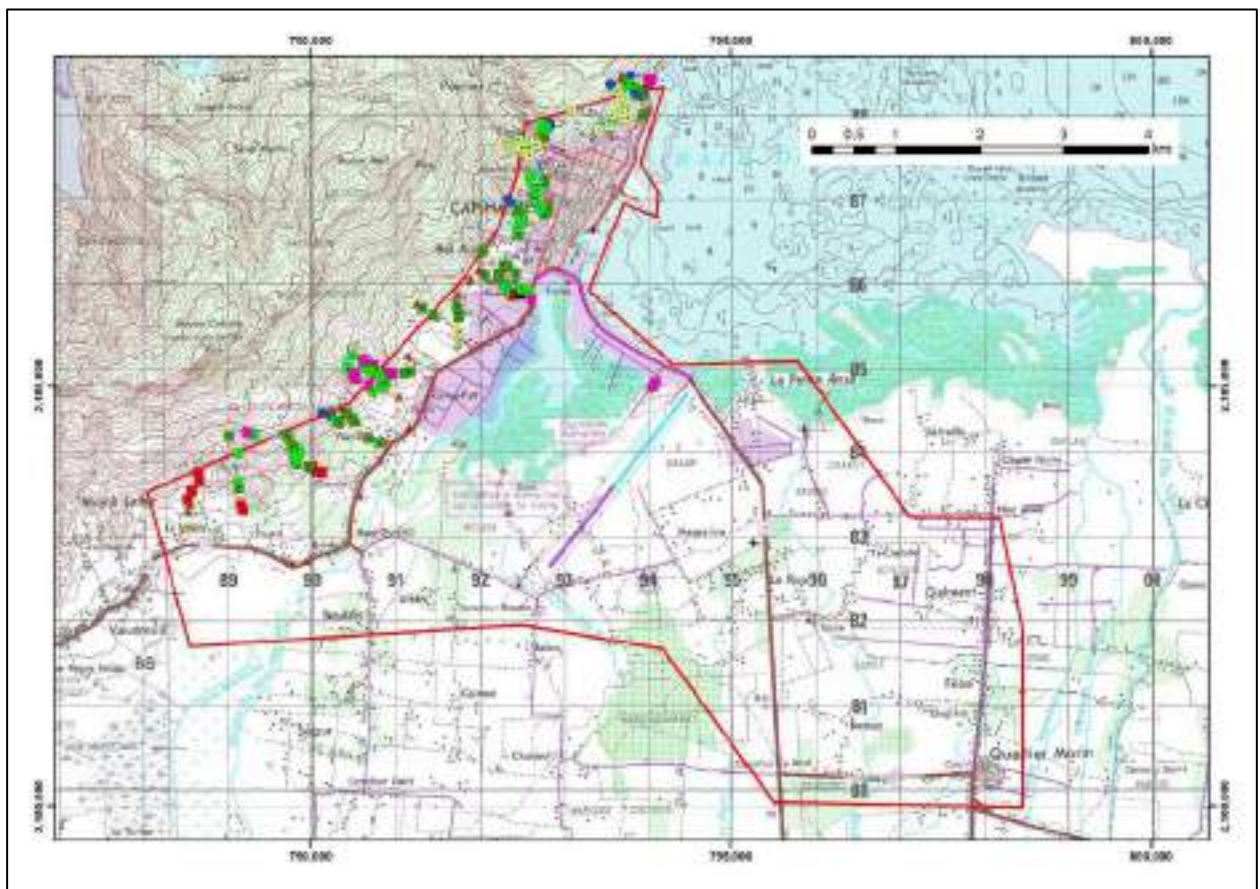


Illustration 7 : Localisation des points d'observation sur le secteur de Cap-Haïtien.

Le Morne du Cap est armé par une formation volcanique et volcano-sédimentaire du Crétacé supérieur, équivalente des Formations Tireo et Las Guayabas de République Dominicaine. Dans sa partie inférieure, cette formation est composée de laves, de brèches et de tufs de composition andésitique. Les volcanites sont surmontées par des épicrostites rubanées et localement silicifiées (cherts). Un ensemble à cachet beaucoup plus sédimentaire, caractérisé par des alternances décimétriques de turbidites gréso-pélimitiques, coiffe le tout.

L'ensemble est globalement monoclinale, structurée SW-NE avec un pendage vers le NW.

Dans l'angle SW, les terrains crétacés sont intrudés par un massif de tonalite, probablement mis en place à l'Eocène.

La plaine alluviale rassemble les produits issus de l'altération des reliefs au cours du Quaternaire, ainsi que des dépôts marécageux et littoraux liés au rivage marin. Elle est séparée du Morne par une zone de piedmont.

Tout le flanc SE du Morne est couvert de loupes de glissement et d'arrachement « anciennes ». Cela se traduit par la présence de nombreux éboulis et panneaux entiers de calcaire néogène qui « nappent » le flanc du relief.

2.2. APERÇU GEOTECHNIQUE

Sur le plan géotechnique le substratum rocheux est compact, consolidé, en général dur ou moyennement friable. Seules les zones au contact de la mer, c'est-à-dire les sables littoraux avec ou sans remblais et les zones de marécages (anciennes mangroves), sont meubles et peuvent être gorgées d'eau (argiles plastiques ou vasardes).

La terre végétale (notée « T.V. ») est généralement peu épaisse, avec une épaisseur maximale de 50 cm.

Les dépôts superficiels ont été cartographiés lorsqu'ils constituent des plages d'extension et d'épaisseur compatibles avec l'échelle de la carte.

Les épaisseurs indiquées sur les colonnes de sols représentent des épaisseurs observées sur le terrain. Les informations disponibles sur certains forages devront venir compléter les données cartographiques.

2.3. DESCRIPTION DES PRINCIPAUX FACIES

2.3.1. Granitoïdes (code 130)

Ce faciès est localisé dans l'angle SW du secteur d'étude, en bordure des premiers mornes au relief abrupt. Il affleure fréquemment en falaise de plusieurs mètres de hauteur. La roche est diaclasée, de couleur gris clair. La texture est grenue. Quartz, plagioclases et minéraux ferromagnésiens constituent l'assemblage minéralogique visible à l'œil. Il s'agit d'une tonalite, intrusive dans les faciès du Crétacé supérieur où elle développe un léger métamorphisme de contact (silicification et pyritisation). La mise en place de ce granitoïde est à attribuer à l'Eocène.

L'altération supergène développe une altération en « pelure d'oignon », et, en surface, le faciès s'altère en sable grenu, très friable.

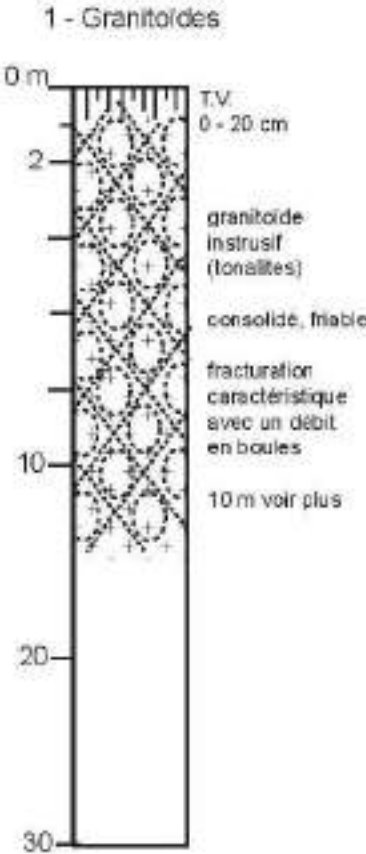

Colonne de sol-type	Quelques photos d'affleurements caractéristiques
<p>1 - Granitoïdes</p>  <p>0 m</p> <p>2</p> <p>10</p> <p>20</p> <p>30</p> <p>T.V. 0 - 20 cm</p> <p>granitoïde intrusif (tonalites)</p> <p>consolidé, friable</p> <p>fracturation caractéristique avec un débit en boules</p> <p>10 m voir plus</p>	

Illustration 8 : Tonalites (code 130).

2.3.2. Volcanites et brèches pyroclastiques du Crétacé supérieur (code 120)

On les rencontre à la base des reliefs de Cap-Haïtien. Elles constituent un ensemble homogène, très sensible à l'altération supergène. A l'échelle de l'affleurement, il est possible de distinguer :

- des laves andésitiques, riches en plagioclases et minéraux ferro-magnésiens. Le faciès est friable, à patine rouille lorsqu'il est altéré ; dur, vert sombre à gris à la cassure. On observe fréquemment des vésicules de taille millimétrique, remplies de quartz-opale ou d'épidote ;
- des brèches d'origine pyroclastique, à éléments centimétrique de lave, consolidés par une matrice andésitique.

Sur ces lithofaciès, la terre végétale est peu épaisse et très localisée, mais l'altération météorique peut être épaisse de plusieurs mètres, rendant alors la formation meuble et friable.

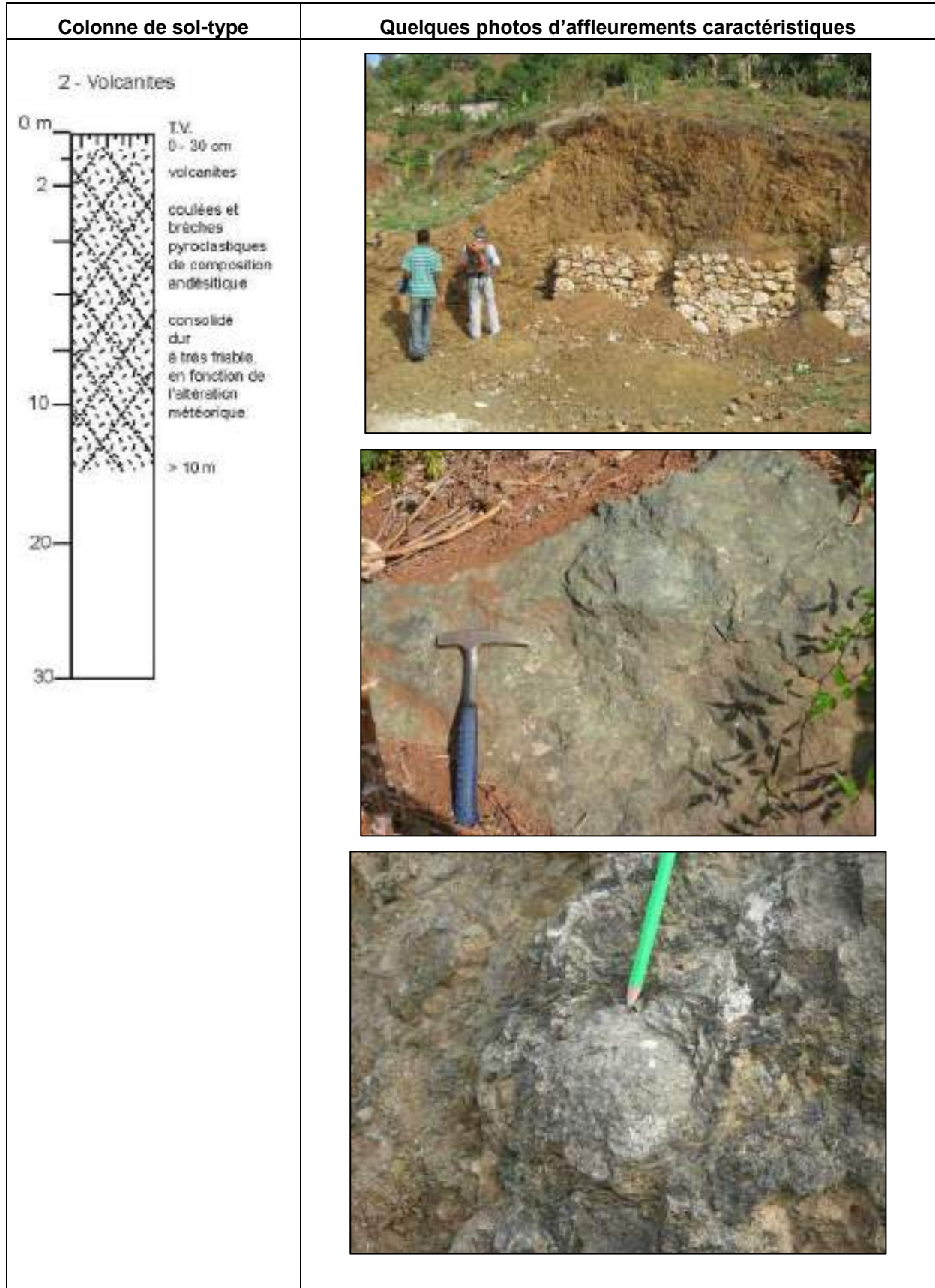


Illustration 9 : Volcanites et brèches pyroclastiques du Crétacé supérieur (code 120).

2.3.3. Ensemble volcano-sédimentaire du Crétacé supérieur (code 110)

Sous cette appellation, nous avons regroupé un ensemble stratifié composé d'horizons d'épaisseur centimétrique de cherty-tuffites rubanées, fortement silicifiées. La roche est de couleur violacée à noire. La cassure est esquilleuse. A noter la présence très fréquente de pli-slumps d'échelle métrique au sein de cet ensemble.

C'est ce faciès qui arme la petite butte St-Michel, au NW de l'aéroport de Cap-Haïtien.

Le recouvrement superficiel se compose de 0 à 1,5 m de sol argileux friable à petites blocailles de cherty-tuffites.

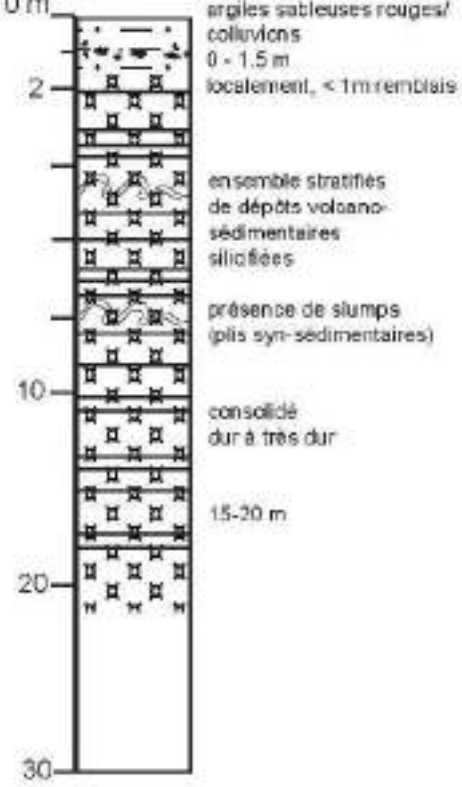



Colonne de sol-type	Quelques photos d'affleurements caractéristiques
<p data-bbox="252 342 555 376">3 - Volcano-sédimentaire</p>  <p data-bbox="199 414 247 448">0 m</p> <p data-bbox="199 481 247 515">2</p> <p data-bbox="199 784 247 817">10</p> <p data-bbox="199 985 247 1019">20</p> <p data-bbox="199 1164 247 1198">30</p> <p data-bbox="406 414 662 515">argiles sableuses rouges/ colluvions 0 - 1.5 m localement, < 1m remblais</p> <p data-bbox="406 582 662 683">ensemble stratifiés de dépôts volcano- sédimentaires silicifiés</p> <p data-bbox="406 705 662 761">présence de slumps (plis syn-sédimentaires)</p> <p data-bbox="406 817 662 873">consolidé dur à très dur</p> <p data-bbox="406 907 662 940">15-30 m</p>	  

Illustration 10 : Ensemble volcano-sédimentaire (code 110).

2.3.4. Turbidites silto-gréseuses du Crétacé supérieur (code 100)

Ce faciès est présent dans la partie nord du secteur d'étude, près des quartiers Morne Lory, Vigie et vers la pointe de St-Joseph.

Alternances de grès feldspathiques fins et de siltites en bancs réguliers de 5 à 50 cm d'épaisseur, séparés par des intercalaires centimétriques de pélites. La couleur dominante est brun kaki. Les contacts sont nets et toujours bien marqués. Ce faciès de turbidites est identique à celui qui caractérise la Fm Las Guayabas de la Cordillera Oriental dominicaine.

Le sol végétal est généralement peu épais (20 cm maximum). Localement, le faciès « turbidites silto-gréseuses » est très altéré, de couleur rouge brique, comme « fondu » sur place, et la stratification n'est plus aussi marquée.

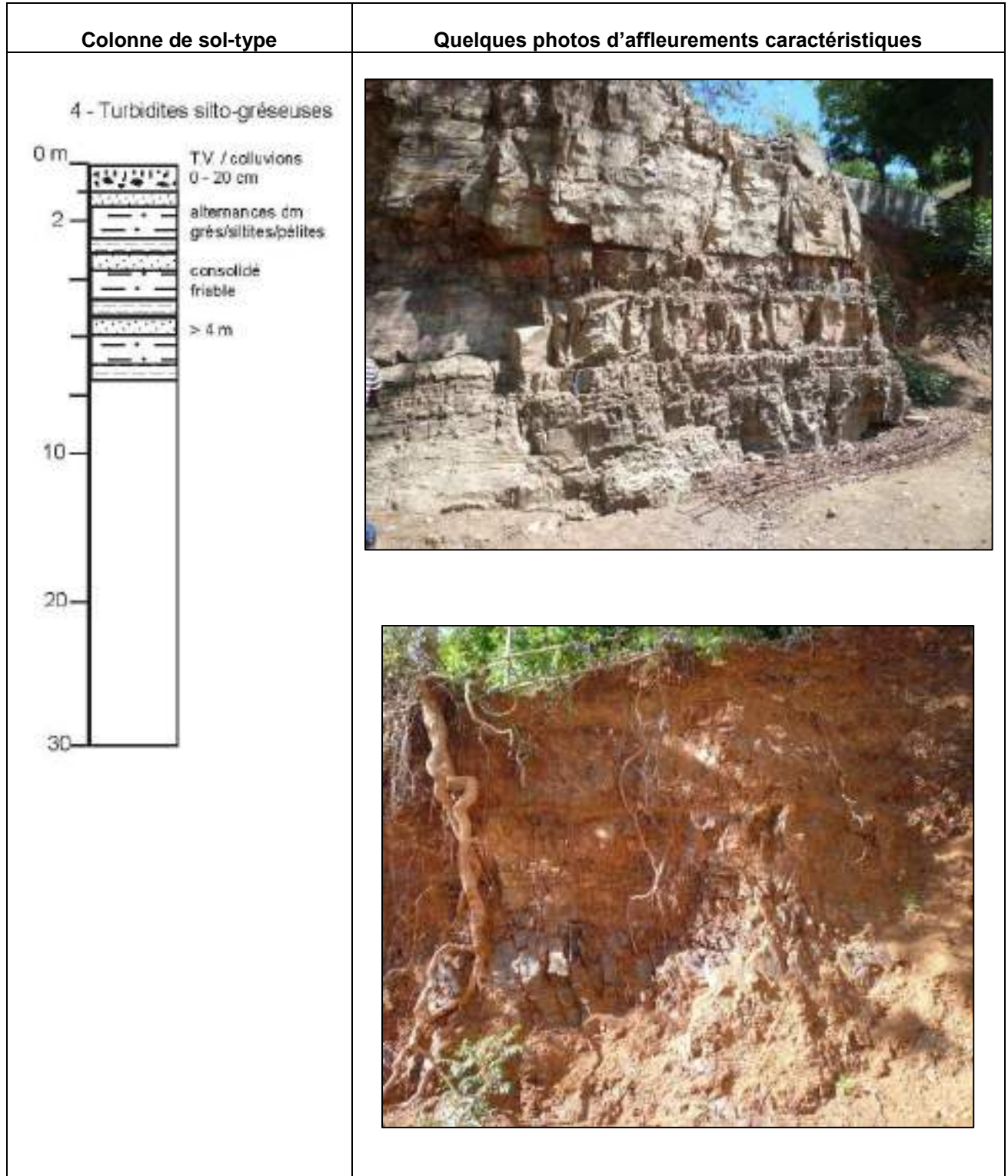


Illustration 11 : Turbidites silto-gréseuses du Crétacé supérieur (code 100).

2.3.5. Calcaires karstifiés et éboulis calcaires (codes 20 et 90)

Il s'agit d'éboulis et de blocs pluri-métriques de calcaire néogène tapissant le flanc du Morne du Cap ou accumulés au sommet de petites collines. Ces dépôts sont superficiels, et toujours en totale discordance sur les différentes lithologies précédemment décrites. Le faciès dominant est un calcaire micritique à bioclastes. Il est très généralement bréchifié et karstifié sous l'effet de l'altération météorique. Bréchification et karstification sont antérieurs à l'éboulement des blocs.

Les mégablocs sont particulièrement durs et compacts. Ils sont utilisés comme pierres de taille, pour le soutènement des habitations.

De par leur taille imposante et leur position au-dessus de certains quartiers, ces éboulis mal stabilisés présentent un risque dont il faudra tenir compte lors de l'étude de l'aléa mouvements de terrain.

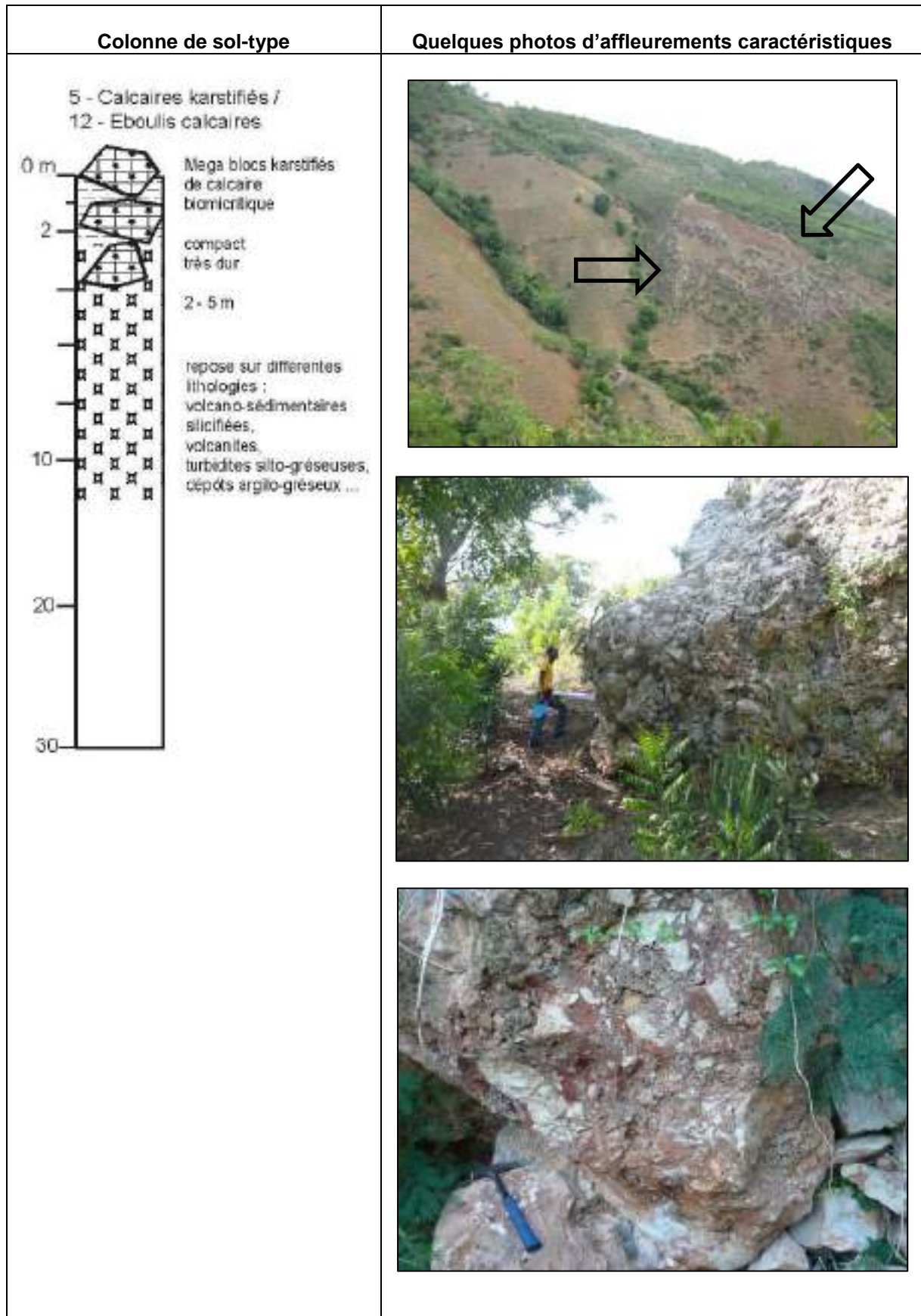


Illustration 12 : Différents faciès de calcaires bréchifiés et karstifiés (codes 20 et 90).

2.3.6. Dépôts de plaine alluviale (codes 70 et 80)

Ces dépôts s'étendent sur la totalité de la zone plate qui caractérise la plaine de Cap-Haïtien.

Il s'agit de dépôts classiques de plaine alluviale : limons brun à ocre, plus ou moins riches en matières organiques, comportant localement des horizons de silts et de sables. La présence de graviers et de sables grossiers atteste de l'existence d'anciens méandres (code 70), aujourd'hui abandonnés, parfois colonisés par la végétation.

L'épaisseur observée sur le terrain est au minimum de 6 m : épaisseur de limons reconnue dans un puits utilisé par une poterie locale. Le forage AEP de Balan a recoupé sur 100 m de longueur des sédiments argilo-sableux indifférenciés (STEACI, 2006). Les études effectuées pour la reconnaissance des aquifères de la Plaine du Nord (Peragallo, 1980 ; PNUD, 1991), font état d'un recouvrement pouvant aller jusqu'à plus de 300 m d'épaisseur dans la zone côtière (Illustration 13).

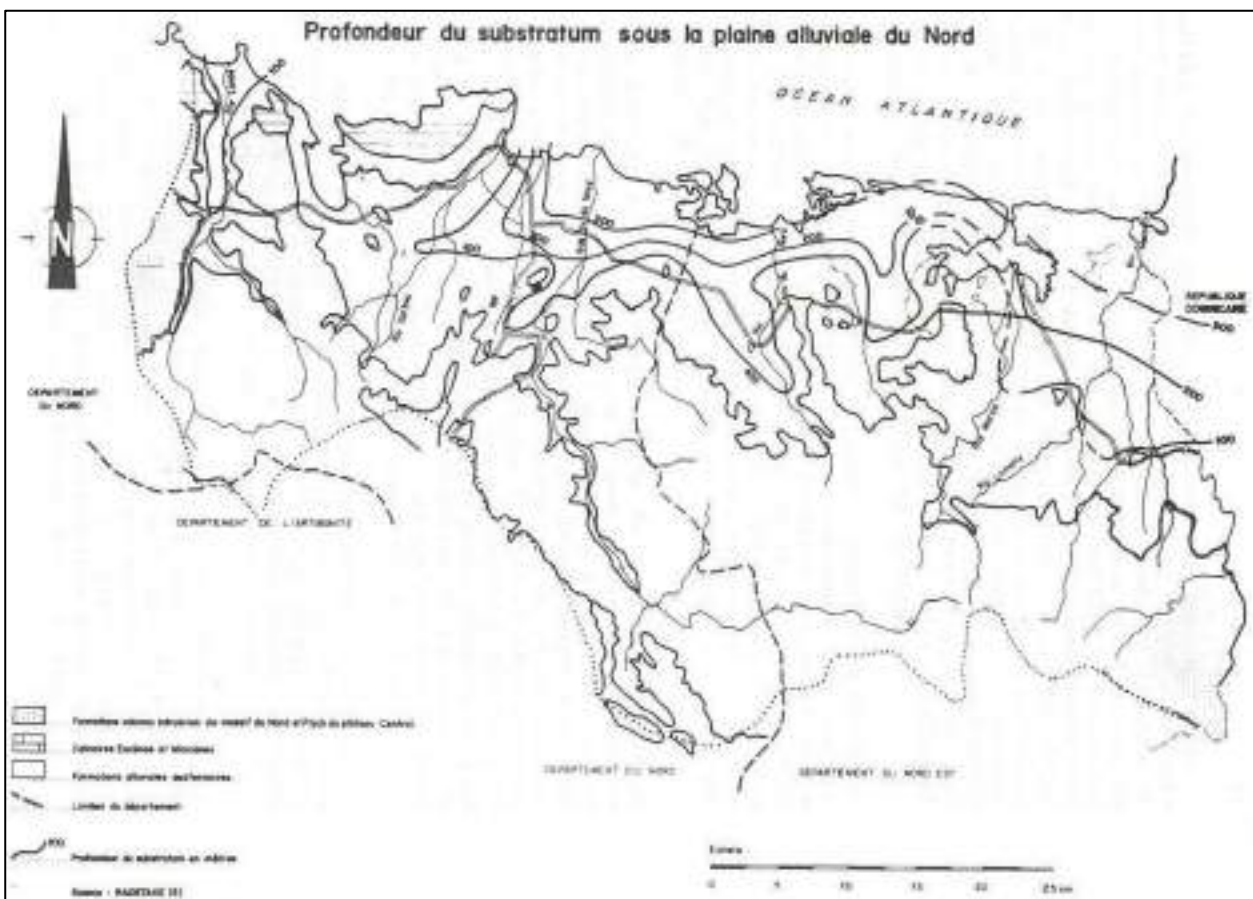


Illustration 13 : Carte de la profondeur du substratum sous la plaine alluviale de la plaine du Nord (PNUD, Projet HA/86/003, 1991).

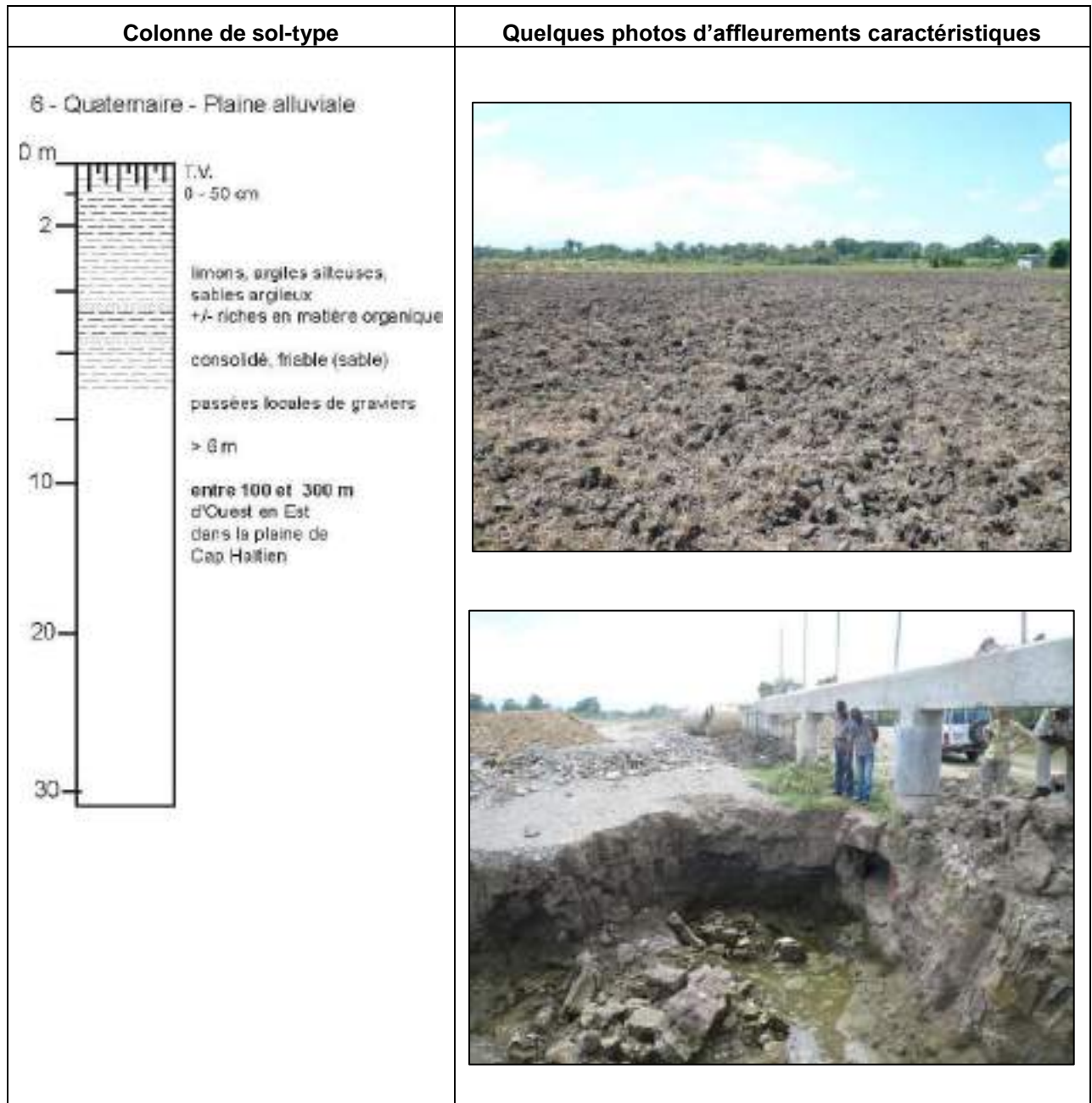


Illustration 14 : Limons de plaine alluviale (code 80).

2.3.7. Colluvions (code 60) et alluvions actuelles (code 10)

Les colluvions correspondent à des dépôts de piedmont, provenant de l'érosion des formations précédemment étudiées. Elles constituent un recouvrement incliné de quelques degrés, d'épaisseur pluri-métrique, entaillé et remanié par le réseau hydrographique actuel. Elles sont composées de sables argileux beige-brun à rougeâtre, consolidés mais meubles, à graviers et blocailles polygéniques anguleuses dont la taille peut atteindre plusieurs dizaines de centimètres. Ces dépôts s'organisent en séquences granoclassées, chenaliiformes, attestant d'une origine fluviale.

Une grande partie de la ville de Cap-Haïtien est construite sur ce faciès. C'est le cas en particulier du quartier La Voûte, au SW du secteur d'étude, où se localise un lit de rivière torrentielle, actif en période de pluies. Cette configuration constitue une zone particulièrement sensible aux glissements de terrain, d'autant plus que des constructions sont établies sur les bordures des levées de rivière.

Des alluvions actuelles se sont accumulées à l'estuaire de la rivière du Haut-du-Cap. Elles constituent des barres nettement visibles sur les images satellites. Elles se composent de sables à graviers et peuvent localement concentrer des déchets anthropiques (plastiques notamment).

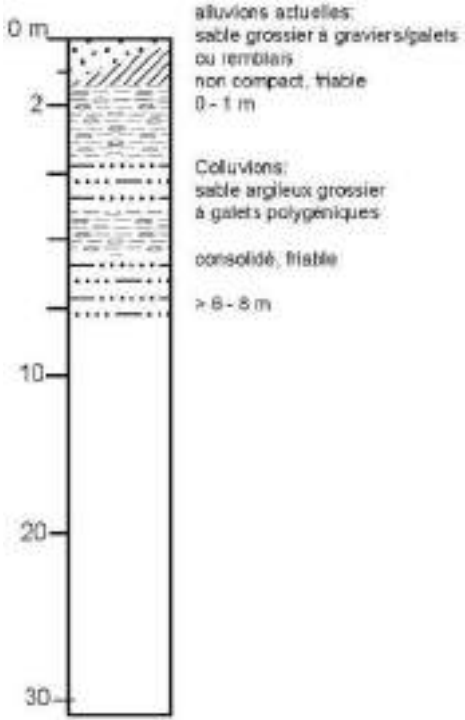

Colonne de sol-type	Quelques photos d'affleurements caractéristiques
<p>8 - Quaternaire - Colluvions 13 - Quaternaire - alluvions actuelles</p>  <p>0 m</p> <p>2</p> <p>10</p> <p>20</p> <p>30</p> <p>alluvions actuelles: sable grossier à graviers/galets ou remblais non compact, friable 0-1 m</p> <p>Colluvions: sable argileux grossier à galets polygéniques consolidé, friable > 6-8 m</p>	

Illustration 15 : Différents affleurements de colluvions (code 60).

2.3.8. Loupes de glissement et niches d'arrachement (code 50)

Il s'agit d'une vaste zone de glissement dont la cicatrice est bien visible dans le paysage, à l'aplomb du Morne Jean. L'éroulement affecte les calcaires du Miocène et la zone de glissement donne lieu à une topographie « moutonnée » sur le flanc du morne. Nous n'avons directement observé que le pied de l'éboulement, sur le haut du Quartier Goyard. On y observe des brèches à blocs et boulders de calcaires et de volcanites très altérés, dans une matrice friable argilo-calcaire. L'épaisseur ne peut pas être définie.

La colonne de sol associée, d'une épaisseur minimale de 10 m, représente des blocs de calcaires et de volcanites altérés liés par un matériel argilo-carbonaté pulvérulent.

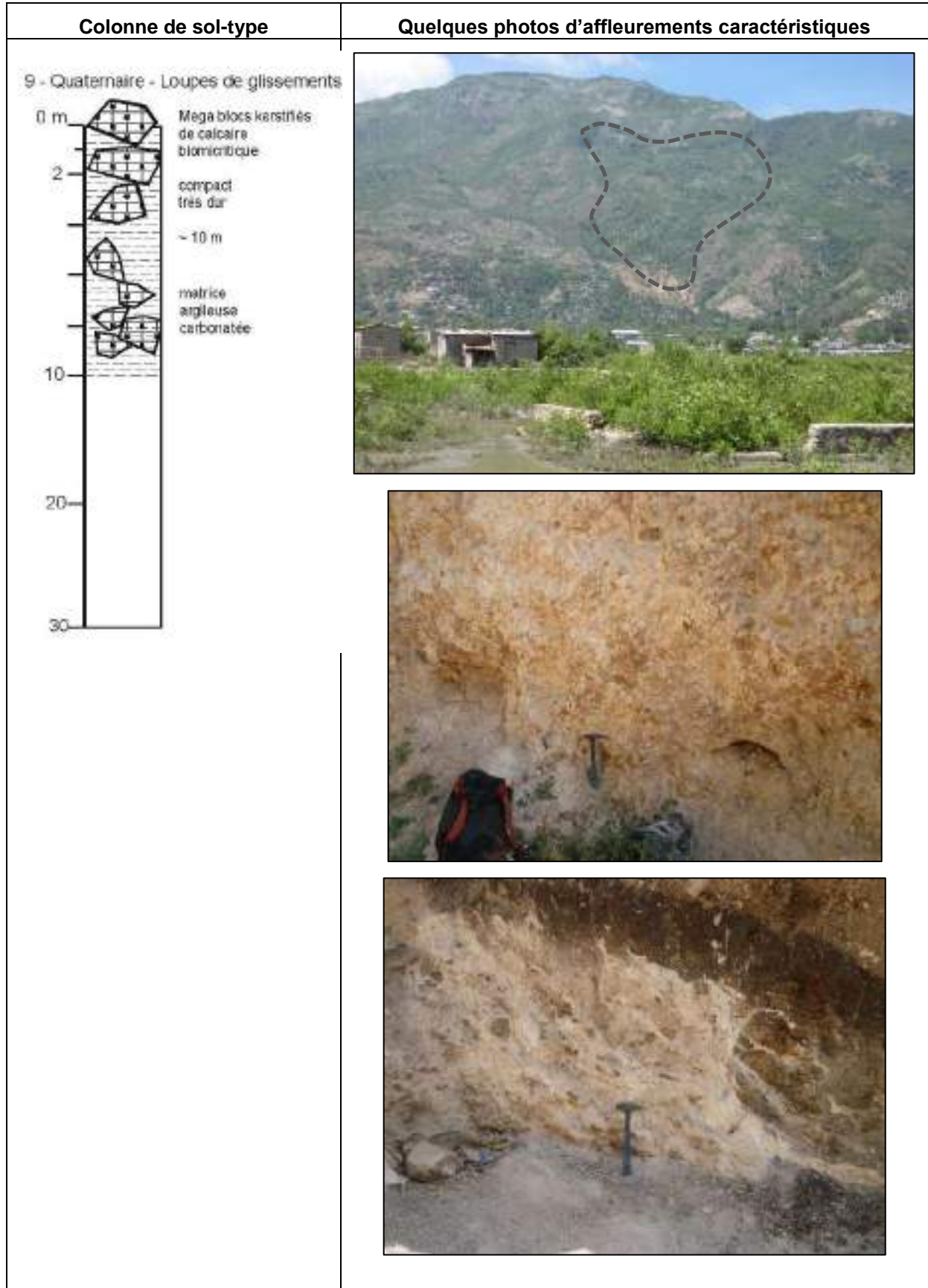


Illustration 16 : Loupe de glissement et faciès de brèche observés au pied de l'éboulis (code 50).

2.3.9. Zones marécageuses (code 40)

Nous avons regroupé sous ce terme :

- les zones marécageuses situées en bordure du littoral. Elles sont constituées de vases et de limons gorgés d'eau salée et toujours sous l'influence des marées. Malgré tout elles sont de plus en plus « colonisées » par les habitants : quartier de La Petite Anse, quartier Vaillant. Comme simple protection, les habitants se contentent d'étaler une mince couche de remblai, à base de quelques pierres et de déchets divers ;
- les zones marécageuses disséminées en différents endroits de la plaine alluviale des rivières du Haut-du-Cap et La Passe. Elles sont constituées de limons silto-argileux.

Les sols, composés de limons fins saturés en sel, sont compacts dans les zones sèches. A l'inverse, ils sont très plastiques dans les secteurs soumis à l'influence des marées ou lors des fortes pluies.

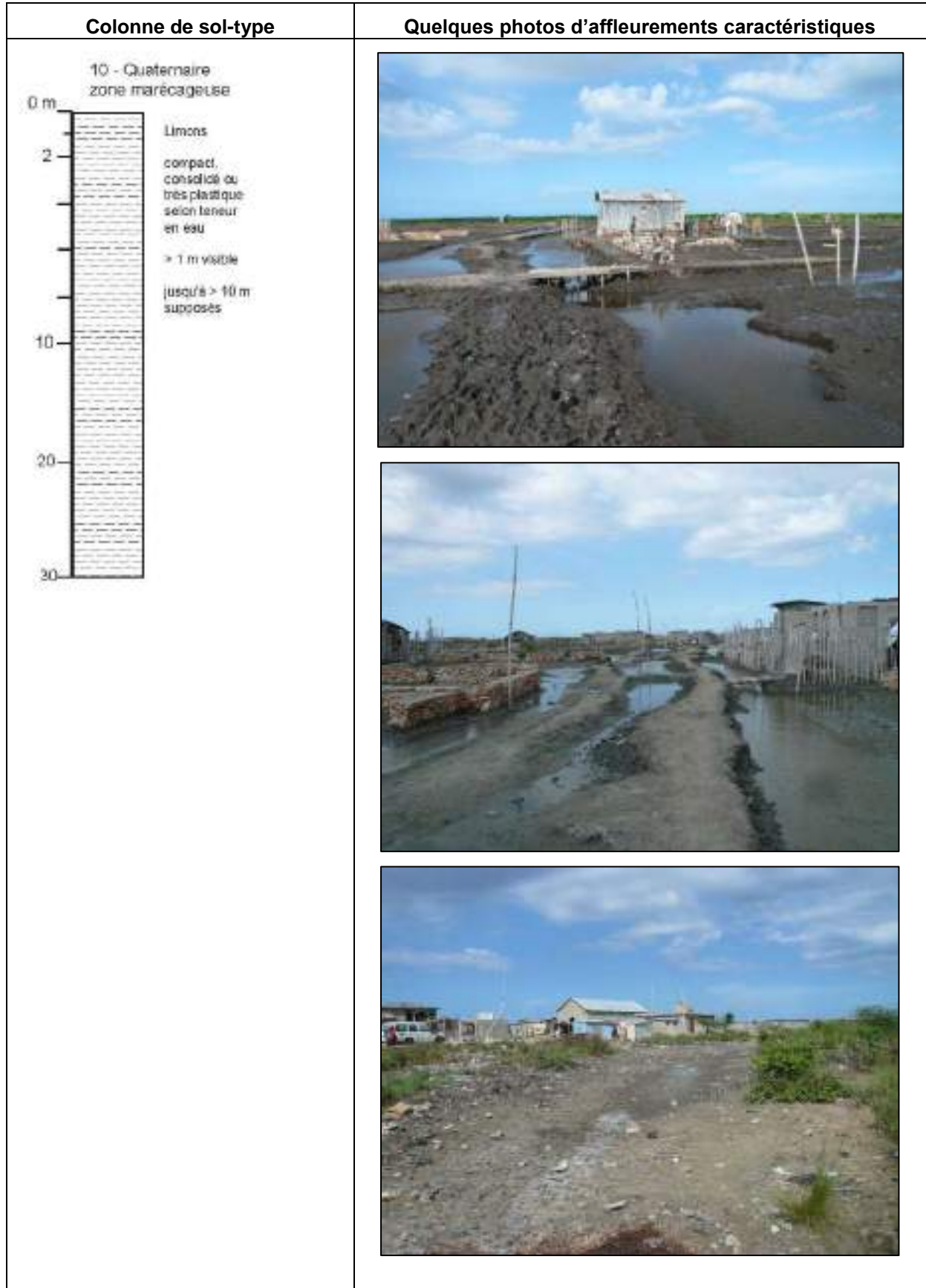


Illustration 17 : Zones marécageuses du littoral (code 40).

2.3.10. Cordon littoral (code 30)

Les cordons littoraux, composés de sables coquillers fins à grossiers et de silts argileux, sont préservés en bordure de plage dans la baie de La Petite Anse. Des déchets divers et variés s'intercalent dans ces dépôts remaniés par les courants.

Gorgés d'eau et de particules argileuses, ces dépôts sont donc particulièrement meubles et vasards.

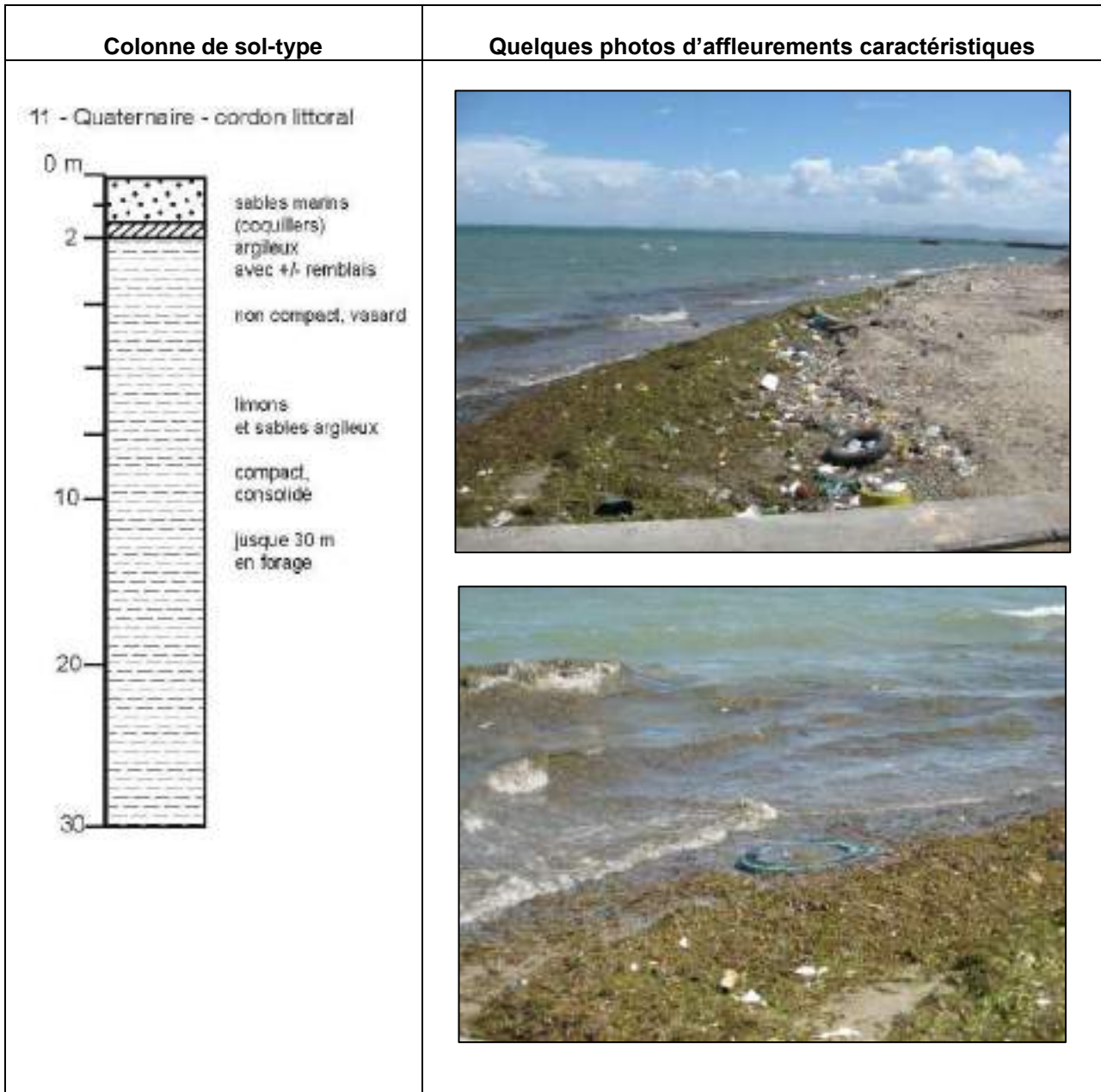


Illustration 18 : Cordon littotal (code 30).

2.3.11. Formations anthropiques (code 1)

Nous avons cartographié sous ce terme :

- le soubassement du complexe portuaire et de la centrale électrique, dont la réalisation est assez récente ;
- l'emprise de la piste avion et des principaux bâtiments de l'aéroport.

On ne connaît pas précisément la nature, l'épaisseur et le degré de compaction des matériaux utilisés pour remblayer ces secteurs.

A noter que le substratum géologique du centre-ville de Cap-Haïtien est totalement masqué par des remblais de toutes sortes qui ont accompagné le développement urbain de la ville.

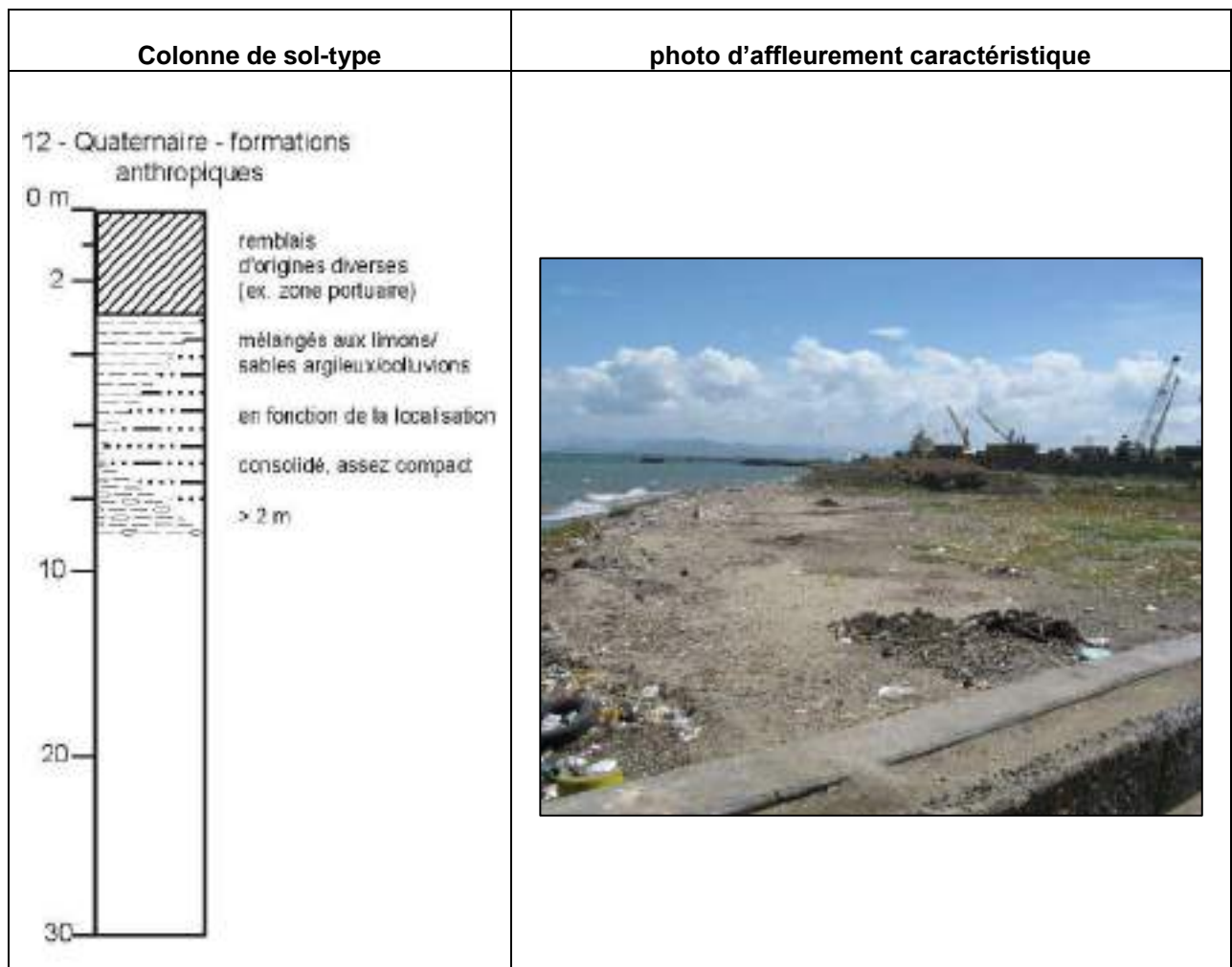


Illustration 19 : Remblais utilisés pour le soubassement des principales infrastructures (code 1).

2.4. APERÇU STRUCTURAL

Les relevés structuraux et la répartition des formations géologiques font apparaître un double réseau de fractures conjuguées, subverticales :

- N165°E à N200°E, particulièrement bien marqué dans la topographie par le découpage des reliefs ;
- N80°E à N120°E.

Mais il existe très probablement un accident beaucoup plus important qui passe au pied du Morne du Cap (Illustration 20), et dont la trace NNE-SSW est masquée par les colluvions quaternaires. Vers le Nord, cet accident vient se greffer sur la Faille Septentrionale. Il est à l'origine des brusques variations de pentages observés en plusieurs endroits, dans les cherty-tuffites rubanées qui affleurent au pied du Morne, notamment à Barrière Bouteille. En outre, il explique la rupture morphologique brutale qui existe entre la plaine de Cap-Haïtien, située entre 0 et 20 m d'altitude, et le promontoire du Morne du Cap, qui culmine à plus de 700 m d'altitude.

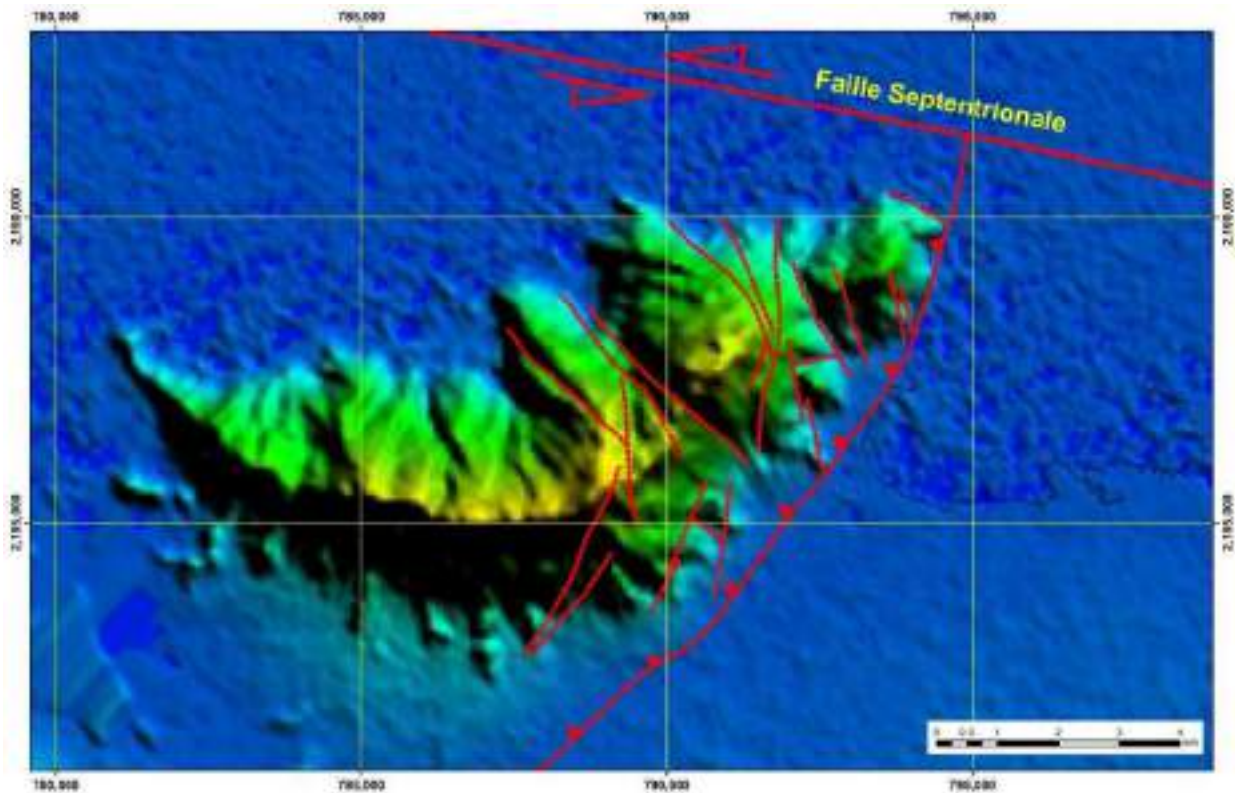


Illustration 20 : Morne du Cap. Carte structurale interprétative.

La coupe de l'illustration 21 montre qu'il pourrait s'agir d'une faille inverse affectant le flanc redressé d'un pli anticlinal, au cœur duquel se placerait le corps intrusif de tonalites.

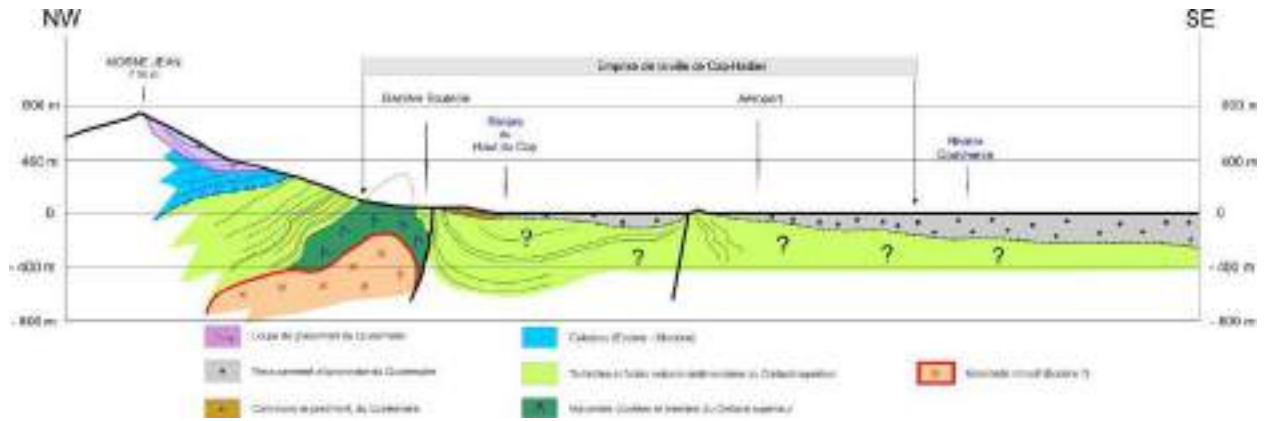


Illustration 21 : Coupe géologique interprétative du secteur de Cap-Haïtien.



Illustration 22 : Fracture N165°E-80°E affectant les volcanites du Crétacé.



Illustration 23 : Fracture N115°E - 78°S décalant des bancs de turbidites du Crétacé.

3. Secteur de Fort-Liberté

3.1. APERÇU GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

Le site de Fort-Liberté est exceptionnel : la ville est implantée au fond d'une baie presque fermée, la baie de Fort-Liberté, correspondant à une profonde échancrure du plateau récifal quaternaire. C'est une zone entièrement tabulaire située à moins de 10-15 m au-dessus du niveau marin actuel.

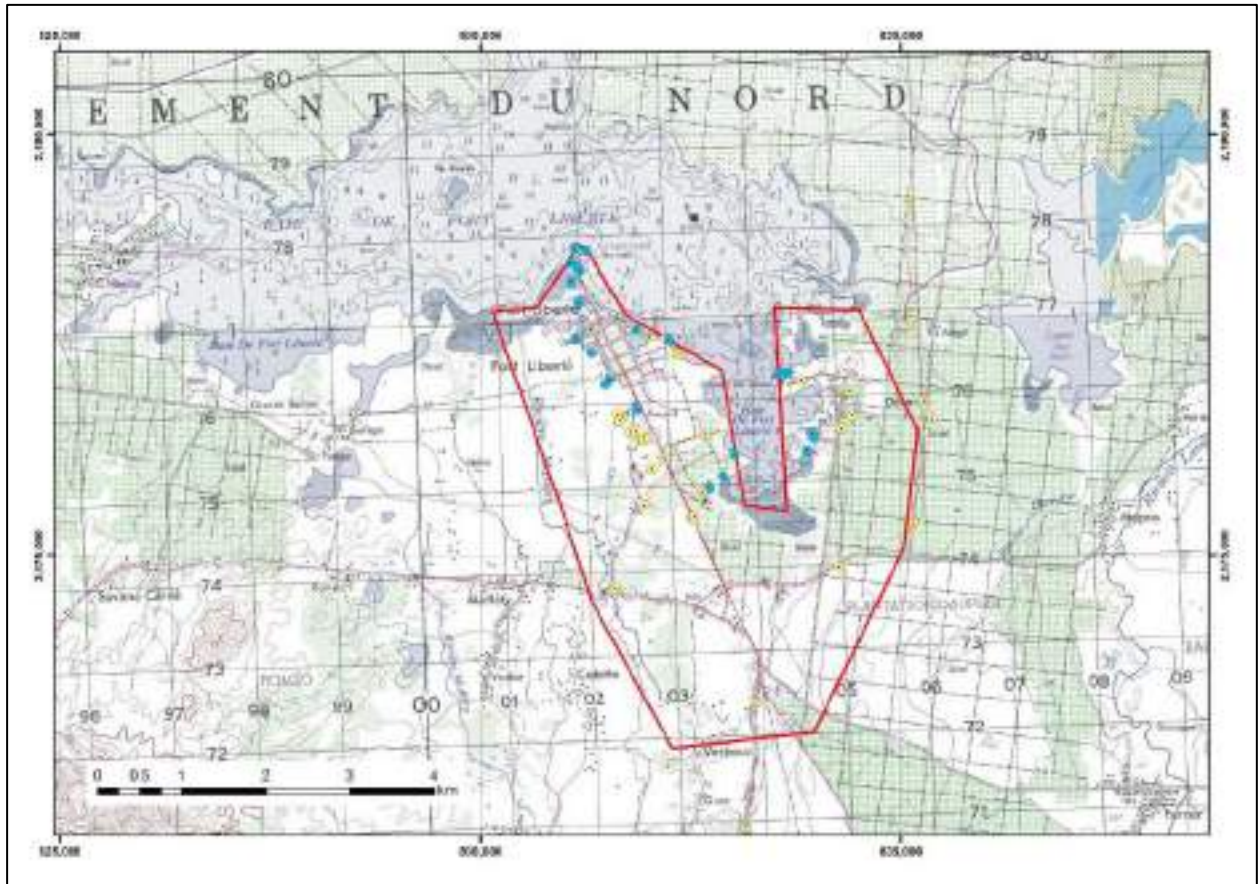


Illustration 24 : Localisation des points d'observation sur le secteur de Fort-Liberté.

L'environnement géologique est très différent de celui de Cap-Haïtien. Il est simplement composé de deux ensembles superposés et sub-horizontaux :

- à la base, les marno-calcaires de la Formation La Isabela ;
- au sommet, des recouvrements de sables, graviers et limons d'origine fluviale.

A cela s'ajoutent différents faciès littoraux dont l'extension est très limitée : limons de mangroves et de zones marécageuses.

Ces différents faciès sont attribués au Quaternaire.

3.2. DESCRIPTION DES PRINCIPAUX FACIES

3.2.1. Marno-calcaires de la Fm La Isabela (code 88)

Marnes sableuses et calcaires argileux bioclastiques, très riches en coquilles entières et/ou fragmentées : lamellibranches, brachiopodes, gastéropodes, Lambi, huîtres, coraux massifs en boules, coraux branchus digités, etc. Ces sédiments, et la faune associée, sont caractéristiques de dépôts de lagon protégé, à l'arrière d'une barrière récifale.

Ces dépôts sont compacts mais assez tendres et présentent localement des encroûtements, indurés et discontinus, de type caliche.

En République Dominicaine où elle a été décrite et datée, La Fm La Isabela est attribuée au Pléistocène inférieur-Holocène. Son épaisseur est très variable, et peut atteindre la centaine de mètres.

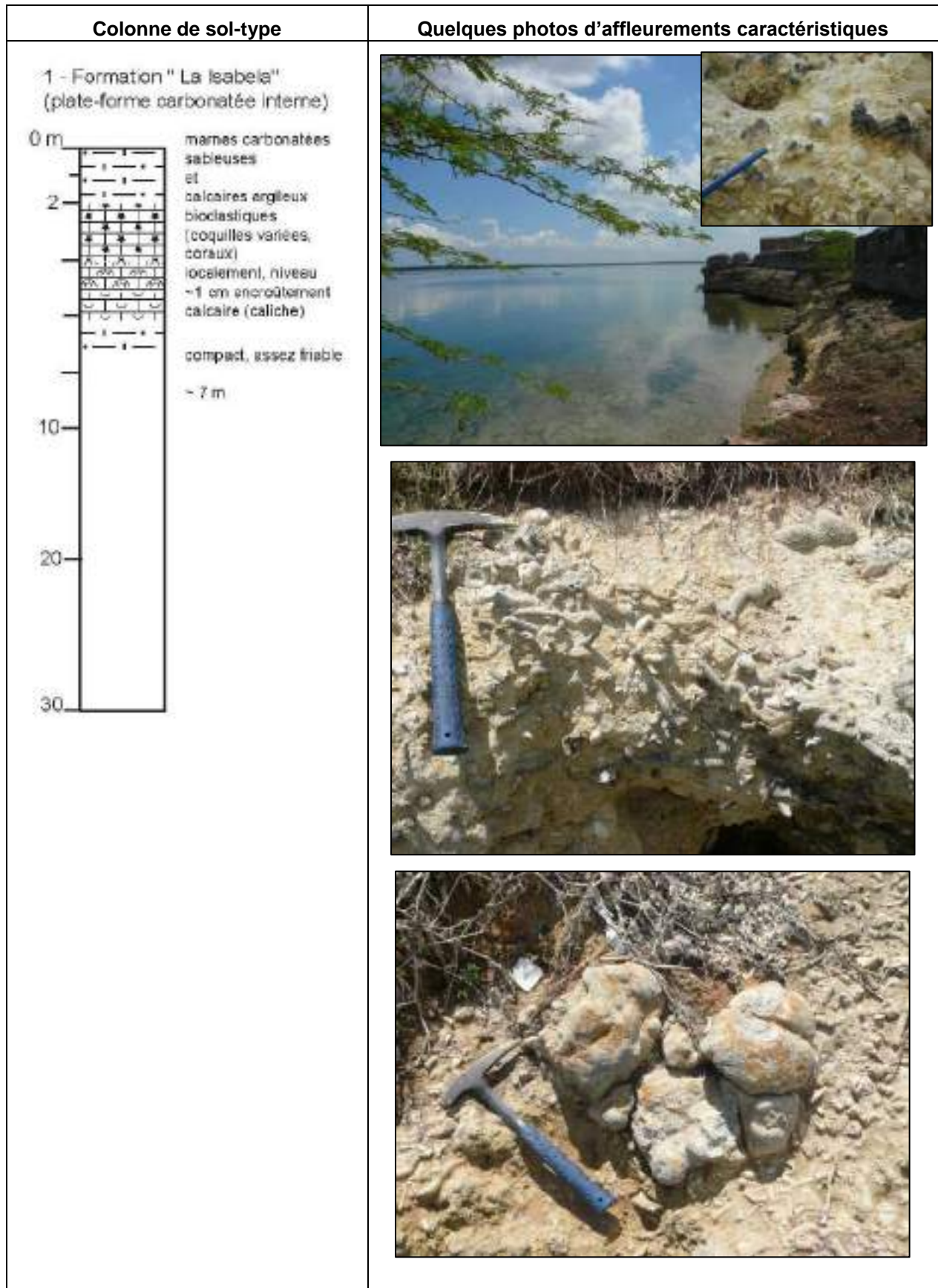


Illustration 25 : Marno-calcaires fossilifères de Fm La Isabela (code 88).

3.2.2. Recouvrements fluviatiles (code 85)

Ils surmontent les marno-calcaires de la Fm La Isabela, et sont particulièrement bien visibles dans les talus, de part et d'autre de la route d'accès à Fort-Liberté. Dans le paysage, ils occasionnent une morphologie en « boîte à œufs », et sont colonisés par des épineux (mimosas, sisal, cactus).

Ils correspondent à un ensemble de faciès détritiques variés et sont composés :

- de limons beiges, argilo-silteux, localement avec des paléosols à tubulures carbonatées,
- de sables grossiers, de couleur rouge orangé à marron clair,
- de niveaux à graviers et galets très émoussés, polygéniques, remaniant tous les faciès volcano-plutoniques du Crétacé de la Cordillère centrale.

Ils s'organisent en séquences d'épaisseur métrique, granoclassées, chenaliiformes, qui attestent d'une origine fluviale.

Ces dépôts représentent un ensemble hétérogène compact mais très peu consolidé, visible sur plus de 5 m d'épaisseur.

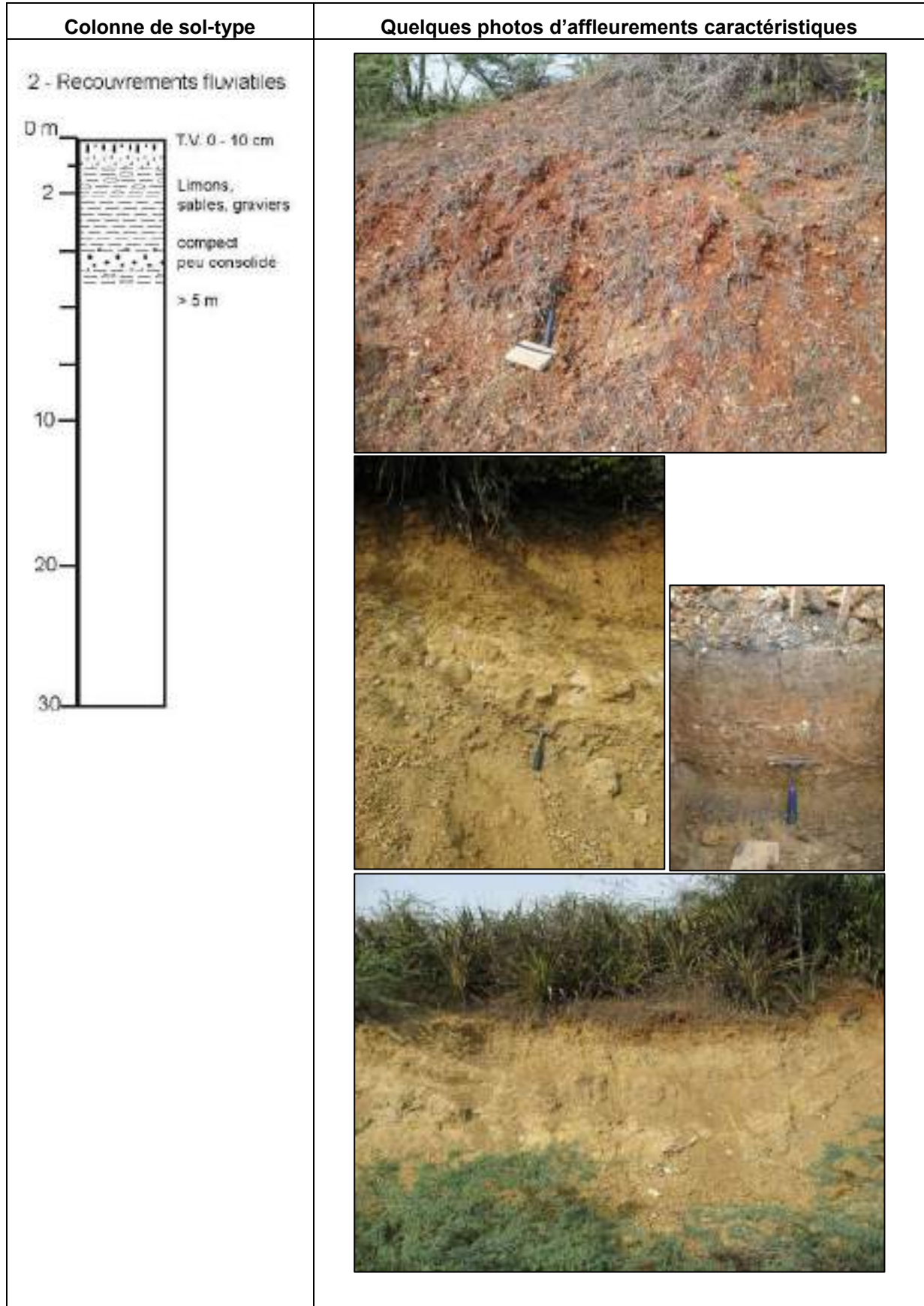


Illustration 26 : Recouvrements fluvio-deltaïques (code 85).

3.2.3. Recouvrements carbonatés (code 82)

Sous ce terme, nous avons défini un faciès localisé à l'Est du secteur d'étude de Fort Liberté, au-delà de Dérac. Il est topographiquement situé au-dessus des dépôts fluviatiles précédemment décrits.

Il s'agit d'un sol à blocailles et nodules rognonneux de calcaire d'origine algale (encroutements centimétriques de type oncolithe). Ces dépôts, dont l'épaisseur est inconnue, pourraient correspondre à la trace d'une surface d'érosion ancienne.

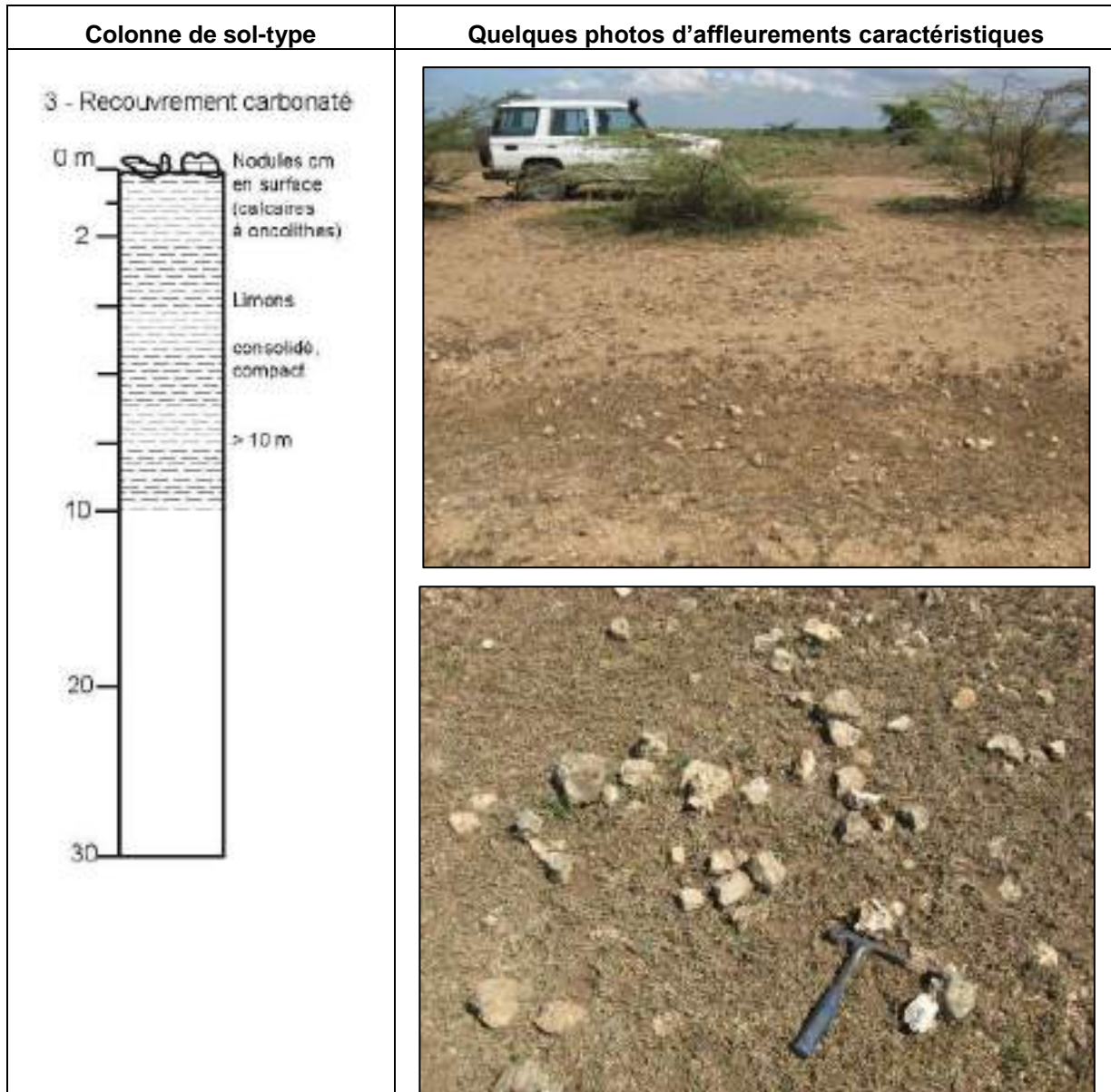


Illustration 27 : Sol à blocailles de calcaires à oncolithes (code 82).

3.2.4. Dépôts de plaine alluviale (code 80)

Ils correspondent à des sédiments fins, entrainés par les rivières. La principale est la rivière Marion, sur la partie ouest du secteur d'étude.

Il s'agit de limons beige brunâtre, souvent riches en matières organiques, valorisés pour les cultures vivrières et surtout la riziculture. Lorsqu'ils sont plus sableux, ils sont exploités comme matériau pour la confection du béton.

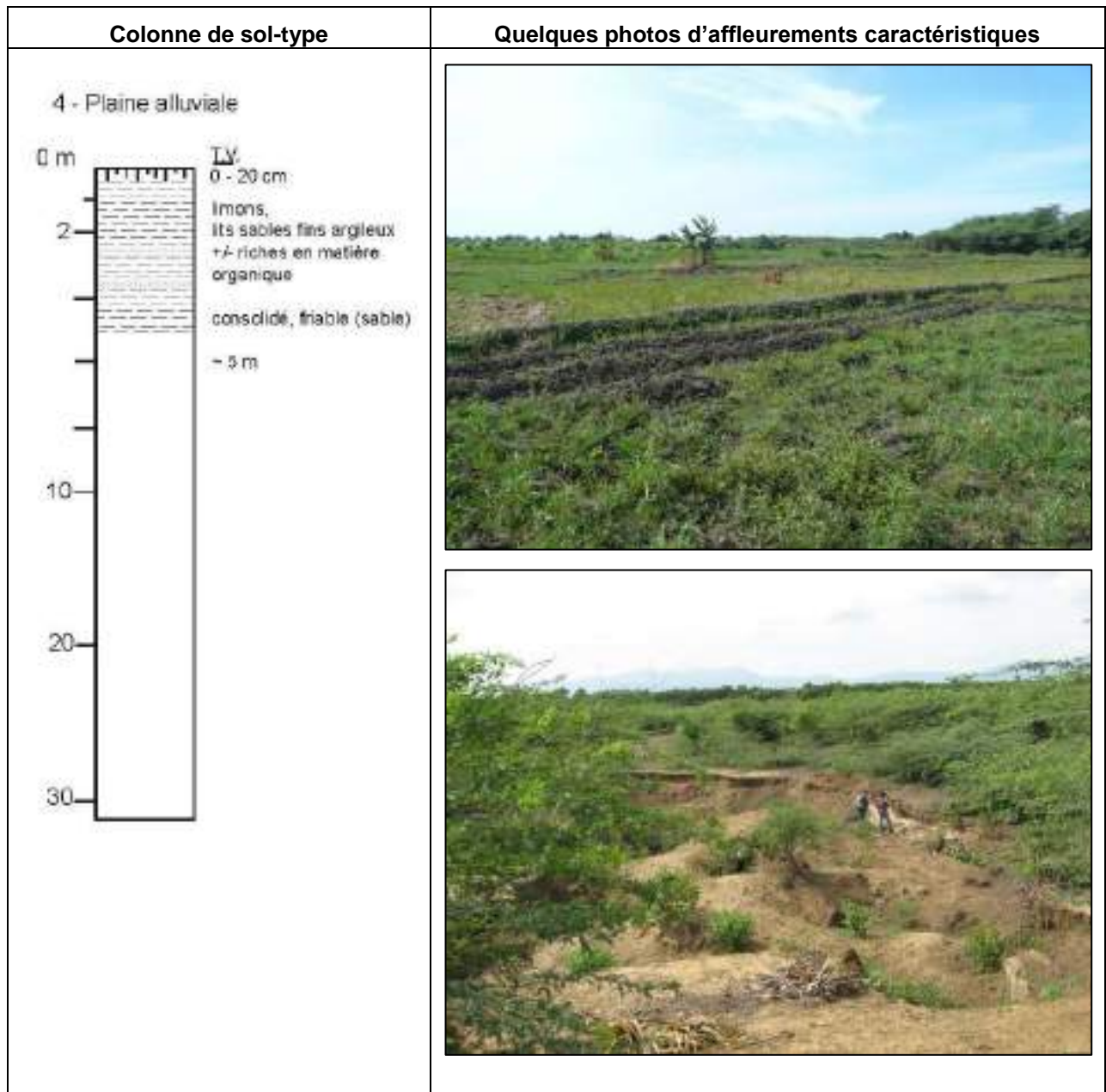


Illustration 28 : Dépôts de plaine alluviale (code 80).

3.2.5. Zones marécageuses (code 40) et mangroves (code 35)

Il s'agit de dépôts littoraux subactuels, cantonnés au bord de mer. Ils sont à dominante d'argiles et de limons fins, riches en matières organiques. Les zones marécageuses sont périodiquement recouvertes lors des hautes marées ; les mangroves sont toujours immergées.

A Fort-Liberté et Dérac, les vasières marécageuses sont exploitées de façon artisanale pour leur contenu en sel.

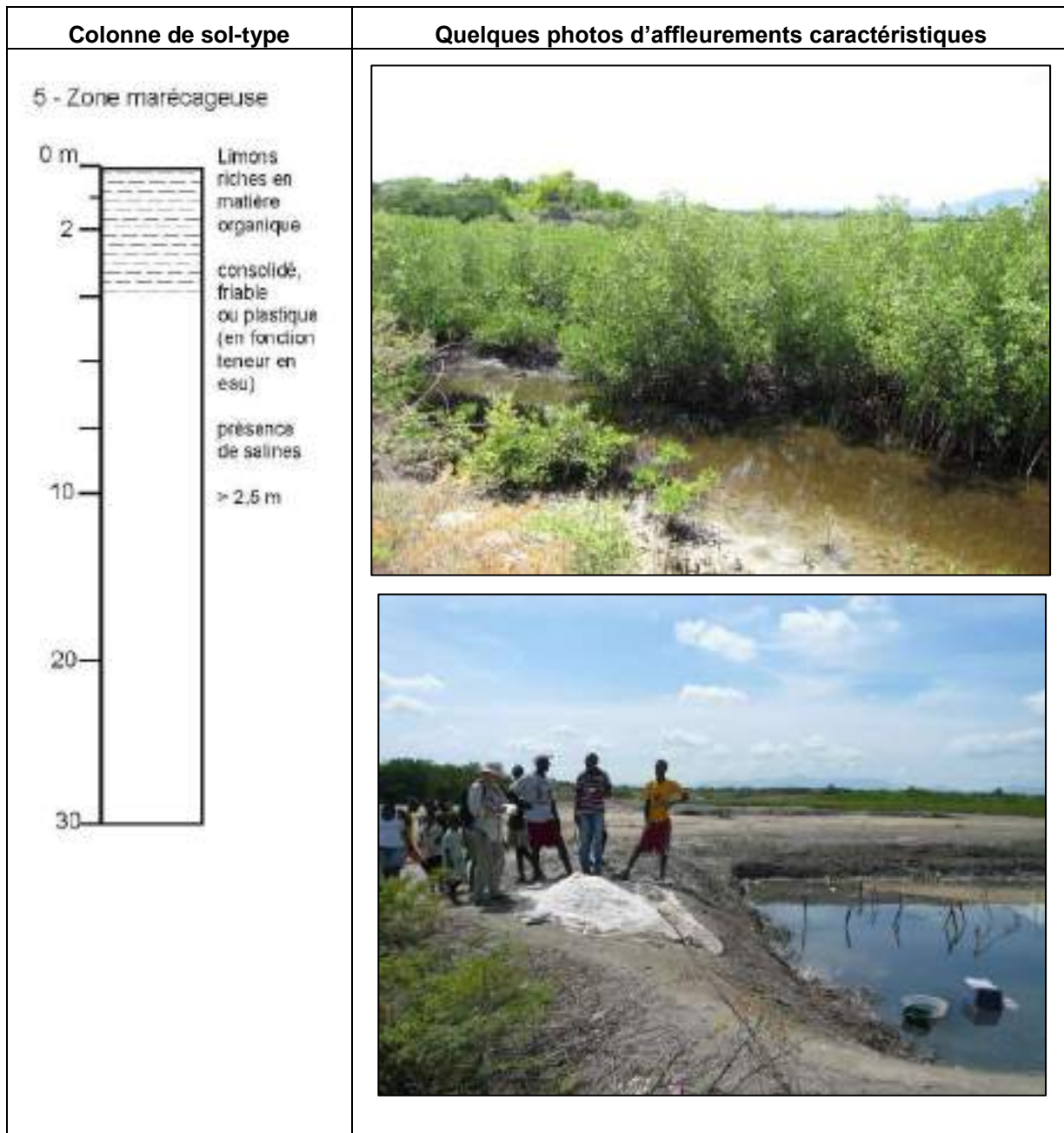


Illustration 29 : Zones marécageuses et mangroves (codes 40 et 35).

3.3. APERÇU STRUCTURAL

La Fm La Isabela et les recouvrements alluviaux sont horizontaux. Le seul pendage mesuré dans les marno-calcaires indique un pendage de 4° vers le NNW, peu significatif compte tenu de la précision de la boussole.

Aucune faille n'a été relevée. La Faille Septentrionale est située plus au Nord ; son tracé correspond certainement à l'escarpement rectiligne de la côte, à 5-6 km au Nord de Fort-Liberté.

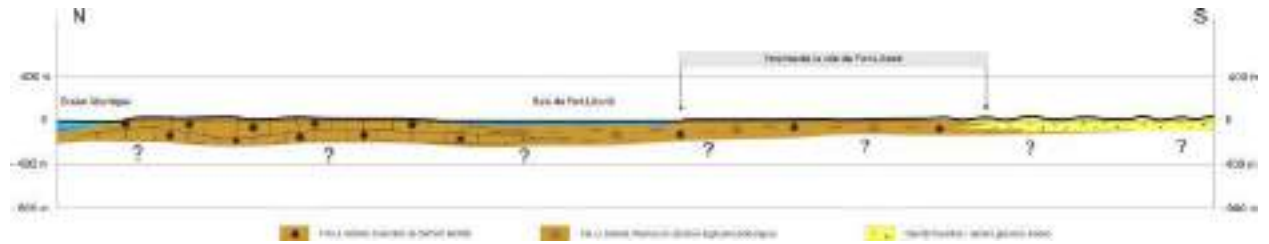


Illustration 30 : Coupe géologique interprétative du secteur de Fort-Liberté.

4. Secteur de Ouanaminthe

4.1. APERÇU GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

Ouanaminthe se situe à l'extrême Est de la Plaine du Nord, à la frontière avec la République Dominicaine, en vis-à-vis de la ville de Dajabon. Seules, la rivière Canari à l'Ouest et la rivière du Massacre à l'Est, entaillent le paysage plat de la plaine d'inondation.

Les observations de terrain ont mis en évidence 5 formations géologiques, mais les colonnes de sols ne sont présentées que pour celles dont les lithologies sont majoritaires sur la superficie de la zone d'étude. La formation la plus ancienne est attribuée au Miocène, les quatre autres sont rapportées au Quaternaire.

Compte tenu du faible relief, les affleurements sont limités aux berges et aux lits des rivières, aux puits et aux fondations des habitations.

Des forages ont été réalisés sur la zone, notamment pour la réalisation du réseau d'alimentation en eau potable de la ville. D'après ce qui nous a été rapporté, les sondages effectués pour la construction du château d'eau ont atteint le substratum induré à 20 m de profondeur.

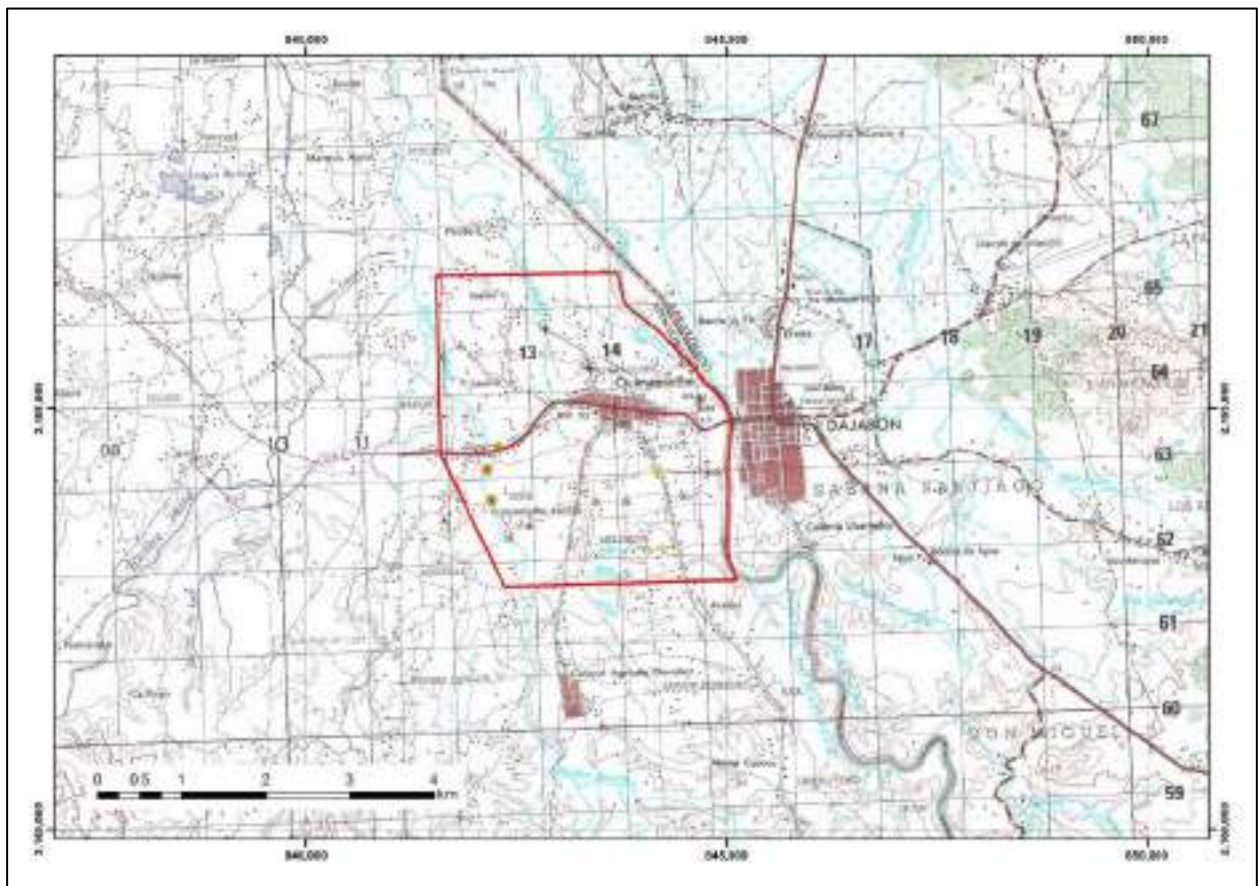


Illustration 31 : Localisation des points d'observation sur le secteur de Ouanaminthe.

4.2. DESCRIPTION DES PRINCIPAUX FACIES

4.2.1. Arénites et conglomérats de la Fm Cercado (code 95)

Le substratum néogène affleure de manière ponctuelle en quelques endroits de la rivière Canari. Il est composé d'arénites grossières, de grès et de conglomérats polygéniques en bancs pluri-décimétriques à métriques. Par analogie avec ce qui est décrit en République Dominicaine, nous avons attribués ces faciès à la Formation Cercado (Miocène supérieur).



Illustration 32 : Affleurements caractéristiques des arénites, grès et conglomérats attribués à la Fm Cercado (code 95).

4.2.2. Dépôts de plaine alluviale (code 80)

Ils recouvrent plus de 90% du secteur d'étude et sont composés essentiellement de limons et de sables quelques fois riches en minéraux lourds.

Ces dépôts constituent un placage dont l'épaisseur est supérieure à 3-4 m sur les berges de la rivière Canari, et qui va en augmentant vers la rivière du Massacre où un sondage géotechnique en a recoupés sur 20 m.

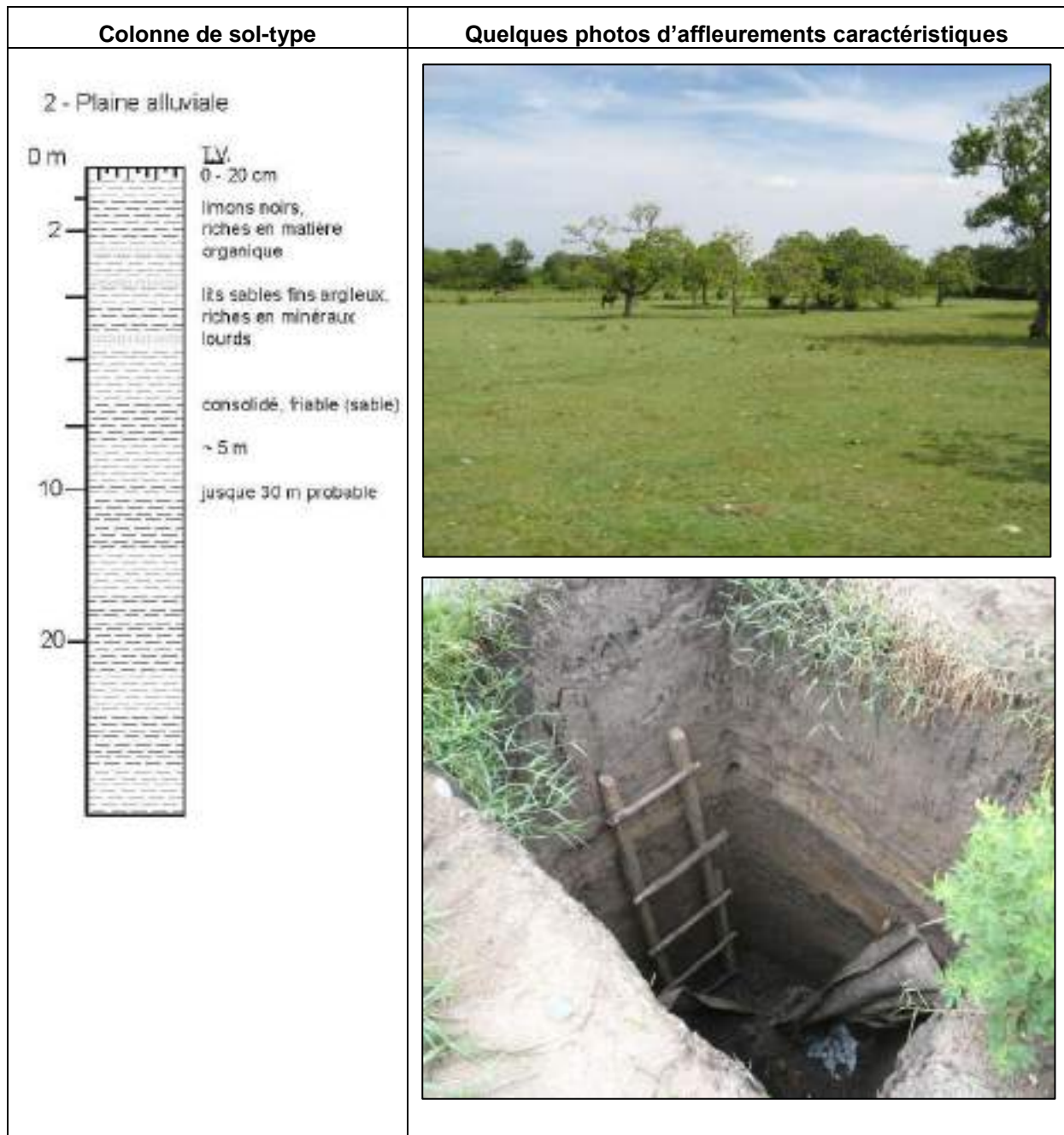


Illustration 33 : Plaine alluviale de la région de Ouanaminthe (code 2).

4.2.3. Zones marécageuses (code 40)

Il s'agit de petits secteurs isolés, localisés en périphérie de la zone urbaine, vers le Sud. Ils correspondent à de petites dépressions humides, composées majoritairement de limons riches en matière organique.

Ces secteurs ne présentent pas de caractéristiques particulières nécessitant la réalisation d'une colonne de sols.

4.2.4. Méandres abandonnés (code 70)

Composés d'un mélange de sables fins à grossiers, de graviers et de quelques galets, ils témoignent de l'ancien lit de rivière aujourd'hui abandonné. Les berges, hautes d'un mètre environ, restent visibles dans le paysage.

4.2.5. Basse terrasse de la rivière du Massacre (code 15)

La plaine d'inondation associée à la rivière du Massacre, est constituée de limons, de silts argileux et d'horizons de sable. Le sable est exploité en plusieurs endroits dans le lit vif de la rivière.

Ces dépôts sont non consolidés et meubles.

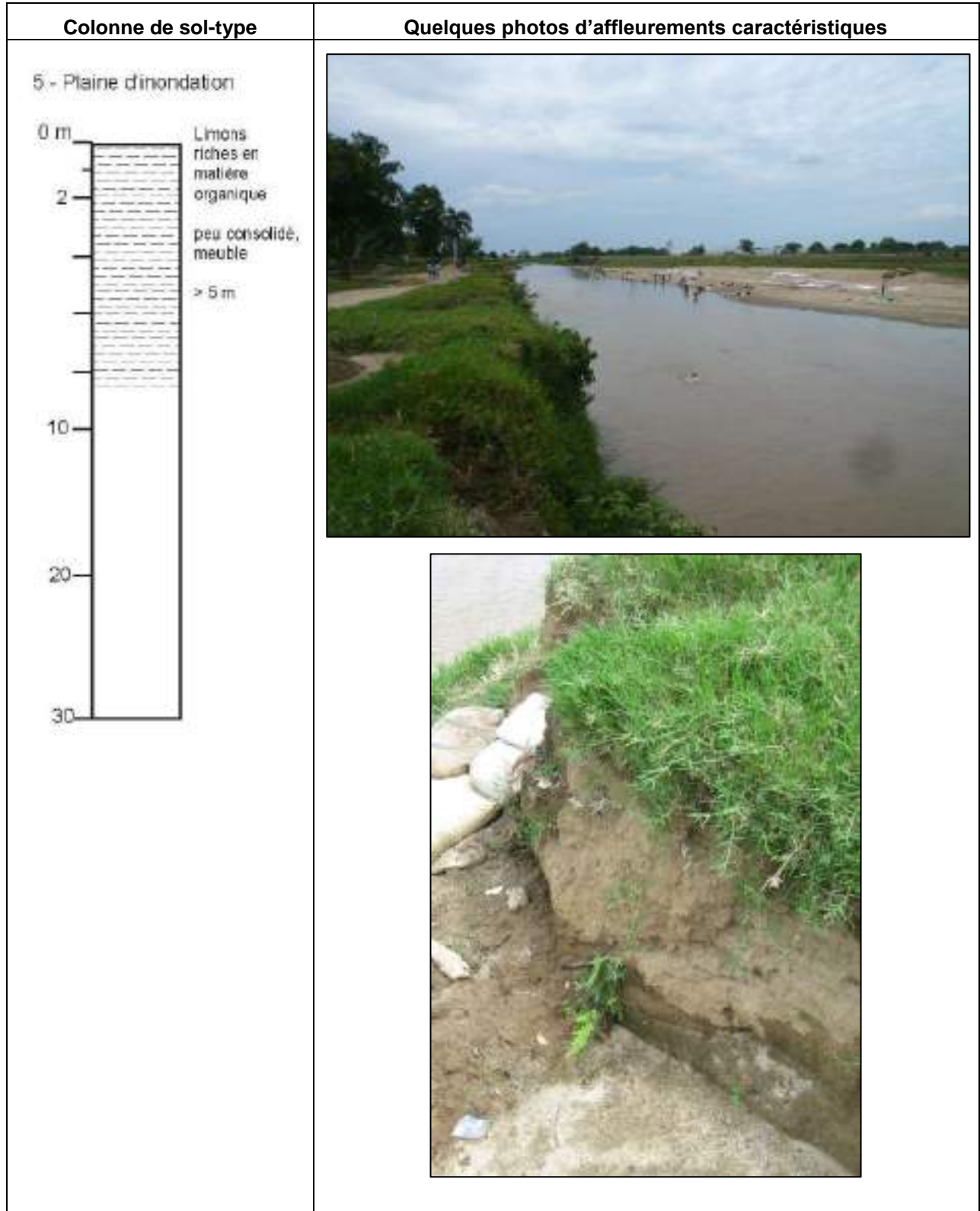


Illustration 34 : Plaine d'inondation de la rivière du Massacre (code 15).

4.3. APERÇU STRUCTURAL

Le substratum néogène est incliné vers le NW, avec un pendage de 15-20°. Il est très largement recouvert par des dépôts détritiques fins d'origine fluviatile. Aucune faille ne semble affecter ces formations, mais les conditions d'affleurement sur ce secteur sont particulièrement mauvaises et ne permettent pas de porter un jugement étayé sur la structuration du substratum rocheux. Un rapide examen des données de géophysique aéroportée de cette zone (Newmont, 2009), ne semble pas indiquer de discontinuité structurale importante.

5. Documents consultés

B.M.E. (1982-1988) - Carte géologique à 1/250 000 de la République d'Haïti (en 4 feuilles) – Editeur C.E.R.C.G. IMAGEO, CNRS, Paris : 1- Bien Aimé Monplaisir R., Boisson D. (1987) : feuille Sud-Est (feuille de Port-au-Prince)- 2- Boisson D., Pubellier M. (1987) : feuille Nord-Est (feuille de Cap-Haïtien) – 3- Pubellier M., Boisson D. (1988) : feuille Nord-Ouest (feuille de Môle St Nicolas) – 4- Amilcar H., Bien Aimé Monplaisir R. (1988) : feuille du Sud-Ouest (feuille des Cayes).

Calais E. (2002) - L'aléa sismique en Haïti. Cadre géographique et temporel. Programme d'appui à la mise en œuvre d'un plan national de gestion du risque et de prévention des désastres. Cours intensif. Port-au-Prince, Haïti, 7 octobre 2002, 26 p.

Duplan L. (1974) - Etude photogéologique de la région Nord d'Haïti, Nations Unies, Projet de développement minier. Rapport inédit SNEA (P).

Escuder Viruete J., Díaz de Neira J.A., Hernáiz Huerta P.P., Monthel J., García Senz J., Joubert M., Lopera E., Ullrich T., Friedman R., Mortensen J., Pérez-Estaún A. (2006) - Magmatic relationships and ages of Caribbean Island arc tholeiites, boninites and related felsic rocks, Dominican Republic. *Lithos*, Vol. 90, Issues 3-4.

García-Senz J., Monthel J., Díaz de Neira J.A., Hernaiz Huerta P.P., Calvo J.P., Escuder Viruete J. (2007) - Estratigrafía del Cretácico Superior de la Cordillera Oriental de la República Dominicana. *Boletín Geológico y Minero*, 118 (2), pp. 269-292.

Newmont Mining Corporation (2009) - Northern Haiti. Airborne Geophysical Survey. December 2008/February 2009, 17 p.

Peragallo J. (1980) - Organisme de développement du Nord. Reconnaissance géophysique des alluvions de la Plaine du Nord (Haïti). Rapport BRGM 80 GPH 039, 22 p., 11 fig., 4 pl., 5 ann.

PNUD (1991) - République d'Haïti. Projet HAI/86/003. Développement et gestion des ressources en eau. Disponibilité en eau et adéquation aux besoins. Volume II Région Nord. Rapport technique.

Prépetit Cl. (2011) - La menace sismique en Haïti. Hier, aujourd'hui et demain. Pour que la menace ne soit plus oubliée. Edition de l'Université d'Etat d'Haïti, 298 p.

Prépetit Cl., Jean Ph., Jean-Baptiste M., Jean-Poix Cl. (2012) - Plan séisme Nord. Projet de micro-zonage sismique. Compte rendu de la mission géologique au Cap-Haïtien. Rapport du BME, 31 p.

STEACI (2006) - Forage SNEP URSEP, Balan Cap Haitien, Forage de puits, développement à l'air lift, pompage d'essai, Société Technique d'Architecture et d'Ingénierie S.A., mars 2006.

UTSIG (2003) - Inventaire biophysique du Nord-Est. Plan d'Actions Départemental pour l'Environnement et le Développement Durable, 52 p.



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