

Atlas des menaces naturelles en Haïti



© Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire.
19, Ruelle Chériez, Port-au-Prince, Haïti. www.ciat.gouv.ht
Téléphone : +509 2811-0003
www.ciat.gouv.ht

Dépôt légal : 17-02-51

Bibliothèque Nationale d'Haïti
ISBN 978-99970-4-871 -4

Pour tous renseignements sur les droits et licences, s'adresser au service des publications et de la diffusion des connaissances du Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire.
19, Ruelle Chériez, Port-au-Prince, Haïti. www.ciat.gouv.ht
Téléphone : +509 2811-0003 ; courriel : info@ciat.gouv.ht

Atlas des menaces naturelles en Haïti

Cet Atlas a été réalisé par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM, France) en coordination avec le Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire (CIAT) sur financement de la Banque mondiale (BM) et de la Facilité mondiale pour la prévention des risques de catastrophes et le relèvement (GFDRR, sigle en anglais).

Plusieurs Organismes techniques haïtiens ont également contribué à la réalisation de l'ouvrage : Bureau des Mines et de l'Energie (BME), Centre National de l'Information Géo-Spatiale (CNIGS), Centre National de Météorologie (CNM), Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics (LNBTP) et Service Maritime et de Navigation d'Haïti (SEMANAH).

Auteurs : Monique Terrier, Jean-Philippe Rançon, Didier Bertil, Frédéric Chêne, Jean-François Desprats, Sophie Lecacheux, Sylvestre Le Roy, Philippe Stollsteiner, Olivier Bouc (BRGM) ; Marc Raynal (CIAT).

Contributeurs : Claude Prépetit (BME) ; Bobby Piard et Pierre Versaille (CNIGS) ; Ronald Semelfort (CNM) ; Gérard Metayer (SEMANAH) ; Yves-Fritz Joseph (LNBTP) ; Sergio Dell'Anna (BM).

Conception graphique : Ultra Designs (www.ultradesigns.com)

Éditeurs : Bradley Lyon et Rafael Van der Borgh (BM) ; Monique Terrier et Jean-Philippe Rançon (BRGM).

Photographie de couverture : Image satellite DigitalGlobe du 10 février 2016

Atlas des menaces naturelles en Haïti



Préface

Avec le séisme du 12 janvier 2010 et l'ouragan Matthew en novembre 2016, Haïti a redécouvert, de façon brutale, les menaces naturelles. Les leçons des années précédentes avaient, elles aussi, été sévères : les morts de Gonaïves, de Fonds-Verrettes et de Mapou à la suite des inondations de 2004 sont encore dans les mémoires. Pays fragile, pays vulnérable sur le passage des cyclones et à la frontière de deux plaques tectoniques, Haïti doit gérer des risques naturels majeurs qui se traduisent périodiquement en milliers de morts, sans compter les pertes matérielles. Pour gérer ces risques, il faut les connaître. C'est l'ambition de cet atlas que d'offrir cette connaissance au plus grand nombre possible d'Haïtiens.

Cet ouvrage est une synthèse de l'ensemble des études réalisées depuis plus de quinze ans sur les risques naturels en Haïti. L'information est organisée de manière homogène dans un effort soutenu de vulgarisation pour aider à sortir du langage technique des spécialistes.

Il a comme premier objectif de fournir à différents publics, dont les décideurs nationaux et locaux, l'information concernant l'exposition aux phénomènes naturels dangereux de

l'espace national. Il informe sur chaque type de menace naturelle affectant le territoire haïtien : description, zone d'extension et effets.

L'atlas se veut pédagogique et visuel : des schémas et des documents cartographiques ont pour objectif de rendre les phénomènes plus simples à comprendre, à maîtriser pour le lecteur.

Le message que nous tentons de faire passer est simple : il faut connaître les phénomènes naturels pour savoir comment s'en protéger. Les aléas naturels majeurs ne se transforment en catastrophes que parce qu'ils ne sont pas pris en compte dans les décisions de tous les jours : où et comment construire une maison, un ouvrage d'art, des infrastructures routières, des réseaux ? Le citoyen et l'État sont responsables face aux risques naturels.

L'action de l'homme transforme souvent la menace en risque lorsque, par exemple, le citoyen construit sa maison dans le lit d'une ravine et que la mairie ... laisse faire.

Nous espérons que cet atlas se fera une place dans les travaux d'aménagement du territoire et que sa qualité en fera une référence pour ceux qui gèrent ou occupent l'espace haïtien.



Michèle Oriol

Secrétaire Exécutif du CIAT

Table des matières

Préface	iii
Acronymes et abréviations utilisés dans cet ouvrage.....	vii

Cadre général	1
Pourquoi un atlas des menaces naturelles ?	1
Des éléments du vocabulaire des risques	2
Le contexte géographique et géodynamique	4
L'organisation administrative	8
La population.....	9
Le contexte économique	10
La problématique des risques naturels en Haïti.....	10
L'impact du changement climatique en Haïti.....	11

La menace Cyclone	15
Qu'est-ce qu'un cyclone ?.....	16
Les phénomènes dangereux liés aux cyclones.....	17
Le phénomène cyclonique en Haïti (vent et submersion marine).....	18
Conséquences sur les personnes, les biens et l'environnement.....	19
Les événements cycloniques catastrophiques en Haïti au cours du XXème siècle.....	19

La menace Inondation	21
Qu'est-ce qu'une inondation ?	22
Qu'est-ce qu'une crue ?	23
Les inondations historiques catastrophiques en Haïti.....	24
Cartographie de la menace inondation	25

La menace Erosion des sols	33
Qu'est-ce que l'érosion des sols ?	34
Les facteurs de l'érosion	35
Des conséquences multiples.....	36
La situation de l'érosion en Haïti.....	36
Cartographie de la menace érosion des sols.....	37

La menace Mouvement de terrain	39
Qu'est-ce qu'un mouvement de terrain ?	40
Mouvements de terrain historiques majeurs d'Haïti	41
Cartographie de la menace mouvement de terrain.....	43

La menace Séisme	49
Qu'est-ce qu'un séisme ?	50
Evaluation de la menace sismique	51
Pourquoi des séismes en Haïti ?	52
Les événements sismiques majeurs en Haïti	53
Le séisme du 12 janvier 2010	55
Cartographie de la menace séisme.....	58

La menace Tsunami	63
Qu'est-ce qu'un tsunami ?	64
L'exposition des côtes d'Haïti aux tsunamis	64
Les effets sur le littoral.....	64
Cartographie de la menace tsunami.....	67

La menace Sécheresse71

Qu'est-ce que la sécheresse ?	72
Les sécheresses historiques exceptionnelles en Haïti.....	72
Le contexte pluviométrique d'Haïti	73
L'impact du phénomène El Niño sur Haïti	74

La prévention des risques naturels 75

Quelques notions.....	76
L'organisation de la réponse en Haïti	77
Exemples d'actions de prévention contre les menaces naturelles en Haïti.....	79
La menace Cyclone	80
La menace Inondation.....	83
La menace Erosion des sols	84
La menace Mouvement de terrain	86
La menace Séisme.....	88
La menace Tsunami	90
La menace Sécheresse	91
Principales études d'évaluation et de cartographie des risques naturels réalisées en Haïti.....	93
Références citées dans le texte.....	100
Pour aller plus loin	102

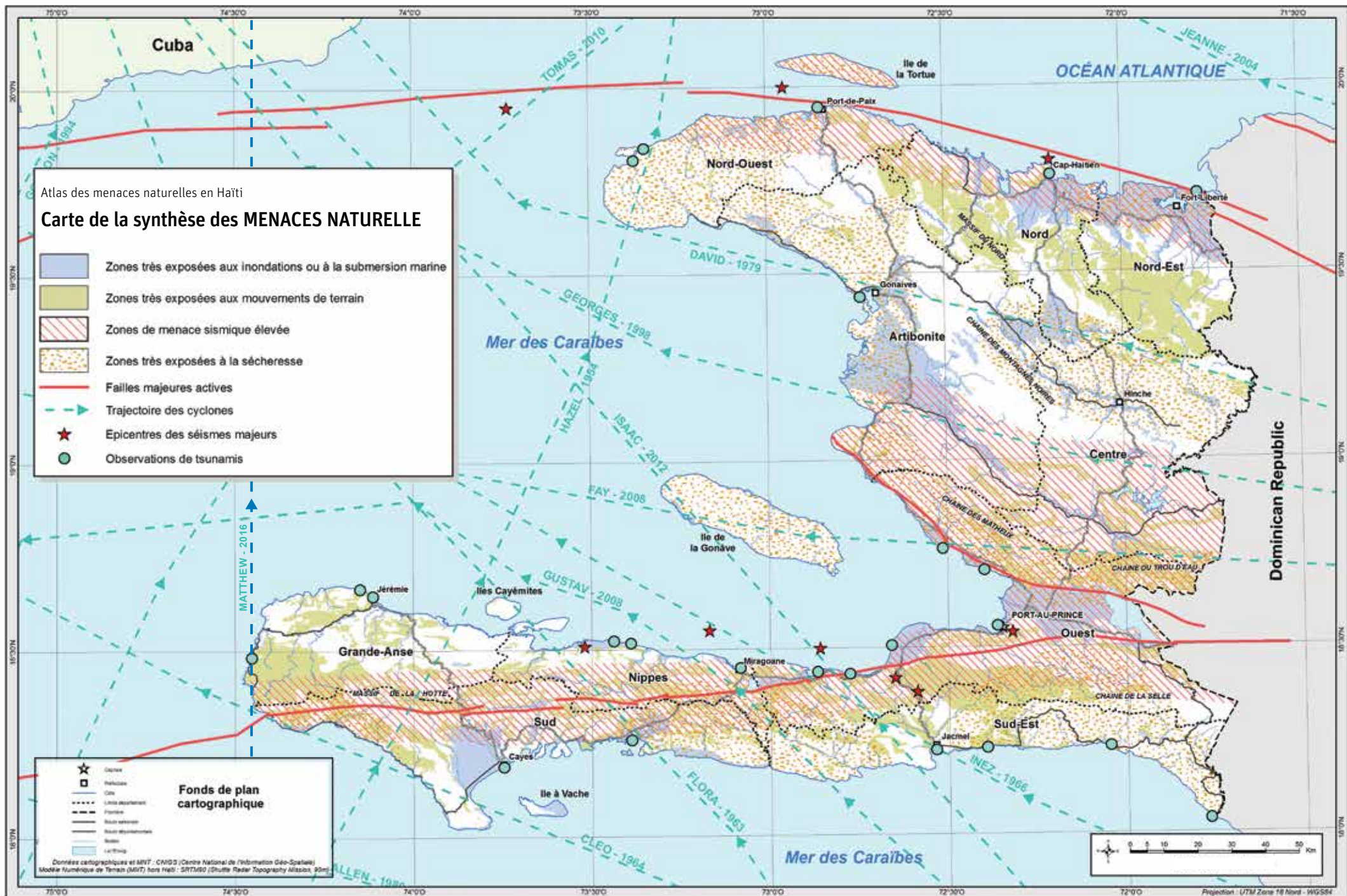
Listes des cartes

Synthèse des menaces naturelles en Haïti	viii
Carte topographique et toponymique d'Haïti	5
Carte de la menace Cyclone	14
Carte de la menace Inondation	20
Carte de l'aléa Inondation sur la commune de Cabaret	26
Carte de l'aléa Inondation sur la commune des Cayes	27
Carte de l'aléa Inondation sur la commune des Gonaïves	28
Carte de l'aléa Inondation sur la commune de Leogane.....	29
Carte de l'aléa Inondation sur la commune de Cap-Haïtien.....	30
Carte de la menace Erosion des sols	32
Carte de la menace Mouvement de terrain	38
Carte de la menace Mouvement de terrain sur cinq quartiers de Port-au-Prince	44
Carte de la menace Mouvement de Tterrain de Port-au-Prince.....	45
Carte de la menace Mouvement de terrain de Cap-Haïtien.....	46
Carte de la menace Séisme	48
Carte de la menace Séisme sur Cap-Haïtien	59
Carte de la menace Séisme sur Port-au-Prince	60
Carte de la menace Tsunami	62
Carte de la menace Tsunami sur Cap-Haïtien	68
Carte de la menace Tsunami sur Fort-Liberté	69
Carte de la menace Sécheresse	70
Couverture géographique et thématique des études sur les risques naturels collectées en Haïti	99

Acronymes et abréviations

BM	Banque mondiale
BME	Bureau des Mines et de l'Energie
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières, France
CIAT	Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire
CCD	Convention des Nations Unies sur la lutte Contre la Désertification
CCGRD	Comité Communal de Gestion des Risques et des Désastres
CDGRD	Comité Départemental de Gestion des Risques et des Désastres
CLGRD	Comité Local de Gestion des Risques et des Désastres
CNGRD	Comité National de Gestion des Risques et des Désastres
CNIGS	Centre National de l'Information Géospatiale
CNM	Centre National de Météorologie
CNUCC	Convention des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CODOMAR	Centre d'Observation et d'Operations sur les Données Maritimes
CONATE	Conseil National pour l'Aménagement du Territoire et l'Environnement
CRH	Croix Rouge Haïtienne
DPC	Direction de la Protection Civile
DTP	Direction des Travaux Publics
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupe Intergouvernemental d'Experts sur les Changements Climatiques
IHSI	Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique
INESA	Inter Entreprises SA
LCD	Lutte contre la Désertification
LNBTB	Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics
MARNDR	Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural
MCC	Ministère de la Culture et de la Communication
MCI	Ministère du Commerce et de l'Industrie

MDE	Ministère de l'Environnement
MTIC	Ministère du Tourisme et des Industries Créatives
MEF	Ministère de l'Economie et des Finances
MICT	Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Territoriales
MPCE	Ministère de la Planification et de la Coopération Externe
MTPTC	Ministère des Travaux Publics, Transports et Communications
NATHAT	<i>Analysis of Multiple Natural Hazards in Haiti</i>
OXFAM	<i>Oxford Committee for Famine Relief</i>
ONEV	Observatoire National de l'Environnement et de la Vulnérabilité
ORE	Organisation pour la Réhabilitation de l'Environnement
PAE	Plan d'Action pour l'Environnement
PAGE	Programme d'Appui à la Gestion de l'Environnement
PANA	Plan d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques
PAN-FRO	Programme d'action national de lutte contre la désertification dans la zone frontalière Haïti - République Dominicaine
PAN-LCD	Programme National d'Action de Lutte contre la Désertification
PNGRD	Plan National de Gestion des Risques et des Désastres
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
SEMANAH	Service Maritime et de Navigation d'Haïti
SNGRD	Système National de Gestion des Risques et des Désastres
SPGRD	Secrétariat Permanent de Gestion des Risques et des Désastres
SPU	Service de Planification Urbaine
UNITAR	<i>United Nations Institute for Training and Research</i>
UNOSAT	<i>United Nations Office for Outer Space Affairs</i>
USAID	<i>United States Agency for International Development</i>
UTS	Unité Technique de Sismologie du BME
UTSIG	Unité de Télédétection et de Systèmes d'Information Géographique



Cadre général

Pourquoi un atlas des menaces naturelles ?

La situation géographique de la République d'Haïti l'expose à des événements exceptionnels de nature géologique (séismes, mouvements de terrain), hydrologique (tsunamis, submersion marine, inondations par débordement de cours d'eau), et météorologique (cyclones, sécheresse). En Haïti, le niveau de déboisement est très élevé et l'érosion des terres conduisant à la désertification du territoire augmente progressivement. Ces dernières années, plusieurs cyclones, notamment Jeanne (2004), Fay, Gustav, Hanna, Ike (2008), Sandy (2012), et tout dernièrement Matthew (octobre 2016), ont touché le pays. Ils ont été la cause de phénomènes tels que des vents violents, des inondations, des mouvements de terrain, à l'origine de nombreux décès, de maladies, de destructions d'habitations et de pertes agricoles. Le 12 janvier 2010, la capitale Port-au-Prince a été détruite par un tremblement de terre de forte magnitude. Ces événements naturels majeurs, combinés aux conditions socio-économiques difficiles de la population, constituent un état de risque permanent et même croissant. Or, la plupart des villes du pays, à forte densité démographique, se situent dans des contextes naturels défavorables : plaines inondables, bord de mer, zones en pente, proximité de failles sismiquement actives. Selon l'indice mondial de risque (World Risk Index, WRI), Haïti a l'un des indices de prédisposition (probabilité qu'une société ou qu'un écosystème donné soit endommagé en cas de catastrophe naturelle) les plus élevés au monde (parmi les 15 premiers).

Le présent atlas constitue un outil d'information sur les risques naturels majeurs auxquels la population d'Haïti est exposée. Il est destiné à l'ensemble des citoyens, mais aussi aux acteurs publics et privés. Dans le premier chapitre, les principales définitions des termes utilisés pour décrire les composantes des risques naturels sont rappelées. Puis, le contexte géographique, géologique, socio-économique du pays est présenté. Chaque type de menace fait ensuite l'objet d'un chapitre spécifique, avec une description du phénomène, un historique des événements majeurs référencés, et une carte à petite échelle de la menace sur l'ensemble du territoire haïtien. Des extraits de cartes de menaces naturelles sur des secteurs donnés sont aussi fournis à une plus grande échelle cartographique. Le dernier chapitre est consacré à la prévention des risques naturels en Haïti. Il présente les principaux acteurs haïtiens œuvrant pour la prévention des risques naturels, ainsi que, pour chaque type de menace, des exemples d'actions de prévention actuellement développées sur Haïti ou qui pourraient être mises en œuvre. Enfin, une liste des principales études de risques naturels réalisées depuis une quinzaine d'années en Haïti est fournie en fin du document.

Des éléments du vocabulaire des risques

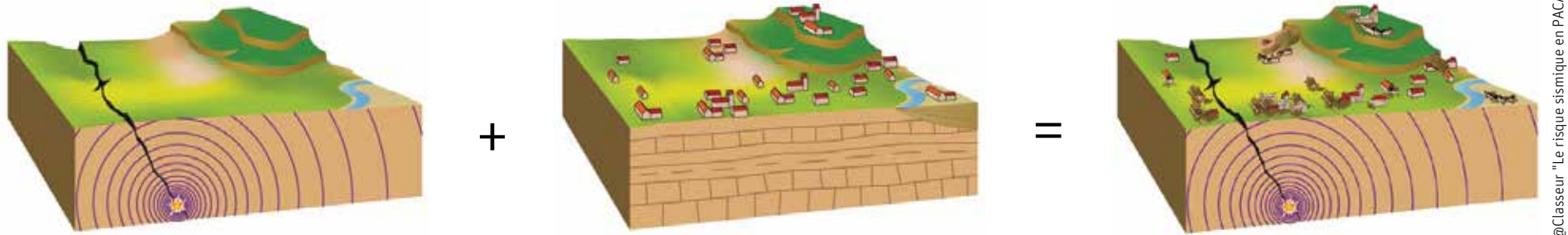
De la menace au risque naturel

Les risques naturels résultent de la confrontation, dans le temps et dans l'espace, de phénomènes naturels dangereux (menaces ou aléas) avec des éléments fragiles ou vulnérables (populations, structures, réseaux, etc.). On parle de catastrophe naturelle lorsque le phénomène naturel cause des pertes humaines, économiques et/ou environnementales telles que la zone sinistrée ne peut à elle seule surmonter ce désastre. L'ampleur ou la gravité d'une catastrophe peut-être considérablement réduite par des stratégies de prévention et de gestion des risques majeurs. L'évaluation du risque est donc étroitement liée à la capacité de la société à faire face aux phénomènes dangereux.

Les catastrophes naturelles sont déclenchées par des phénomènes dangereux, mais certaines d'entre-elles peuvent être amplifiées par des actions humaines ayant un impact négatif

sur l'environnement. Ainsi, le déboisement rend les inondations plus fréquentes et plus dangereuses, les versants plus instables, les sécheresses plus courantes et plus intenses. La destruction des mangroves dans les zones côtières peut accroître le risque de fortes houles. Comme autres facteurs d'aggravation du risque, à travers le processus d'expansion urbaine, les villes transforment leur environnement et peuvent ainsi accroître leurs zones exposées. Par exemple, la construction de nouvelles habitations, la réalisation de routes ou autres infrastructures imperméabilisant les sols, peuvent modifier le régime hydraulique d'un bassin versant, et être ainsi la cause d'un mauvais drainage des eaux pluviales et leur infiltration dans le sous-sol, favorisant les inondations et/ou l'instabilité des terrains. Ou encore, « l'évacuation » des déchets dans le lit des cours d'eau peut causer des inondations, voire des embâcles, en cas de rupture brutale d'un « barrage » de déchets.

Définition du risque



Évaluation de la menace

- nature
- localisation
- intensité
- fréquence

Évaluation des enjeux et de leur vulnérabilité

- localisation de la population, des constructions, des activités, du patrimoine, etc.
- évaluation du degré de dommages que ces enjeux pourraient subir en cas d'évènement naturel

Évaluation du risque

Le risque se caractérise par deux composantes :

- 1) la menace (ou aléa), c'est-à-dire la probabilité de survenance d'un événement donné ;
- 2) la vulnérabilité des enjeux, qui exprime la gravité des effets ou des conséquences de l'évènement supposé pouvoir se produire.

Glossaire

Aléa ou Menace : processus ou phénomène naturel qui peut causer des pertes de vies humaines, des blessures ou d'autres effets sur la santé, des dommages aux biens, la perte de moyens de subsistance et de services, des perturbations socio-économiques, ou des dommages à l'environnement. Les aléas, ou menaces, peuvent être caractérisés par leur ampleur ou leur intensité, leur zone d'extension, leur probabilité de survenance au cours d'une période de référence. Concernant le paramètre de probabilité de survenance, vu la difficulté de son évaluation, il peut ne pas être retenu dans l'analyse, néanmoins, le terme générique d'aléa pourra être conservé.

Adaptation au changement climatique : ajustement dans les systèmes naturels ou humains en réponse à des changements climatiques actuels ou attendus, ou à leurs effets, qui atténue les dommages ou en valorise les bénéfices. Le concept plus large de l'adaptation s'applique également aux facteurs non-climatiques tels que l'érosion du sol.

Aménagement du territoire : action entreprise par les autorités publiques afin d'identifier, d'évaluer et de décider des différentes options possibles pour l'utilisation des terres, y compris l'examen de l'aspect économique à long terme, des objectifs sociaux et environnementaux, des implications pour les différentes communautés et groupes d'intérêt, ainsi que la formulation et la mise en place de plans qui décrivent les utilisations autorisées ou acceptables. L'aménagement du territoire est un important facteur du développement durable. Il peut contribuer à atténuer les effets des catastrophes et à réduire les risques en décourageant l'installation et la construction de structures vitales dans les zones à risque.

Capacité à réagir : la capacité des personnes, des organisations et des systèmes, en utilisant les compétences et les ressources disponibles, à faire face et à gérer des conditions difficiles, des situations d'urgence ou de catastrophe.

Catastrophe naturelle : grave interruption du fonctionnement d'une communauté ou d'une société résultant d'un événement naturel ayant causé des pertes en vies humaines, des pertes matérielles, économiques et environnementales telles que les sinistrés ne peuvent pas les surmonter avec leurs seules ressources.

Dégradation environnementale : diminution de la capacité de l'environnement à répondre aux objectifs et aux besoins sociaux et écologiques. La dégradation de l'environnement peut modifier la fréquence et l'intensité des risques naturels et accroître la vulnérabilité des communautés humaines. Les types de dégradation sont variés et incluent l'utilisation abusive des terres, l'érosion des sols, la désertification, les incendies de forêt, la perte de la biodiversité, la déforestation, la destruction des mangroves, des terres, la pollution de l'eau et de l'air, le changement climatique, l'élévation du niveau de la mer et l'appauvrissement de l'ozone.

Développement de capacités : processus par lequel les personnes, les organisations et la société stimulent et développent leurs capacités au fil du temps, pour atteindre des objectifs économiques et sociaux, y compris par l'amélioration des connaissances, des compétences, des systèmes et des institutions.

Développement durable : développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre les capacités des générations futures à pourvoir à leurs propres besoins.

Dommages pour un élément exposé : dégradation physique estimée de manière qualitative ou quantitative. Pour un enjeu : perte de valeur conséquence directe ou indirecte de la dégradation physique.

Éléments exposés (ou éléments à risque) : les personnes et les biens exposés à un phénomène naturel dangereux.

Enjeux : Éléments exposés auxquels on associe une valeur (humaine, économique, fonctionnelle, sociale, etc.). Cette valeur sera utilisée dans l'analyse du risque pour estimer les pertes potentielles.

Gestion des risques de catastrophe : processus de recours systématique aux directives, compétences opérationnelles, capacités et organisation administratives pour mettre en œuvre des politiques, stratégies et capacités de réponse appropriées pour atténuer l'impact des phénomènes naturels dangereux et risques de catastrophes environnementales et technologiques qui leur sont liées.

Mesure d'atténuation : concerne la réduction ou la limitation de l'impact négatif des aléas et des catastrophes.

Mesure structurelle : toute construction physique visant à réduire ou à éviter les impacts éventuels des aléas, ou l'application de mesures d'ingénierie pour assurer des structures ou systèmes résistants et résilients aux aléas

Phénomène naturel : «manifestation» plus ou moins «bouleversante» de la nature, d'ordre géologique (séisme, mouvement de terrain, éruption volcanique), hydrologique (inondation, tsunami), météorologique (tempête, cyclone, température extrême) ou nivologique (avalanche de neige).

Phénomène naturel dangereux : phénomène naturel susceptible de causer des dommages aux personnes, aux biens et plus généralement à l'environnement. Sont pris en compte dans ce document l'ensemble des phénomènes naturels affectant Haïti : les cyclones, les inondations, l'érosion des sols, la sécheresse, les mouvements de terrain, les séismes, les tsunamis. Dans bien des cas, ces phénomènes sont connexes. Par exemple, de fortes précipitations peuvent être à l'origine d'une crue torrentielle et/ou de glissements de terrains.

Plate-forme nationale pour la réduction des risques de catastrophe : terme générique pour désigner l'ensemble des organismes nationaux de coordination et d'orientation sur la réduction des risques de catastrophe, multisectoriels et interdisciplinaire, qu'ils soient publics ou privés.

Prévention des catastrophes : ensemble d'activités permettant de limiter ou d'éviter l'impact négatif des aléas et de minimiser les catastrophes environnementales, technologiques et biologiques qui leur sont associées. En

fait, très souvent, il n'est pas possible d'éviter les pertes matérielles et/ou humaines et il s'agit davantage de mesures d'atténuation. Les termes de prévention et d'atténuation sont ainsi parfois « interchangeables ».

Résilience : capacité d'un système, d'une communauté ou d'une société exposés à des risques à résister, absorber, accueillir et corriger les effets d'un danger, en temps opportun et de manière efficace, notamment par la préservation et la restauration de ses structures essentielles et de ses fonctions de base.

Risque : combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences négatives. L'évaluation du risque consiste à estimer les dommages potentiels (ou les pertes) pour des enjeux vulnérables causés par un phénomène dangereux pour un niveau d'aléa donné.

Risque majeur : possibilité de survenance d'un événement d'origine naturelle ou anthropique, dont les effets peuvent mettre en jeu un grand nombre de personnes, occasionner des dommages importants et dépasser les capacités de réaction de la société.

Sensibilisation du public : il s'agit de l'étendue des connaissances communes sur les risques de catastrophe, sur les facteurs qui conduisent à des catastrophes et sur des actions qui peuvent être prises individuellement et collectivement pour réduire l'exposition et la vulnérabilité aux aléas.

Vulnérabilité : traduit la fragilité (a contrario la capacité de résistance) des éléments exposés, vis-à-vis d'un phénomène donné. Pour un niveau d'aléa donné, un enjeu sera d'autant plus affecté que sa vulnérabilité sera forte. La réduction de la vulnérabilité, lorsqu'elle est possible, est un moyen de réduire le risque.

Sources partielles : UNISDR (2009)

Le contexte géographique et géodynamique

Haïti (Ayiti en créole), nom d'origine amérindienne, signifierait « Terre des hautes montagnes » ou « La montagne dans la mer ». L'île est rebaptisée Española ou Hispaniola par les Espagnols, puis Saint-Domingue par les Français. Le 1er janvier 1804, lors de la déclaration d'indépendance du pays, elle reprend son nom d'origine indienne. Haïti occupe le tiers occidental de l'île.

L'île d'Hispaniola se trouve au nord de la mer des Caraïbes. Avec Cuba, la Jamaïque, et Porto Rico, elle appartient à l'archipel des Grandes Antilles. Celui-ci couvre plus de 90% de la surface de toutes les îles de la Caraïbe. La superficie d'Haïti est de 27 750 km². En raison de sa forme en « fer à cheval », Haïti possède une grande longueur de littoral, soit 1 771 km lorsque l'on y ajoute le littoral de ses îles. Au nord, la côte haïtienne s'ouvre sur l'océan Atlantique. Au sud, elle borde la mer des Caraïbes. Au centre, le golfe de la Gonâve s'insère entre les péninsules Nord et Sud. Outre de nombreux îlots qui longent ce littoral, Haïti possède quatre îles principales, avec par ordre de superficie décroissante : l'île de la Gonâve, l'île de la Tortue, l'île de La Grande Cayemite et l'Ile-à-Vache.

Haïti est un pays très montagneux. Seulement 20 % du territoire est situé en zone de plaine. À l'est de la Péninsule du Sud, la chaîne de la Selle possède le plus haut sommet du pays, le pic de la Selle, à 2 680 m d'altitude. À l'ouest de la même péninsule, le pic Macaya, dans le massif de la Hotte, culmine à 2 347 m. Le centre et le nord du territoire sont marqués par une succession de reliefs et de plaines, d'orientation générale nord-ouest - sud-est, avec du sud vers le nord : la chaîne des Matheux, la plaine et la basse vallée de l'Artibonite, les montagnes Noires, le plateau central, le massif du nord et enfin, la plaine du Nord qui représente le versant nord-est effondré du massif du Nord.

Entre la chaîne de la Selle et la chaîne des Matheux, se trouvent l'Étang saumâtre et la plaine du Cul-de-Sac, ouverte

sur le Golfe de la Gonâve. L'Étang saumâtre est le plus grand lac naturel du pays. Il couvre environ 181 km². Il n'a pas d'exutoire, et, comme son nom l'indique, il contient de l'eau salée. Le niveau de l'eau du lac varie de 12 à 20 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer.

Le fleuve de l'Artibonite est le plus long cours d'eau d'Haïti. Il parcourt 320 km environ depuis sa source, à l'est, dans la cordillère Centrale, en République Dominicaine, jusqu'à son estuaire près du bourg de la Grande Saline, le long du golfe de la Gonâve. L'Artibonite a de nombreux affluents dans le plateau Central, dont la rivière Guayamouc. La plaine alluviale du Guayamouc est une région très fertile. À l'est, proche de la frontière avec la République Dominicaine, le barrage de Péligre retient les eaux de l'Artibonite pour constituer le lac de Péligre. Ce réservoir artificiel couvre une zone de 30 km². Le barrage de Péligre a été mis en service en 1956 pour répondre à un besoin d'irrigation et de réduction des crues. Une usine hydroélectrique a été mise en service en 1971. Du fait d'un envasement important, lié notamment à l'érosion des sols des massifs drainés, il a perdu, en 2015, plus de 56 % de sa capacité d'origine de retenue. Des travaux de dragage et de réhabilitation des turbines sont actuellement en cours.

Sur la côte, la plus grande zone de mangrove est située au sud des Gonaïves. Elle couvre une surface de 32 kilomètres de long et jusqu'à 5 kilomètres de large. Elle se situe aux estuaires des rivières Artibonite et l'Estère. On trouve aussi des zones de mangrove significatives sur la côte septentrionale, entre Baie de l'Acul et Fort-Liberté, autour de l'île de la Grande Cayemite et dans la région des Cayes. Des marais côtiers importants se trouvent aussi sur l'île de la Gonâve.

De par sa latitude, le pays bénéficie d'un climat tropical caractérisé par l'alternance entre une saison humide, de mai à novembre, et une saison sèche, de décembre à avril. Dans les plaines, les températures moyennes varient entre 28°C, en hiver, et 32°C, en été. Au sommet des montagnes, la température peut osciller entre 18°C et 22°C. La pluviométrie varie non seulement avec l'altitude, mais

aussi avec l'orientation des massifs montagneux par rapport aux alizés en provenance du nord-est. Ces vents chargés d'humidité frappent perpendiculairement les reliefs. Les plaines et versants exposés reçoivent les précipitations les plus abondantes. Localement, la pluviométrie peut donc se trouver fortement contrastée. La presqu'île du Sud et le département du Nord sont les plus arrosés (plus de 2 500 mm/an). En revanche, la façade occidentale de la péninsule du Nord, située sous le vent, est la région la plus sèche, avec moins de 1 000 mm/an (500 mm/an en moyenne à Gonaïves).

Haïti se trouve sur la trajectoire des cyclones tropicaux dont l'activité maximale a lieu entre août et novembre. Le cyclone Jeanne, en septembre 2004 a été l'un des plus

meurtriers de ces dernières décennies pour Haïti. En 2008, le pays a dû faire face à 4 cyclones successifs. Haïti est aussi exposée à des périodes de sécheresse intense. La saison pluvieuse est alors moins longue. Certaines régions peuvent ne pas recevoir une goutte de pluie pendant plusieurs mois successifs.

Haïti est une terre montagneuse, constituée de formations géologiques variées, d'origine volcanique (basaltes, andésites...), plutonique (granites...), métamorphique (schistes, marbres, gneiss) ou sédimentaire (calcaires, marnes, sables, conglomérats...). Jalons de l'histoire géologique, hérités de différents contextes géodynamiques (ancien arc insulaire volcanique, front de subduction, zone de collision orogénique, bassin d'arrière-arc, rift océanique ...),

ces matériaux rocheux ont été repris par des phases tectoniques ultérieures et apparaissent aujourd'hui très plissés et faillés. Cette évolution a notamment conduit à la formation du bloc continentalisé d'Hispaniola.

Haïti se situe dans une zone tectonique très active, à la frontière de deux plaques de l'écorce terrestre : la plaque tectonique Caraïbe et la plaque tectonique nord-américaine. Ces plaques se déplacent l'une par rapport à l'autre à la vitesse d'environ 2 cm/an. Ces déplacements se traduisent par des phénomènes sismiques localisés essentiellement au niveau de deux zones de failles actives majeures, le système de failles Septentrional et le système de failles d'Enriquillo (également nommé système de failles d'Enriquillo-Plantain-Garden).



©BRGM - M. Terrier

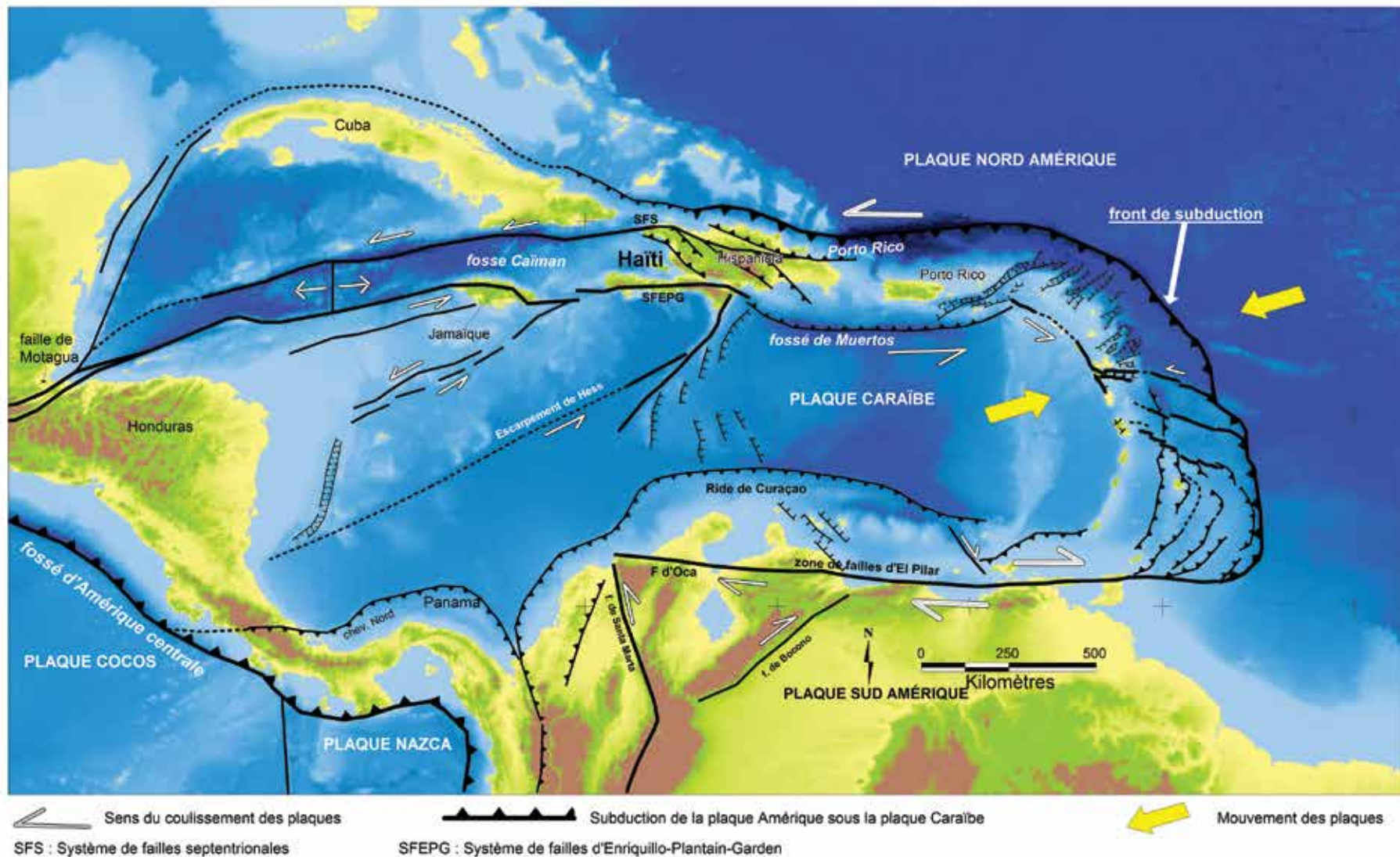
Haïti : « La montagne dans la mer ». Vue en arrière-plan de la chaîne des Matheux surplombant le littoral marin



©Wikimedia

Le barrage hydro-électrique de Péligre, dans la vallée de l'Artibonite

Contexte géodynamique de l'Arc des Antilles



L'organisation administrative

Le pays est découpé administrativement en dix départements : le Nord-Est, le Nord, le Nord-Ouest, le Centre, l'Artibonite, l'Ouest, le Sud-Est, le Sud, la Grande Anse, les Nippes. Chacun d'entre eux est sous-divisé en arrondissements, puis en communes et en sections communales (la Constitution de 1987 a introduit le concept de section communale à la place de section rurale). Au total, il existe 42 arrondissements, 145 communes, 570 sections communales.

Le schéma d'organisation des différentes unités territoriales haïtiennes selon le Décret du 1er février 2006, définissant le cadre général de la décentralisation, les principes d'organisation et de fonctionnement des collectivités territoriales haïtiennes, est le suivant :

L'État haïtien est représenté dans chaque département par un délégué départemental qui supervise les différentes directions départementales des ministères. Ce délégué est secondé dans chaque arrondissement par un vice-délégué. La commune est dirigée par un Maire (appelé aussi Magistrat). La collectivité territoriale de la section communale constitue la plus petite entité administrative de la République. Elle est dirigée par un organe exécutif, le CASEC (Conseil d'Administration de la Section Communale) et un organe délibérant, l'ASEC (Assemblée de la Section Communale).

La capitale économique et politique est Port-au-Prince. Elle se trouve dans le département de l'Ouest. Plusieurs communes avoisinantes, telles que Carrefour, Pétion-Ville, Delmas, Tabarre, Cité Soleil, Croix des Bouquets, forment avec Port-au-Prince, l'aire métropolitaine.

Découpage territorial en 10 départements et répartition de la population



Carte d'après les données IHSI, 2009

La population

Selon l'Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (IHSI), en 2009, la population haïtienne atteignait près de 10 millions d'habitants. Aujourd'hui, selon le PNUD (d'après <http://www.ht.undp.org/>), elle dépasserait les 10,5 millions, dont plus de 2,5 millions d'habitants concentrés sur l'aire métropolitaine de Port-au-Prince ; ce qui conduit à une densité moyenne de plus de 380 habitants par km².

Il s'agit d'une population jeune ; en 2009, 36% des haïtiens avaient moins de 14 ans (IHSI, 2009). Entre 2005 et 2010, le taux de croissance démographique était en moyenne de 1,64 % par an (IHSI, 2009). En 2050, la population haïtienne pourrait dépasser 16 millions (IHSI, 2007).

L'Artibonite (16 % de la population) et le Nord (10% de la population) représentent après l'Ouest, les départements les plus peuplés. À l'exception du département de l'Ouest, la population est majoritairement rurale. Toutefois, dans le département du Nord, mais aussi dans celui de l'Artibonite, on observe une tendance à l'équilibre de la répartition des populations rurale et urbaine. Selon l'IHSI (2007), en 2030, la population urbaine regroupera plus de 60 % des haïtiens, et en 2050, plus de 70 %.

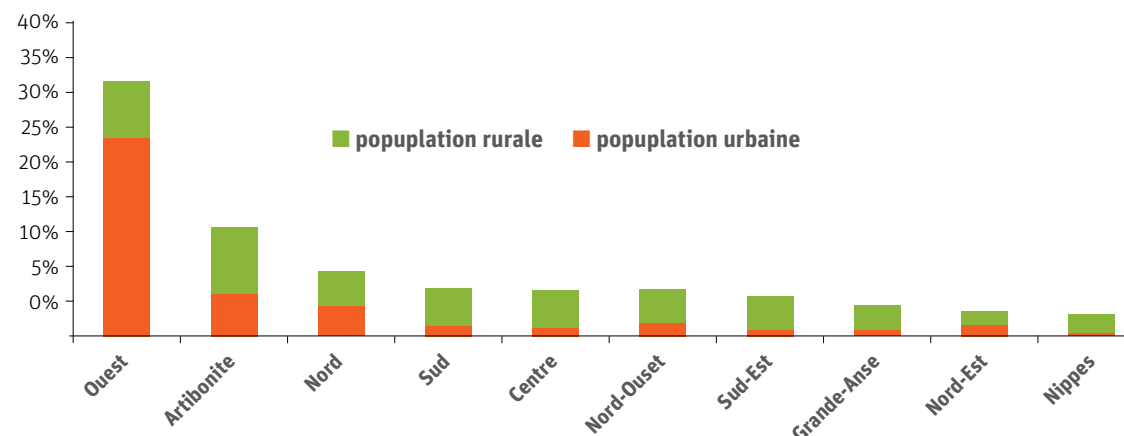
Selon l'IHSI (2009), sur la base du recensement de 2003, plus de 80 % de la population vivant en milieu urbain savaient lire et écrire contre seulement 48 % de la population rurale. Le taux moyen d'alphabétisation s'améliore avec le temps, puisqu'aujourd'hui, il serait de 86,5 % en milieu urbain (d'après le PNUD, <http://www.ht.undp.org/>).



©BRGM - M.Terrier

Le département de l'Ouest est le plus peuplé, avec 37 % de la population haïtienne, dont 29 % en zone urbaine (soit presque un tiers de la population totale). L'aire métropolitaine concentre aujourd'hui 2,5 millions d'habitants. (Vue de Port-au-Prince et de la plaine du Cul-de-Sac ; en arrière-plan, la chaîne des Matheux)

Répartition de la population haïtienne par département



D'après IHSI, 2009

Le contexte économique

Haïti est un pays très pauvre : 24,7 % des Haïtiens vivent avec moins d'1,25 dollar par jour ; 58,6% avec moins de 2,5 dollars par jour (source PNUD, <http://www.ht.undp.org>). Toutefois, selon l'IHSI (2009, 2013, 2014), le pays semble avoir bénéficié d'une certaine croissance économique au cours des dernières années.

Selon les statistiques économiques de 2013 (source IHSI, 2013), la part des principaux secteurs d'activité dans le Produit Intérieur Brut (PIB) se situe autour de :

- 23 % pour le secteur primaire (activités liées à l'extraction des ressources naturelles), avec l'agriculture, la sylviculture, l'élevage et la pêche, ainsi que les industries extractives (mines et carrières), notamment en lien avec la progression du secteur du bâtiment ;

- 18 % pour le secteur secondaire (activités liées à la transformation des matières premières, qui sont issues du secteur primaire). Depuis quelques années, en relation directe avec la reconstruction qui a suivi le séisme très destructeur du 12 janvier 2010, le secteur du Bâtiment et des Travaux Publics (BTP) a largement contribué à la croissance de l'économie haïtienne. Cette activité regroupe aussi les métiers de l'artisanat (fer forgé, fibres végétales, bois, pierre, peinture d'art) ;
- 59 % pour le secteur tertiaire (activités économiques qui ne font pas partie des deux autres, essentiellement des services). Il s'agit plus particulièrement des activités de commerce, de la restauration et de l'hôtellerie, mais aussi celles relatives aux institutions financières, au transport et à l'enseignement.

Concernant les grandes infrastructures, Haïti dispose aujourd'hui de :

- 6 aéroports publics (avec au moins un vol régulier par jour entre Port-au-Prince et les principales villes du pays), et 2 aéroports internationaux (Port-au-Prince et Cap-Haïtien : vols directs à destination des Antilles françaises, des Bahamas, du Canada, de Cuba, du Panama, de la République Dominicaine, des USA) ;
- 2 ports aux standards internationaux, Port-au-Prince et Cap-Haïtien ; 17 ports de cabotage, dont 8 sont ouverts au commerce extérieur :
 - 1 entreprise publique de fourniture du courant électrique, Electricité d'Haïti (EDH) ;
 - environ 4 500 km de routes classées en “nationales”, “départementales” et “de pénétration”, incluant les voies en construction.



©BRGM - M.Terrier

Vente des produits de l'agriculture dans les villages du massif du Nord

La problématique des risques naturels en Haïti

La situation géographique et géodynamique d'Haïti l'expose à des phénomènes naturels nombreux : séismes, mouvements de terrain, tsunamis, submersions marines, inondations, cyclones, sécheresse. Haïti est aussi exposé aux phénomènes d'origine principalement anthropique, d'érosion des sols et de désertification. C'est tout le territoire haïtien qui est concerné par ces phénomènes naturels (cf. carte en tête de chapitre, et tableau ci-après), hormis, bien sûr, le département du Centre en ce qui concerne les tsunamis et la houle cyclonique. Néanmoins, l'intensité de ces menaces est différente d'un département à un autre. Ainsi, dans les départements de l'Artibonite et du Centre, la menace sismique est un peu plus faible que pour les autres départements. C'est aussi le cas de la menace de sécheresse, plus intense dans les départements du Nord-Ouest et de l'Artibonite. Concernant les phénomènes de désertification et d'érosion des sols, ceux-ci affectent l'ensemble du territoire. Le département de l'Ouest, le plus

densément peuplé, est soumis, à la fois, à des menaces graves de séismes, d'inondations et de mouvements de terrain.

Avec l'urbanisation galopante des grandes agglomérations, en l'absence d'une prise en compte efficace de ces menaces dans les schémas d'aménagement et d'urbanisation, il est fort probable que les risques naturels augmenteront fortement, tant en nombre qu'en intensité, dans les décennies à venir.

L'impact du changement climatique en Haïti

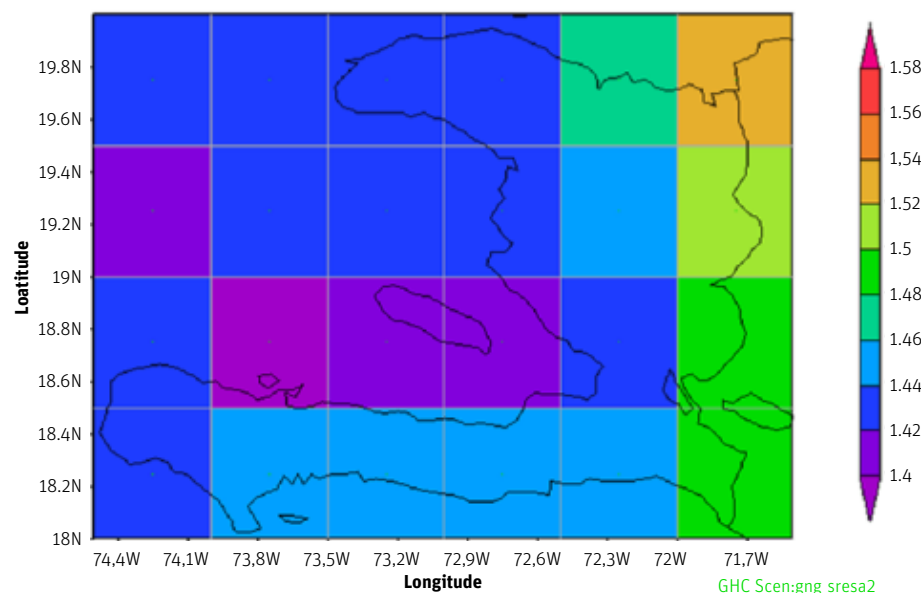
L'impact du changement climatique en Haïti devrait se traduire, à terme, par une réduction de plus de 50% des précipitations et une augmentation des températures moyennes de près de 4°C à l'horizon 2080-2099.

La diminution drastique de la pluviométrie et l'augmentation substantielle de la chaleur auront comme conséquences : une moindre productivité agricole, un accès plus difficile

à l'eau potable, une augmentation des maladies climato-sensibles (dengue, paludisme, fièvre typhoïde, etc.) et une perte de la biodiversité. Par ailleurs, les phénomènes climatiques extrêmes (sécheresse, pluies diluviennes) devraient être exacerbés.

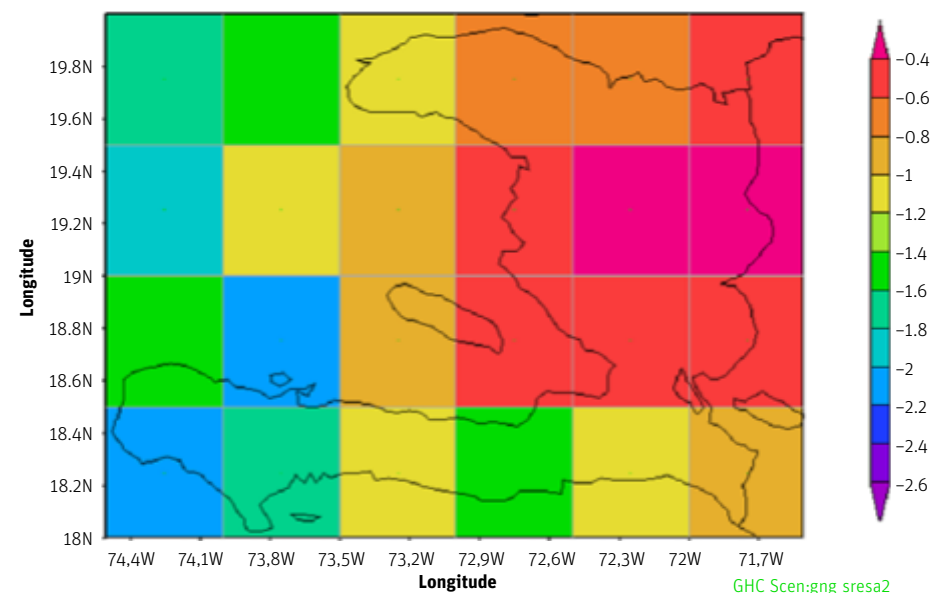
Aujourd'hui il demeure néanmoins difficile de quantifier l'impact du changement climatique sur l'occurrence de ces événements naturels. Les cartes présentées dans cet atlas ne tiennent pas compte de ces évolutions.

Scénarii prospectifs d'évolution de la température et des précipitations en Haïti : comparaison des valeurs moyennes évaluées pour la décennie 2041 – 2050 avec celles de la période 1961 – 1990



Projection des températures moyennes (en degrés Celsius) en prenant l'exemple du mois de février. Celles-ci seraient en hausse de 1,4 à 1,5 °C dans tout le pays.

Source : GIEC, 2014



Projection des quantités des précipitations moyennes (en mm/jour) en prenant l'exemple du mois de novembre. Dès 2030, celles-ci seraient en baisse (entre 5,9 et 20 % selon les zones).

Source : GIEC, 2014

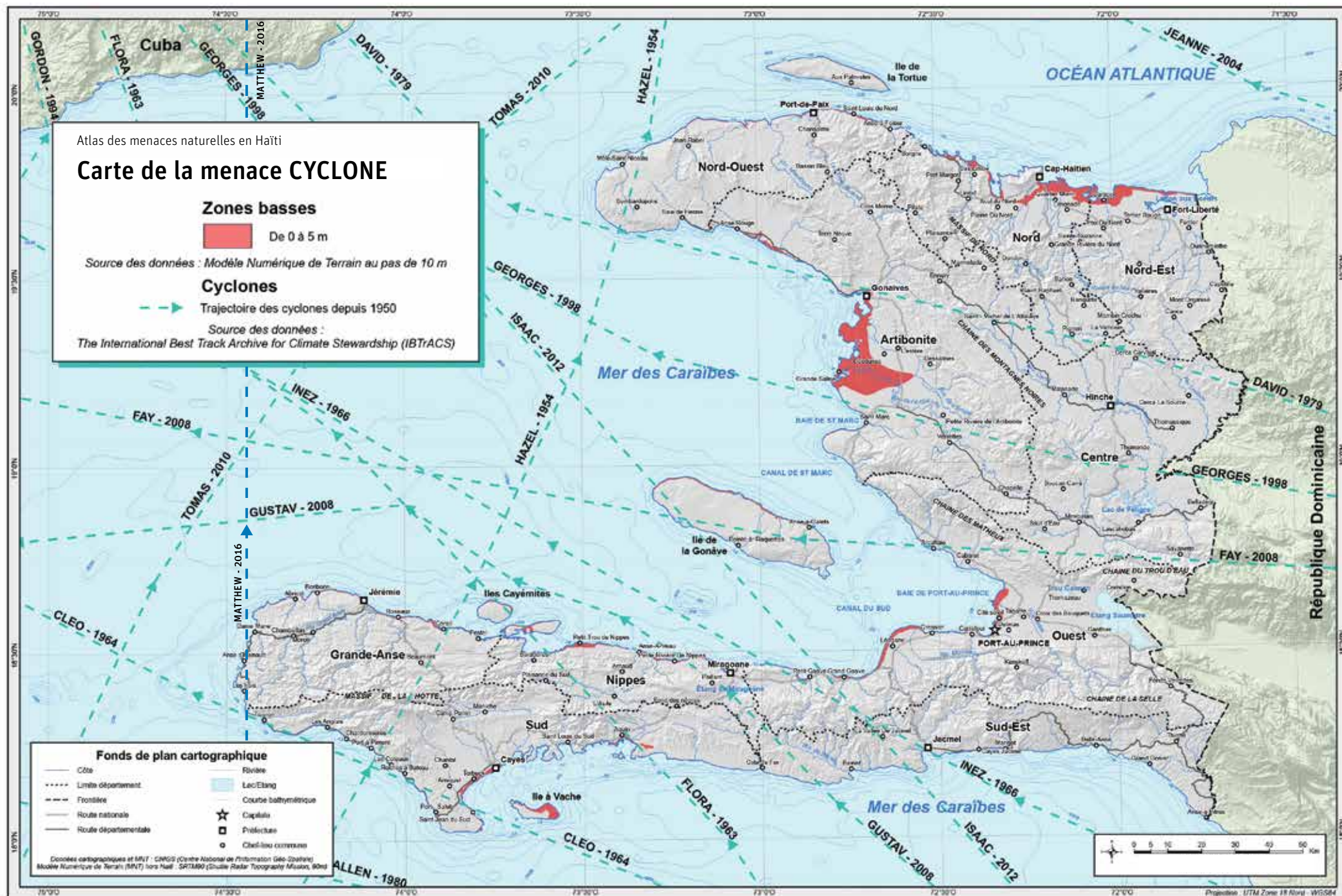
Synthèse des niveaux de menaces par phénomène et par département et appréciation empirique du niveau de menace
(élevé en rouge, moyen à élevé en orange, moyen en jaune, faible en gris)

	Cyclone	Inondation	Sécheresse	Erosion des sols et désertification	Mouvement de terrain	Tsunami	Séisme
ARTIBONITE	intense si la submersion marine se combine aux inondations ; exposé au vent et à la houle cyclonique	très intense dans la basse plaine de l'Artibonite	très intense dans la basse plaine de l'Artibonite et le Nord du département	intense sur les reliefs	localisé	possible, lié à l'activité sismique du système de failles septentrional	menace sismique moins élevée que pour les autres départements en raison d'un relatif éloignement des failles majeures les plus actives
CENTRE	exposé (vent)	intense dans la zone des plateaux et au niveau des cours d'eau majeurs	intense sur les hauts plateaux	intense sur les reliefs	localisé, potentiellement intense en zone de relief		menace sismique moins élevée que pour les autres départements en raison d'un relatif éloignement des failles majeures les plus actives
GRANDE-ANSE	exposé (vent, houle cyclonique, submersion marine)	tous les cours d'eau peuvent provoquer des inondations	parfois exposé à des sécheresses intenses	intense sur les reliefs	exposé aux instabilités des pentes du massif de la Hotte	possible, lié à l'activité sismique du système de failles Septentrional ou du système de faille d'Enriquillo-Plantain-Garden	menace sismique très élevée, liée plus particulièrement à la proximité du système de failles d'Enriquillo-Plantain Garden
NIPPES	exposé (vent, houle cyclonique, submersion marine)	tous les cours d'eau peuvent provoquer des inondations	parfois exposé à des sécheresses intenses	intense sur les reliefs	exposé aux instabilités des pentes du massif de la Hotte	possible, lié à l'activité sismique du système de failles Septentrional ou du système de faille d'Enriquillo-Plantain-Garden	menace sismique très élevée, liée plus particulièrement à la proximité du système de failles d'Enriquillo-Plantain Garden
NORD	intense si la submersion marine se combine aux inondations ; exposé au vent et à la houle	intense dans la plaine du Nord	parfois exposé à des sécheresses intenses	intense sur les reliefs	exposé aux instabilités des pentes du massif du Nord	très exposé dans la région de Cap-Haïtien en raison de la proximité des systèmes de failles Septentrional et Nord d'Hispaniola	menace sismique très élevée, liée plus particulièrement à la proximité du système de failles septentrional ainsi qu'à la faille Nord Hispaniola

Synthèse des niveaux de menaces par phénomène et par département et appréciation empirique du niveau de menace

(élevé en rouge, moyen à élevé en orange, moyen en jaune, faible en gris)

	Cyclone	Inondation	Sécheresse	Erosion des sols et désertification	Mouvement de terrain	Tsunami	Séisme
NORD-EST	intense si la submersion marine se combine aux inondations ; exposé au vent et à la houle	intense dans la plaine du Nord	intense dans la plaine du Nord	intense sur les reliefs	exposé aux instabilités des pentes du massif du Nord	très exposé en raison de la proximité des systèmes de failles Septentrional et Nord d'Hispaniola	menace sismique très élevée, liée plus particulièrement à la proximité du système de failles septentrional ainsi qu'à la faille Nord Hispaniola
NORD-OUEST	exposé (vent, houle cyclonique, submersion marine)	intense au niveau des cours d'eau majeurs et dans les plaines proches du littoral marin	très intense, zone avec une pluviométrie annuelle moyenne très faible moins de 500 mm/an, très sensible aux périodes de sécheresse, récurrentes pour ce département	intense sur les reliefs	localisé, potentiellement intense en zone de relief	tout le littoral est très exposé en raison de la proximité des systèmes de failles Septentrional et Nord d'Hispaniola	menace sismique très élevée, liée plus particulièrement à la proximité du système de failles Septentrional ainsi qu'à la faille Nord Hispaniola
SUD	intense si la submersion marine se combine aux inondations ; exposé au vent et à la houle	très intense dans la plaine alluviale des cayes	zone littorale exposée	intense sur les reliefs	exposé aux instabilités des pentes du massif de la Hotte	possible, lié à l'activité sismique du système de failles Septentrional ou du système de faille d'Enriquillo-Plantain-Garden	menace sismique très élevée, liée plus particulièrement à la proximité du système de failles d'Enriquillo-Plantain-Garden
SUD-EST	exposé (vent, houle)	tous les cours d'eau peuvent provoquer des inondations	zone littorale et chaîne de la Selle exposées	intense sur les reliefs	exposé aux instabilités des pentes du massif de la Selle	possible, lié à l'activité sismique du système de failles Septentrional ou du système de faille d'Enriquillo-Plantain-Garden	menace sismique très élevée, liée plus particulièrement à la proximité du système de failles d'Enriquillo-Plantain-Garden
OUEST	intense si la submersion marine se combine aux inondations ; exposé au vent et à la houle	intense dans la plaine du Cul-de-Sac	exposée, en particulier, au niveau de la chaîne des Matheux	intense sur les reliefs	exposé aux instabilités des pentes de la chaîne de la Selle et de la chaîne des Matheux	possible, lié à l'activité sismique du système de failles Septentrional ou du système de faille d'Enriquillo-Plantain-Garden	menace sismique très élevée, liée plus particulièrement à la proximité du système de failles d'Enriquillo-Plantain-Garden



Atlas des menaces naturelles en Haïti

La menace Cyclone





Qu'est-ce qu'un cyclone ?

Un cyclone est une immense masse nuageuse, quasi-circulaire d'environ 500 à 1 000 kilomètres de diamètre, au sein de laquelle les vents atteignent des vitesses considérables. Il prend naissance au-dessus des mers chaudes des latitudes tropicales ou subtropicales.

Schéma d'un système cyclonique

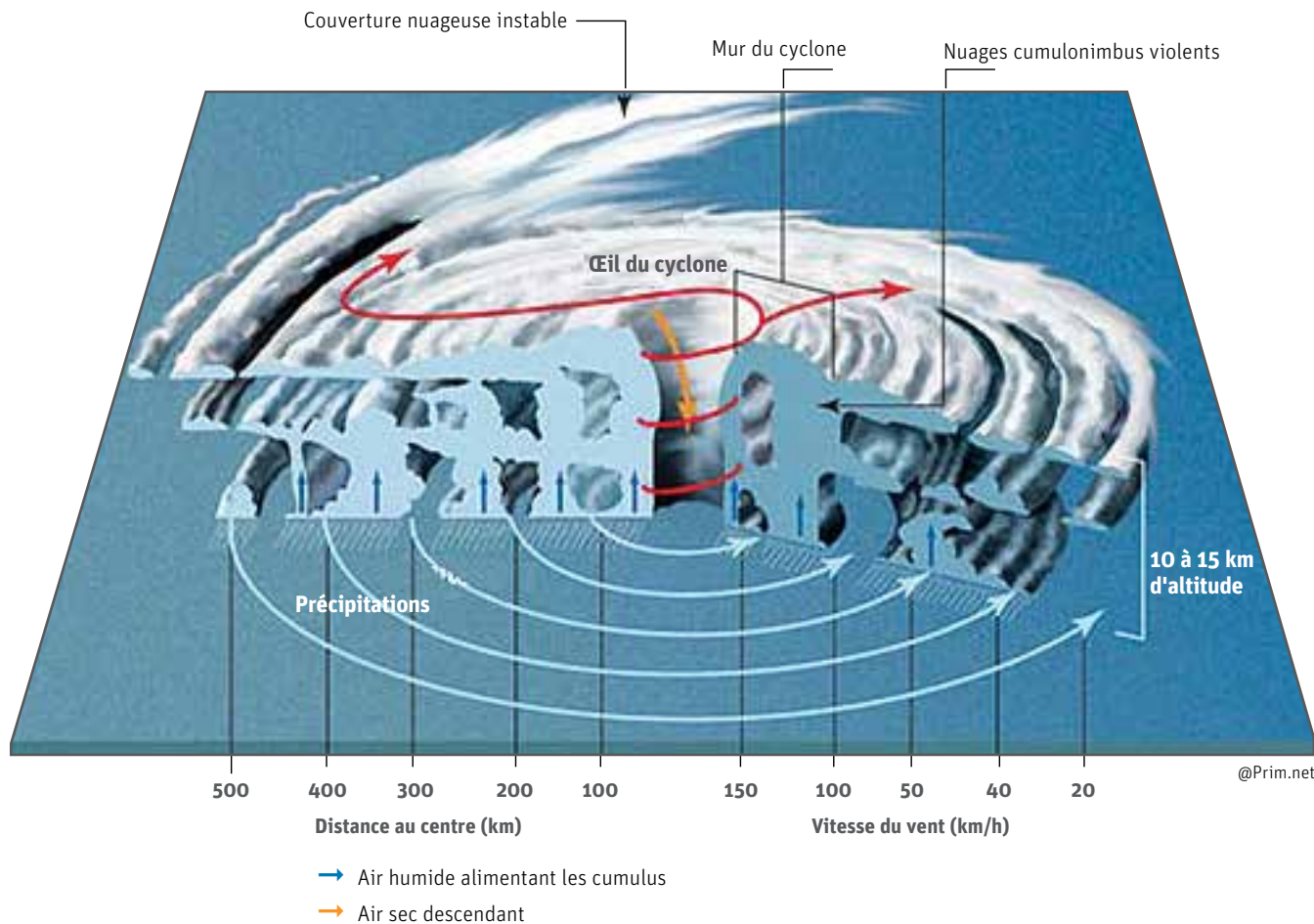


Image satellite des cyclones Gustav et Hanna
(1er septembre 2008)



Les cyclones se caractérisent par la conjonction de 3 principaux phénomènes qui engendrent des dégâts lors de leur passage :

1. une forte dépression atmosphérique à la surface de l'océan qui est maximale au niveau de son centre (valeur de dépression la plus basse au niveau de l'œil du cyclone) ;
2. des vents violents tourbillonnaires qui atteignent une intensité maximale dans une zone appelée le mur de l'œil, située à environ 30 à 50 km de l'œil ;
3. des pluies diluviennes qui peuvent se produire dans les bandes nuageuses spiralées s'étendant parfois jusqu'à 1 000 km de l'œil du cyclon.

Les phénomènes dangereux liés aux cyclones

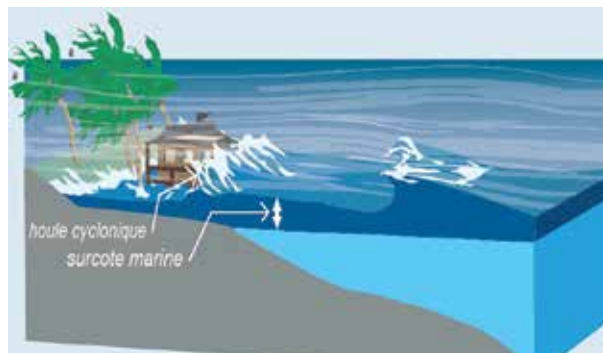
La houle cyclonique et la submersion marine

Lors du passage d'un cyclone, la chute de la pression atmosphérique et les vents violents provoquent une surélévation temporaire du niveau de la mer aussi appelée surcote marine. Ce phénomène, conjugué à l'effet de la houle cyclonique, peut engendrer une inondation ou une submersion de la zone côtière. La conjonction d'une forte surcote marine et de pluies diluviennes peut également aggraver le risque d'inondation au niveau des embouchures qui sont soumises à la double influence du fleuve et de la mer.

Situation normale



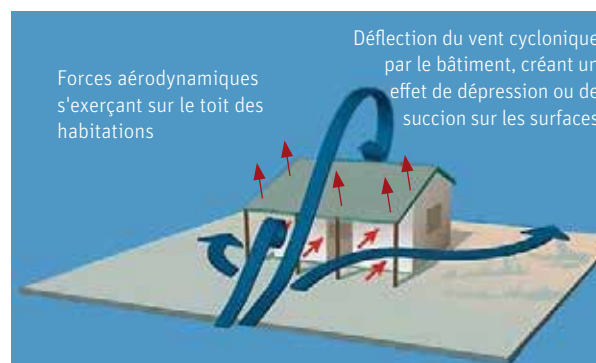
Situation cyclonique



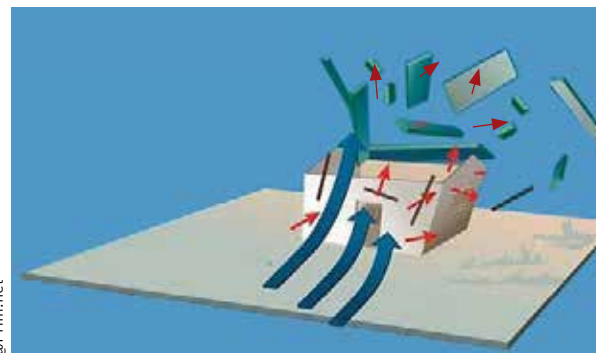
Des vents très violents

Les vents, dont les rafales peuvent dépasser 300 km/h, peuvent être à l'origine de dégâts considérables. En plus de l'impact direct sur les bâtiments et les structures, le vent peut aussi transformer en projectiles redoutables des objets parfois très lourds.

Forces aérodynamiques s'exerçant sur le toit des habitations



Effet destructeur final



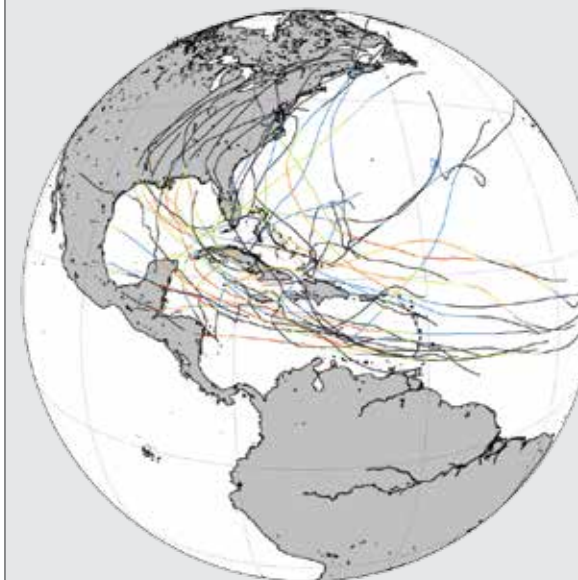
@Prim.net

Les précipitations

Celles-ci sont très variables selon le type de cyclone. On parle de cyclones « à vent » ou « à pluie ».

Ces pluies torrentielles provoquent des inondations et des mouvements de terrain. Les quantités d'eau cumulées sont d'autant plus importantes que le cyclone se déplace lentement.

Trajectoire des cyclones qui sont passés à proximité d'Haïti au cours des 15 dernières années. Sens classique de la trajectoire : du sud-est vers le nord-ouest.



Les cyclones se forment au milieu de l'océan Atlantique nord, traverse l'arc des caraïbes, et remontent puis, en général, meurent le long des côtes sud-ouest et ouest des Etats-Unis.



Le phénomène cyclonique en Haïti (vent et submersion marine)

La saison cyclonique en Atlantique Nord s'étend du mois de juin au mois de novembre. Concernant l'île d'Hispaniola, 33 perturbations sont passées près de ses côtes (à moins de 250 km) ces 15 dernières années, dont 16 cyclones et 15 tempêtes tropicales (source : projet NATHAT, 2010). Dans ce secteur, les cyclones ont une trajectoire généralement orientée du sud-est vers le nord-ouest.

D'après le *Caribbean Disaster Mitigation Project* (CDMP, 2000), les valeurs de vent potentiellement atteintes sur Haïti sont assez hétérogènes. L'intensité centennale s'échelonne d'environ 100 km/h dans le secteur nord de l'île à plus de 200 km/h sur la partie sud. L'orographie joue également un rôle important localement, les zones montagneuses étant plus exposées que les zones basses.

La configuration d'Haïti par rapport aux trajectoires cycloniques et sa proximité des îles et des bancs marins voisins réduisent son exposition aux houles cycloniques lointaines. La côte sud est cependant plus exposée car elle fait face au sens de propagation principal de la houle et n'est pas protégée par des îles environnantes. Les hauteurs de vagues cycloniques centennales atteignent 7 à 8 m dans ce secteur (CDMP, 2000). Si le cyclone passe à proximité de l'île, les vents violents peuvent également générer une agitation locale importante. Dans la baie de Port-au-Prince et sur le secteur nord de l'île, les hauteurs de vagues centennales sont de l'ordre de 5 à 6 m (CDMP, 2000).

L'ensemble des côtes peut être soumis à une surcote marine importante, en particulier si l'œil du cyclone traverse l'île

d'Hispaniola. Les baies et les secteurs à récifs sont les plus propices à la génération de surcotes importantes comme le secteur des Cayes où la surcote centennale est de l'ordre de 3 m. Sur le reste de l'île, elle dépasse rarement 1,5 m (CDMP, 2000). Les zones basses sont les secteurs les plus vulnérables à la submersion marine en cas de surcote marine et de houle importante. Par exemple, les secteurs de Gonaïves, Port-au-Prince et des Cayes ont des zones basses relativement étendues.



Classification des cyclones

- L'échelle de Saffir-Simpson est l'échelle de magnitude des cyclones tropicaux. Les cyclones y sont classés selon la vitesse moyenne des vents, mesurée sur une durée de 1 mn, à une hauteur de 10 m du sol.
- Si le vent est inférieur à 60 km/h, on parle de dépression tropicale. Entre 60 et 120 km/h, c'est une tempête tropicale. Si le vent dépasse 120 km/h, il s'agit d'un ouragan.
- Lorsque la vitesse du vent de la perturbation dépasse les 60 km/h, le cyclone prend automatiquement un prénom à partir d'une liste annuelle pré-établie. C'est ce prénom qui est utilisé dans les bulletins météorologiques. Cette liste est revue tous les cinq ans en alternant le masculin et le féminin.

Echelle de Saffir-Simpson et dommages associés

Catégorie	Vitesse vent (km/h)	Vagues (en pieds)	Dommages
I	120 - 151	1- 1.5	Mineurs
II	152 - 176	2 - 2.5	Modérés
III	177 - 206	3 - 4	Étendus
IV	208 - 248	4.5 - 6	Extrêmes
V	250 et plus	7 et plus	Catastrophiques

Conséquences sur les personnes, les biens et l'environnement

Conséquences humaines

Victimes corporelles et personnes sans abris. Les causes de décès ou de blessures sont dues aux marées de tempête provoquant l'inondation des zones basses littorales et aux vents violents. Les effets indirects liés aux fortes précipitations (chute de blocs, coulées boueuses...) peuvent également avoir des conséquences importantes.

Conséquences sur les biens

Destruction partielle ou totale des édifices, des infrastructures de transport, des infrastructures industrielles, des réseaux divers (eaux, électricité, télécommunication), des infrastructures agricoles, interruption des liaisons aériennes et maritimes. Ces destructions peuvent avoir un coût considérable.

Conséquences sur l'environnement

Destruction des zones forestières, des cultures, du bétail, dégâts sur la faune et la flore.

Les évènements cycloniques catastrophiques d'Haïti au cours du XXème siècle

Selon le CNM (inédit), plus d'une quinzaine de cyclones ont touché le territoire haïtien au cours des huit dernières décennies (dont 8 depuis 8 ans)

1935 (octobre) – Jérémie – près de 2 000 personnes ont péri dans les départements du Sud et du Sud-Est.

1954 (octobre) – Hazel – vitesse du vent jusqu'à 249 k/h, 500 et 1000 ont péri dans l'ensemble du pays.

1963 (septembre) – Flora – Environ 5 000 morts à Haïti, les départements touchés ont été ceux du Sud et de l'Ouest.

1964 (août) – Cléo – 192 morts, côte Sud plus spécialement touchée.

1966 (septembre) – Inez – Environ 700 morts dans le Sud et l'Ouest d'Haïti, vitesse du vent jusqu'à 170 k/h.

1980 (août) – Allen – Environ 200 morts sur la côte Sud (Les Cayes) particulièrement touchée ; vitesse du vent jusqu'à 270 k/h.

1988 (septembre) – Gilbert – probablement 30 morts ; côte Sud plus spécialement touchée.

1994 (août) – Gordon – Près de 2000 morts dans le département du Sud-Est.

1998 (septembre) – Georges – Ouest – Centre – Environ 150 morts en Haïti.

2004 (septembre) – Jeanne – environ 3 000 morts ou disparus, et 300 000 sinistrés, région nord d'Haïti et Haute Artibonite (ville de Gonaïves) plus particulièrement touchées.

2008 (août) – Fay – Tout le pays a été concerné ; une dizaine de victimes.

2008 (août) – Gustav – environ 90 morts, presque l'île du Sud particulièrement touchée.

2008 (août) – Hanna – Artibonite et Nord-Est (ville des Gonaïves) – Environ 780 morts à Haïti.

2008 (septembre) – Ike – Les départements du Nord et du Nord-Ouest (ville de Cabaret).

2010 (novembre) – Tomas – 3 morts, presque l'île du Sud touchée.

2012 (août) – Isaac – 19 personnes décédées, département du Sud-Est et de l'Ouest particulièrement touchés.

2012 (octobre) – Sandy – Départements du Sud, de l'Ouest et de la Grande Anse – Environ 50 morts et 200 000 sans-abris.

2016 (octobre) – Matthew – Départements Sud, Grand Anse, Nippes, Ouest (Ile de la Gonave) et Nord-Ouest – Environ 550 morts, vitesse du vent jusqu'à 230 km/h.

Inondations aux Gonaïves lors du cyclone Jeanne, 2004



©Minustah

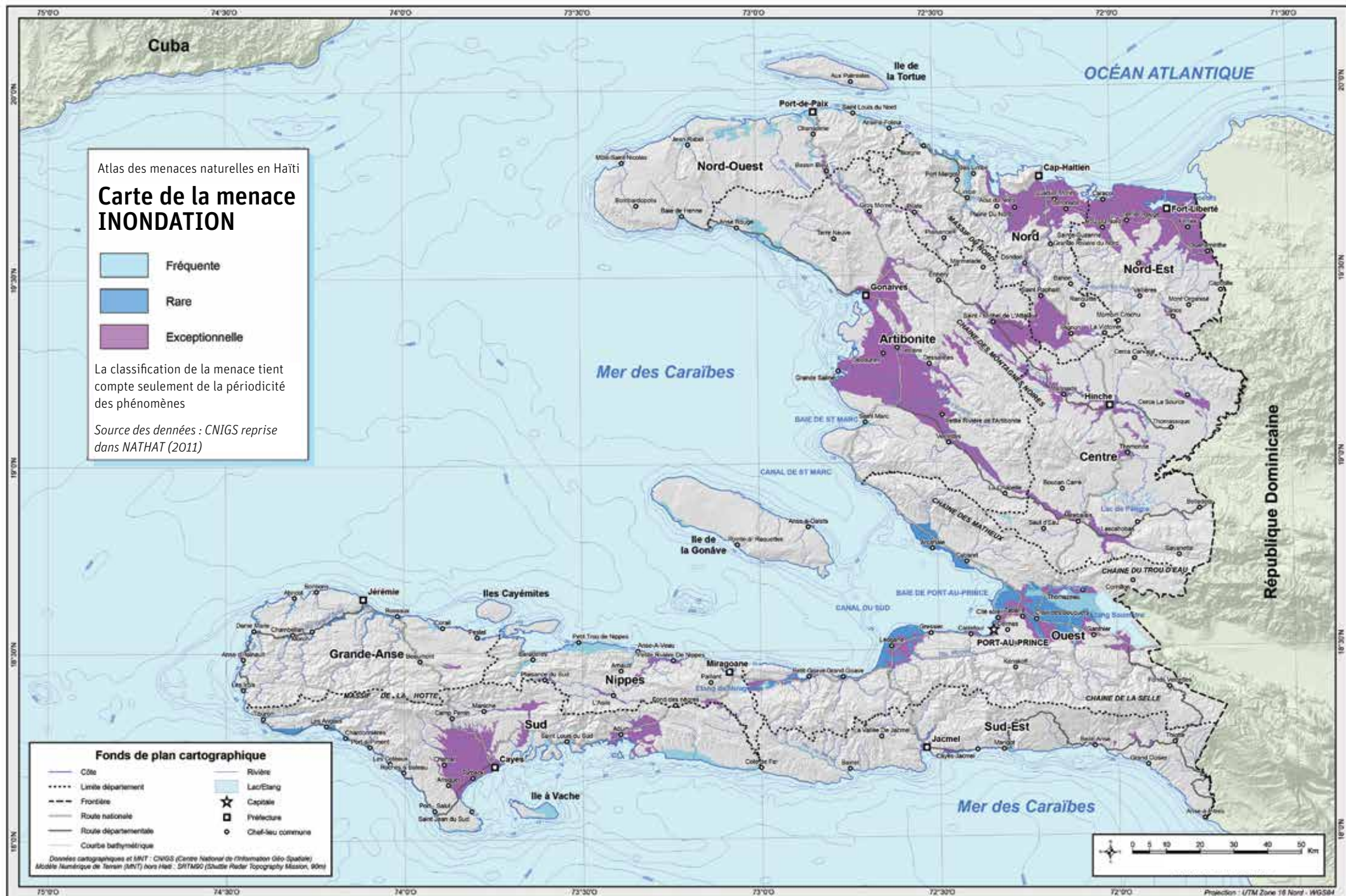
En septembre 2004, le cyclone Jeanne a causé le décès ou la disparition d'environ 3 000 personnes en Haïti dont la moitié aux Gonaïves. Près de 300 000 personnes se sont retrouvées sans abris.

Trajectoire du cyclone Jeanne, 2004



Source: Base IBTrACS

Le cyclone est apparu le 13 septembre à l'est de la Guadeloupe. Il a traversé la République Dominicaine le 17 septembre, et s'est dissipé le 29 au niveau des côtes de Floride. Il a donné lieu à d'importantes chutes de pluies sur les montagnes au nord et à l'est d'Haïti (plus de 330 mm), ce qui a engendré de graves inondations et des glissements de terrain et coulées de boue dans l'Artibonite, phénomènes aggravants résultant notamment de la déforestation extrême du territoire.



Atlas des menaces naturelles en Haïti

La menace Inondation





Qu'est-ce qu'une inondation ?

Le terme générique d'« inondation » signifie une submersion temporaire, naturelle ou artificielle, d'un espace terrestre.

Hormis les « invasions marines » (cf. menace cyclonique), on distingue différents types d'inondations d'origine naturelle (la rupture d'un barrage construit par l'Homme pouvant en être une autre cause), avec par ordre de gravité croissante due à leur potentiel destructeur :

Les inondations ou crues de plaine. On distingue :

- les inondations « pluviales » qui se produisent généralement dans les zones habitées par suite de l'imperméabilisation des sols par les activités humaines (routes, parkings, habitat...) ; elles se caractérisent généralement par de faibles vitesses (stagnation) ou de faibles hauteurs d'eau ;
- les inondations « fluviales » générées par le débordement de cours d'eau ; celui-ci sort de son lit mineur et occupe son lit majeur.

Les crues torrentielles qui se produisent dans les bassins versants plus pentus et qui se caractérisent par des vitesses d'écoulement élevées et un transport solide important (débris végétaux, matériaux rocheux...). Lorsque le transport solide dépasse en volume le transport liquide, on parle alors de coulées de boue ou laves torrentielles.

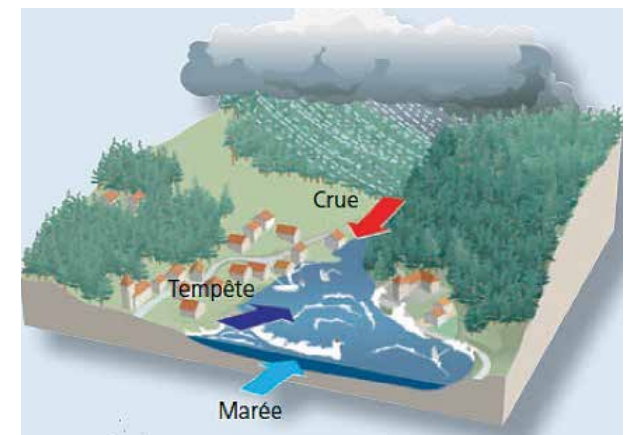
Les ruptures d'embâcle ou d'ouvrage : un embâcle consiste en l'obstruction d'un cours d'eau par la constitution d'une digue naturelle provoquant à son amont une retenue d'eau qui peut être importante. La digue peut être constituée, soit par l'accumulation progressive d'éléments solides (roches, végétaux) charriés par le cours d'eau, soit par l'obstruction soudaine du cours d'eau provoquée par un glissement ou un éboulement de terrain. La lame déversante et l'affouillement de la masse obstruant le cours d'eau provoquent la rupture brutale de la digue, ainsi que la propagation d'une onde de crue destructrice ; cette dernière est d'autant plus importante que le volume de la retenue et la hauteur de la digue avant sa rupture étaient importants.

Les inondations peuvent être à l'origine d'un nombre élevé de préjudices humains et de dommages matériels. A ces dommages s'ajoutent des conséquences indirectes comme le risque sanitaire, la nécessité de relogement provisoire, la paralysie de l'activité humaine, avec ses conséquences socio-économiques. On considère, en général, qu'une faible hauteur d'eau (quelques dizaines de centimètres) est suffisante pour qu'un adulte (et a fortiori une personne plus faible) ait du mal à se déplacer. Dès 0,5 m de hauteur d'eau et une vitesse du courant de 0,5 m/s, un adulte ne peut plus lutter contre le courant.

Autre type d'inondation : Inondation en bordure de mer, dans les zones d'estuaire

Il s'agit dans ce cas de la conjonction de la crue du fleuve, de fortes marées et d'une situation météorologique de basses pressions (tempête, dépression tropicale, cyclone).

Conjonction d'une submersion marine avec une inondation fluviale



Source : MEDD-France, 2004

Exemple aux Gonaïves, septembre 2004



© Minustah

Qu'est-ce qu'une crue ?

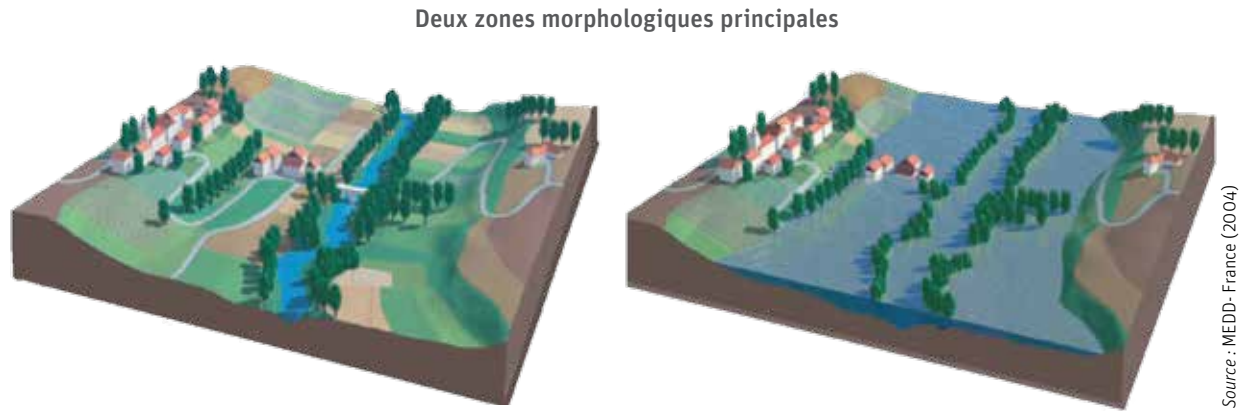
Une crue correspond à une forte augmentation de la quantité d'eau qui s'écoule dans une rivière (c'est-à-dire du débit). L'importance de l'inondation dépend de trois paramètres :

- la hauteur d'eau ;
- la vitesse de l'écoulement ;
- la durée de la crue.

Eux-mêmes vont dépendre de l'importance des précipitations, de la géométrie du bassin versant drainé et des caractéristiques du lit du cours d'eau (largeur, profondeur, encombrement ...).

Lors d'une crue, on distingue :

- les zones d'écoulement, au voisinage du lit mineur ou des chenaux de crues, où le courant a une forte vitesse ;
- les zones d'expansion de crues ou de stockage des eaux, où la vitesse du courant est faible. Cette zone de stockage est fondamentale, car elle permet la réduction du débit et de la vitesse de montée des eaux à l'aval. Elle concerne généralement le lit majeur.



Le lit mineur ; celui-ci correspond à la zone d'écoulement ordinaire du cours d'eau, à son débit minimum (débit d'étiage) ou lors de ses crues fréquentes (crues annuelles).

Le lit majeur ; il comprend les zones basses situées de part et d'autre du lit mineur, sur une distance qui va de quelques mètres à plusieurs kilomètres. Sa limite est celle atteinte par les crues exceptionnelles.

Source : MEDD- France (2004)



**Le lit majeur fait donc partie intégrante de la rivière.
En s'y implantant, on s'installe donc dans la rivière !**



Les inondations historiques catastrophiques en Haïti

Les inondations historiques catastrophiques ont été nombreuses sur le territoire d'Haïti. Dans le tableau ci-dessous sont listées les principales inondations survenues depuis une cinquantaine d'années. Pour celles relatives à un événement cyclonique, le lecteur se référera au chapitre sur la menace cyclonique.

Inondations (hors cyclones) recensées entre 1963 et 2014

Date	Région touchée	Décès ou disparus	Sans abris ou sinistrés	Maisons inondées ou détruites
14/11/1963	Grande Rivière du Nord	500		
20/05/1972	Les Cayes	20		
10/06/1984	Port-de-Paix			
01/06/1986	Les Cayes			>1000
23/10/1986	Ile de la Gonâve	31	906	>380
27/04/1987	Port-de-Paix			
08/05/1987	Thiotte (Sud-Est), Port-au-Prince	3	>100	
27/01/1988	Nord-Ouest	>15	1000	
20/06/1988	L'Estère dans le département de l'Artibonite			
08/10/1988	Plaine de Léogane			
23/02/1989	Ile de la Gonâve			3167
24-27/05/2002	Sud : Camp Perrin, Azile, Anse à Veau	45	7000	
23-24/05/2004	Sud-Est	2675	31 130	
04/10/2005	Ouest			
22-23/11/2006	Grande Anse, Nippes, Nord-ouest			
17/03/2007	Six départements	8	360	
08-09/05/2007	Nord, Nord-est, Sud			
20/10/2009	Port-au-Prince	5		
27/02/2010	Sud, Ouest, Centre, Les Cayes	10		
30/09/2010	Sud, Nippes	14		
06/06/2011	Tout le pays	29		
08-09/2012	Nord	11		880
02-04/11/2014	Nord	9		>1000

source : www.Haiti-reference.com

Inondation « pluviale » à Cap-Haïtien, 2012



©nouvelobs.com

Inondation « fluviale » en lits mineur et majeur à Mapou, mai 2004



© USGS

Inondation « fluviale » en lit mineur et majeur (ancien pont de Limbé, dans le Nord d'Haïti)



© nancyroc.com



Cartographie de la menace inondation

La première étude recensant les inondations remarquables depuis 1959 et cartographiant les zones à risque d'inondation en Haïti date de 2002 (étude OXFAM : « Cartes et étude de risques, de la vulnérabilité et des capacités de réponse en Haïti »). Suite à deux événements naturels particulièrement intenses et meurtriers, en mai et septembre 2004, une consultation en vue de la réalisation de cartes recensant les zones potentiellement inondables a été lancée (projet PNUD HAI/03/002) en appui à la mise en œuvre du Plan National de Gestion des Risques et des Désastres (PNGRD) avec un objectif de rendu cartographique à deux échelles complémentaires :

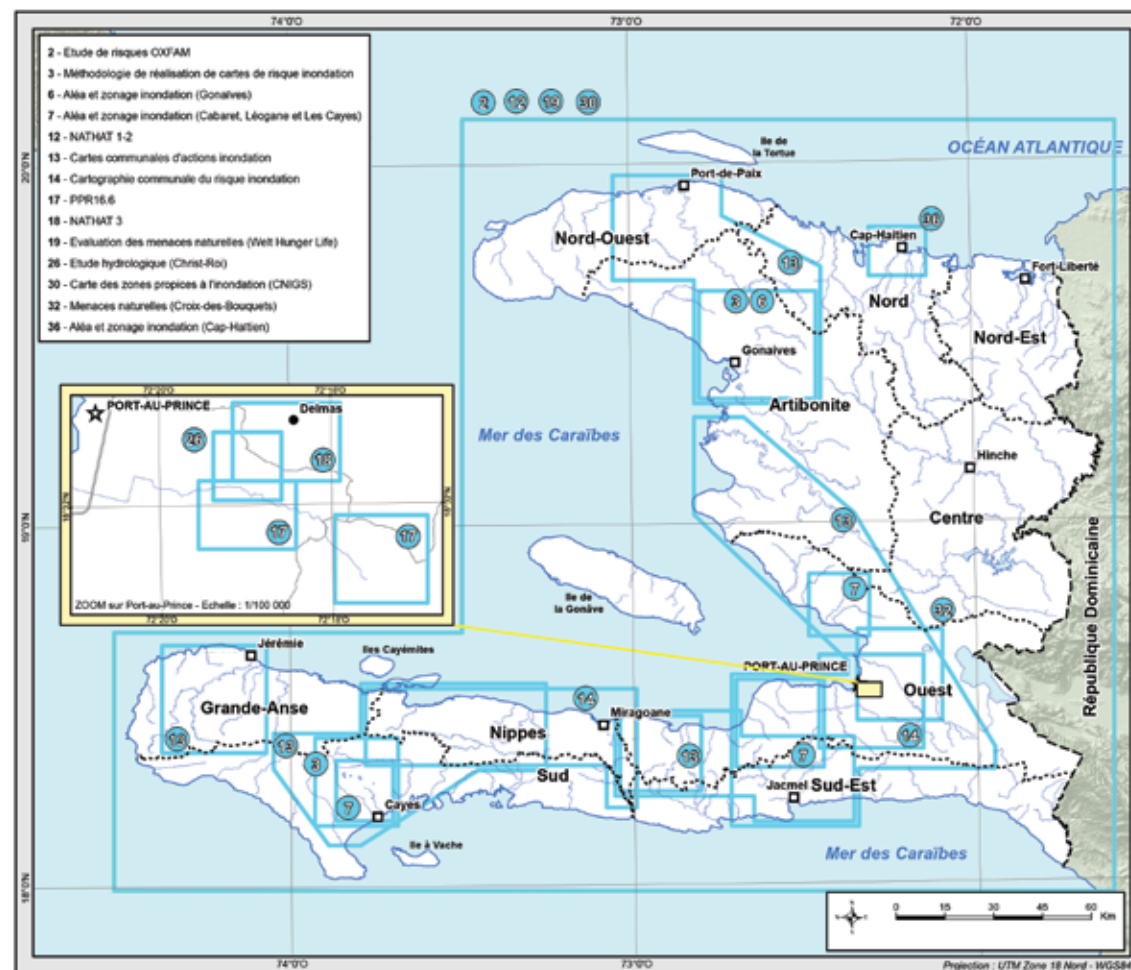
- une cartographie à l'échelle du 1/100 000 sur tout le territoire. Celle-ci, est à vocation informative et doit permettre d'identifier des zones prioritaires pour élaborer des cartographies plus précises ;
- une cartographie plus précise et opérationnelle dans les zones les plus exposées. Cette cartographie, réalisée à une échelle allant du 1/25 000 au 1/5 000, doit servir de base à des actions de prévention, de gestion de crise ou encore de planification de l'aménagement.

Suite à un inventaire concluant à l'insuffisance des données de base, topographiques, cartographiques et hydro-météorologiques disponibles, le choix méthodologique s'est porté sur l'approche hydro-géomorphologique à caractère naturaliste. Néanmoins, en zone urbaine, des modélisations hydrauliques associées à des Modèles Numériques de Terrain ont été utilisés pour définir les aléas sur plusieurs quartiers de Port-au-Prince.

Carte nationale des zones potentiellement inondables : réalisée par le CNIGS (2002), elle identifie les zones potentiellement inondables à l'échelle du 1/1 000 000 en les décomposant en trois catégories suivant leur fréquence potentielle de survenance : fréquente, rare, exceptionnelle. Cette carte s'appuie initialement sur les résultats des projets OXFAM (2002) et NATHAT (2011). Ce dernier projet a permis d'apporter des précisions à la première carte, par une cartographie au 1/100 000 de certaines zones.

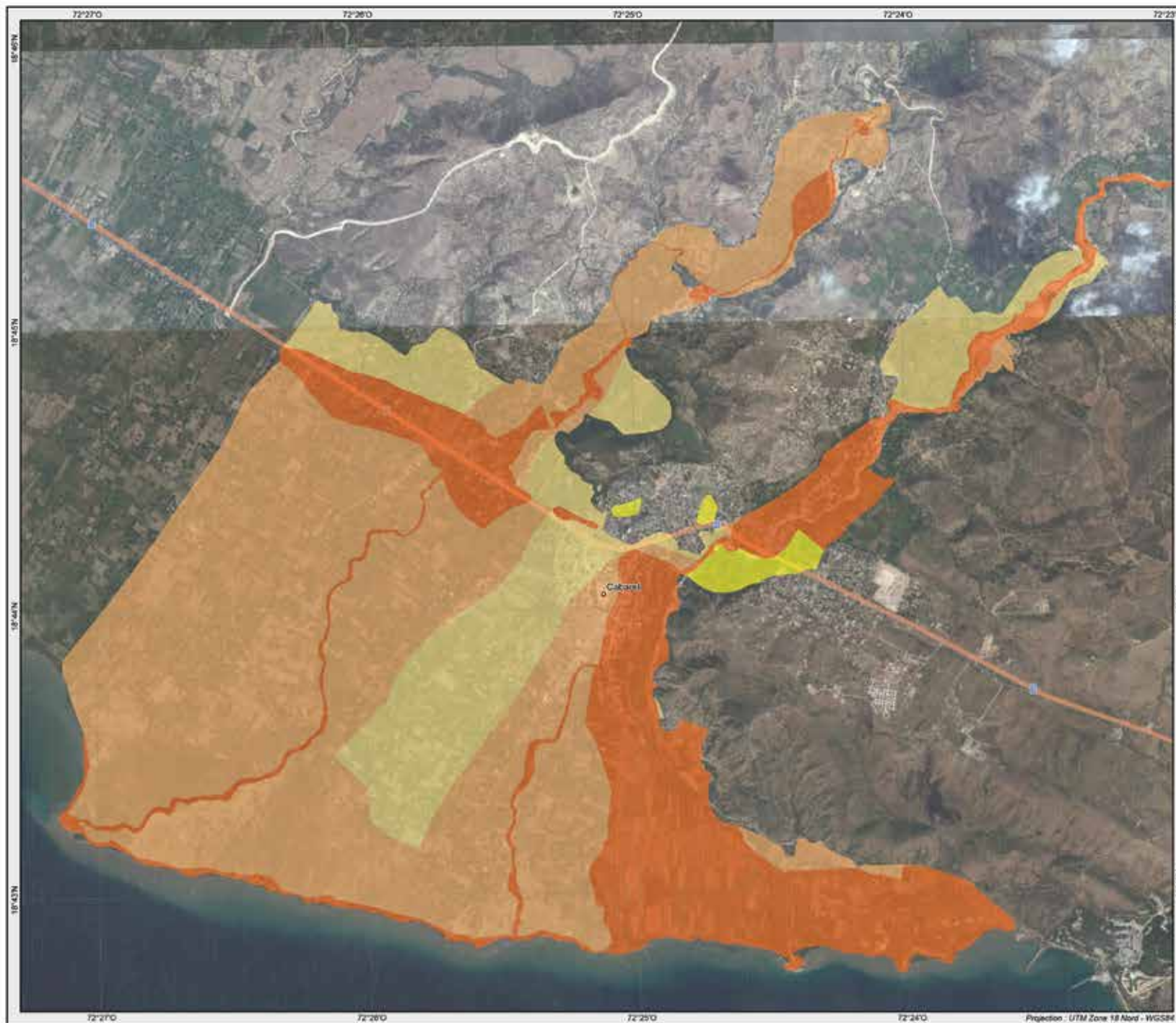
Cartes au 1/25 000 : elles ont été réalisées avec la méthode hydro-géomorphologique par le CNIGS et les bureaux d'étude Géosciences Consultants et Signalert, entre 2009 et 2015 (Guillande, 2009 a et b, 2015). Elles sont ici restituées au 1/50 000 ou 1/25 000 selon les dimensions des secteurs concernés.

Périmètres des études de la menace Inondation en Haïti



Remarque : les références relatives à ces différentes études sont données en fin de document dans le tableau qui accompagne la carte de synthèse des études.





Atlas des menaces naturelles en Haïti

Carte de l'aléa INONDATION sur la commune de CABARET

- Aléa fort (Hauteur d'eau de 1 à 2.5 m)
- Aléa moyen (Hauteur d'eau de 0.5 à 1 m)
- Aléa faible (Hauteur d'eau < 0.5 m)
- Aléa nul à faible (0 à quelques centimètres)

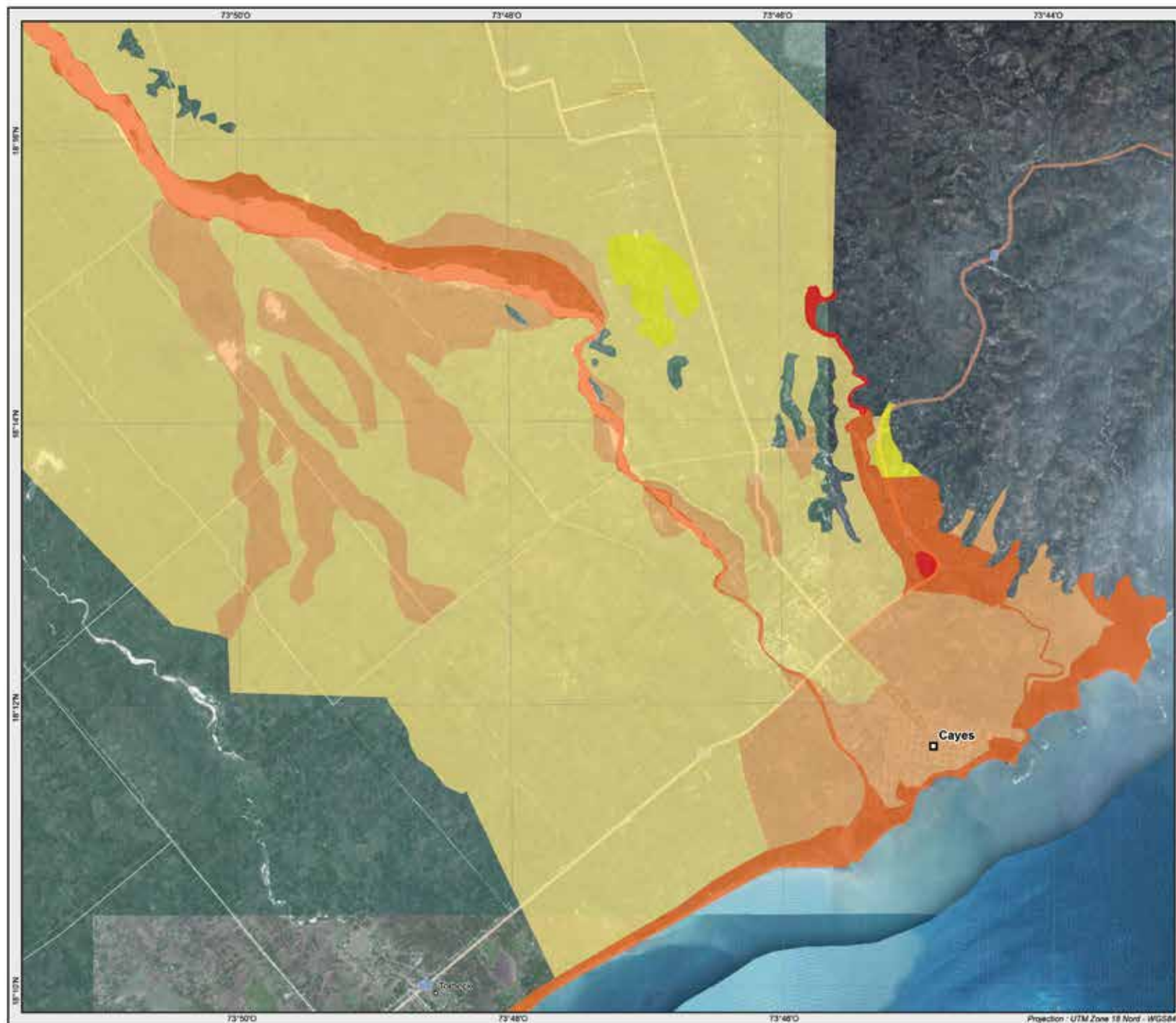
Source des données :
Cartographie d'aléa sur la zone de Cabaret
CNIGS - GEOSCIENCES CONSULTANTS, 2009



Image satellitaire : Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community



Carte de l'aléa INONDATION sur la commune des CAYES

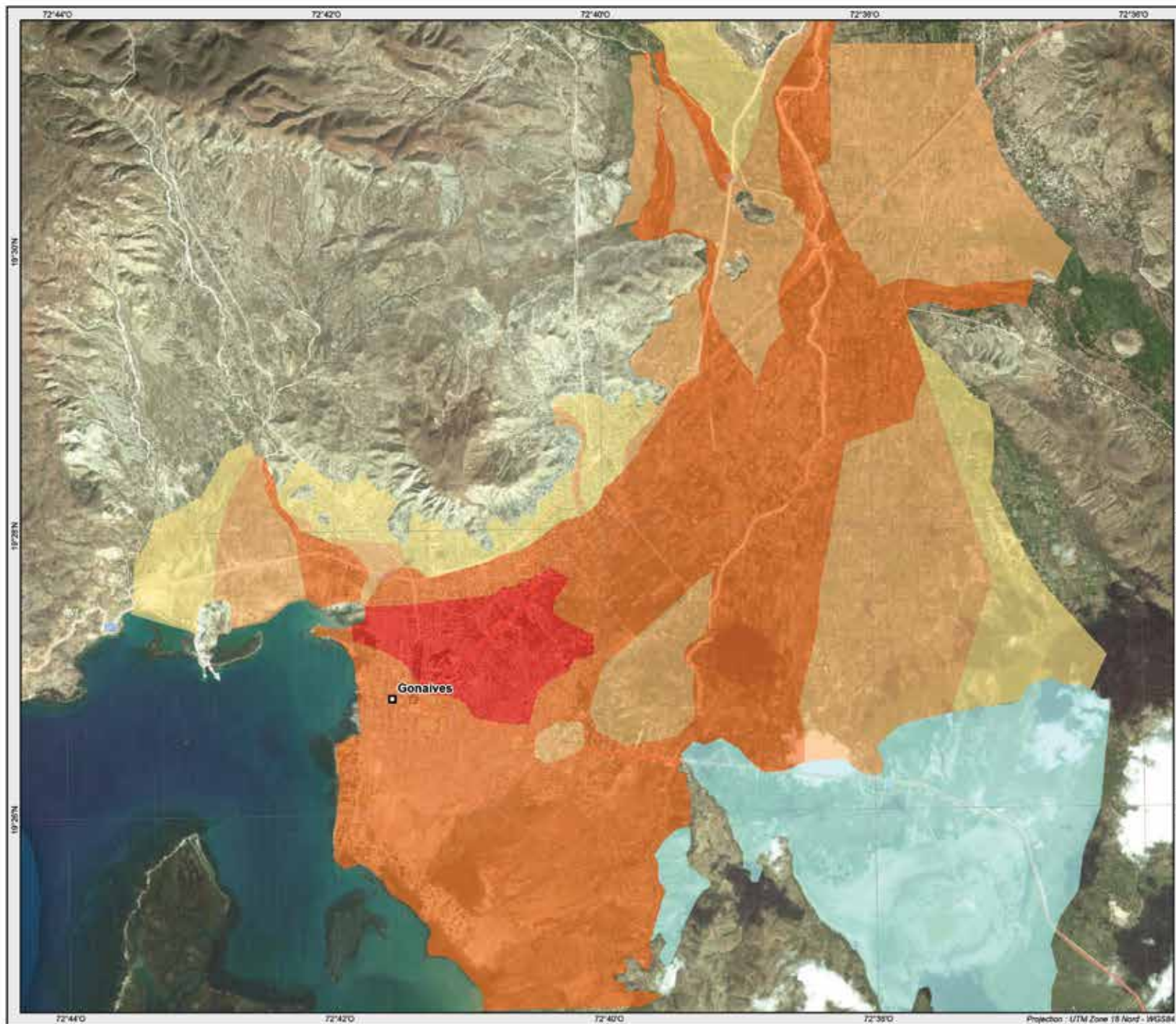


Source des données :
Cartographie d'aléa sur la zone : Les Cayes
CNIGS - GEOSCIENCES CONSULTANTS, 2009

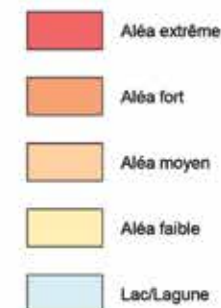


Image satellitaire : Eri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community





Carte de l'aléa INONDATION sur la commune de GONAÏVES

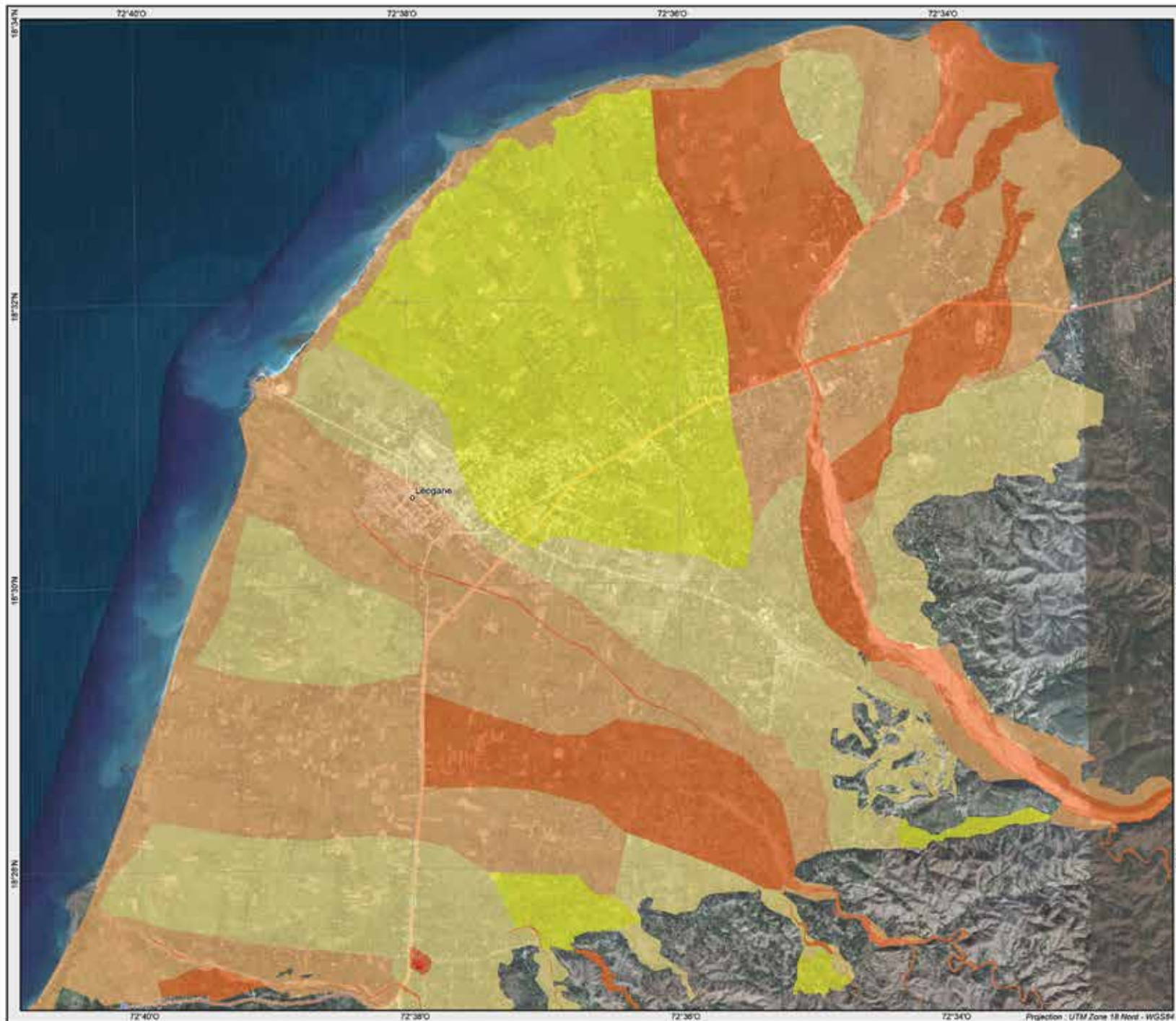


Source des données :
Cartographie d'aléa sur la zone de Gonaïve
CNIGS - GEOSCIENCES CONSULTANTS, 2009



Image satellitaire : Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community





Carte de l'aléa INONDATION sur la commune de LÉOGANE

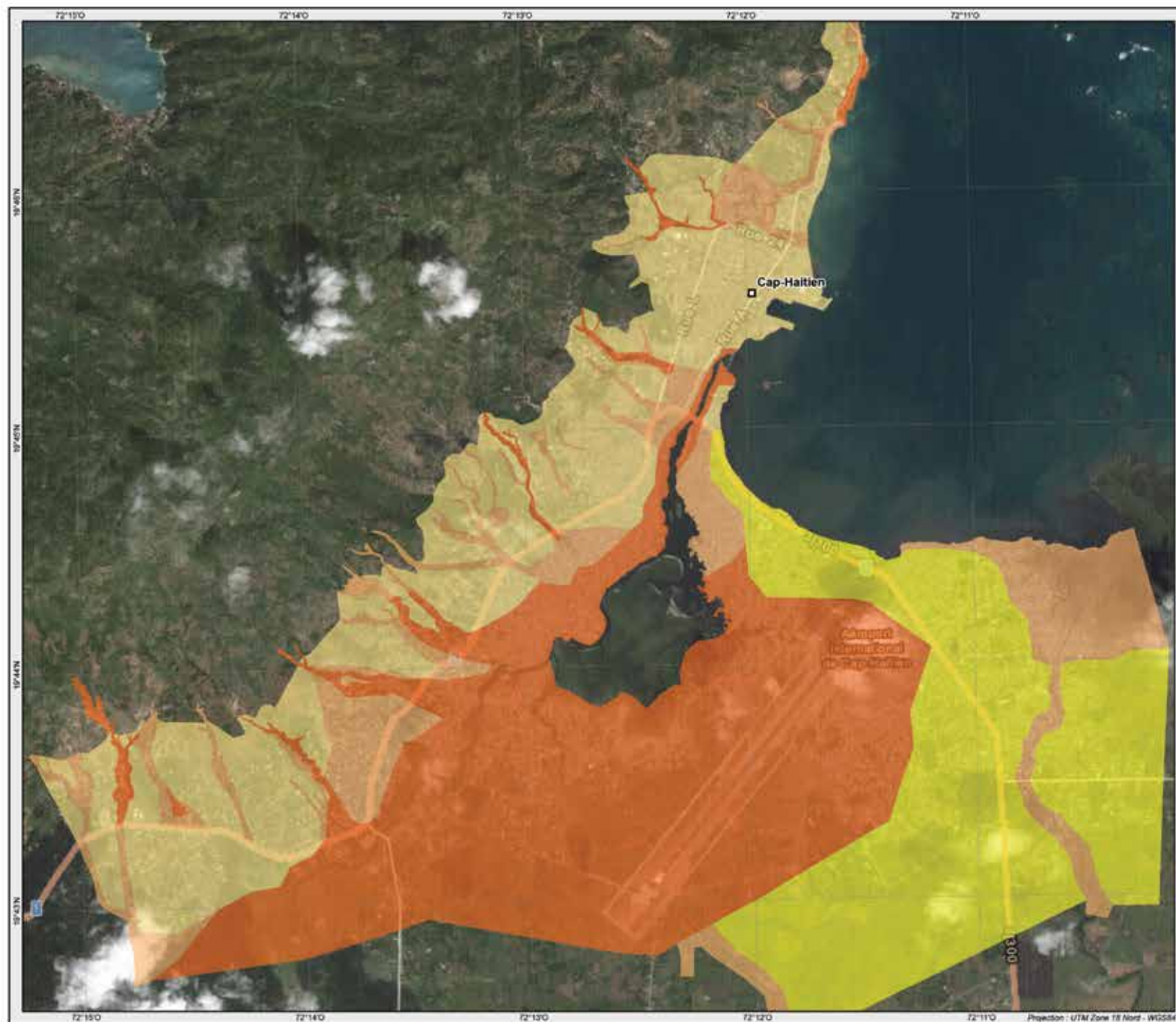


Source des données :
Cartographie d'aléa sur la zone de Léogane
CNIGS - GEOSCIENCES CONSULTANTS, 2009



Image satellitaire : Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA, USGS, AEX, Geomapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community





Carte de l'aléa INONDATION sur la commune de CAP-HAÏTIEN

- Aléa fort à très fort
- Aléa modéré à fort
- Aléa faible à modéré (sur les pentes ou au pied des mornes)
- Aléa faible à modéré (en plaine)

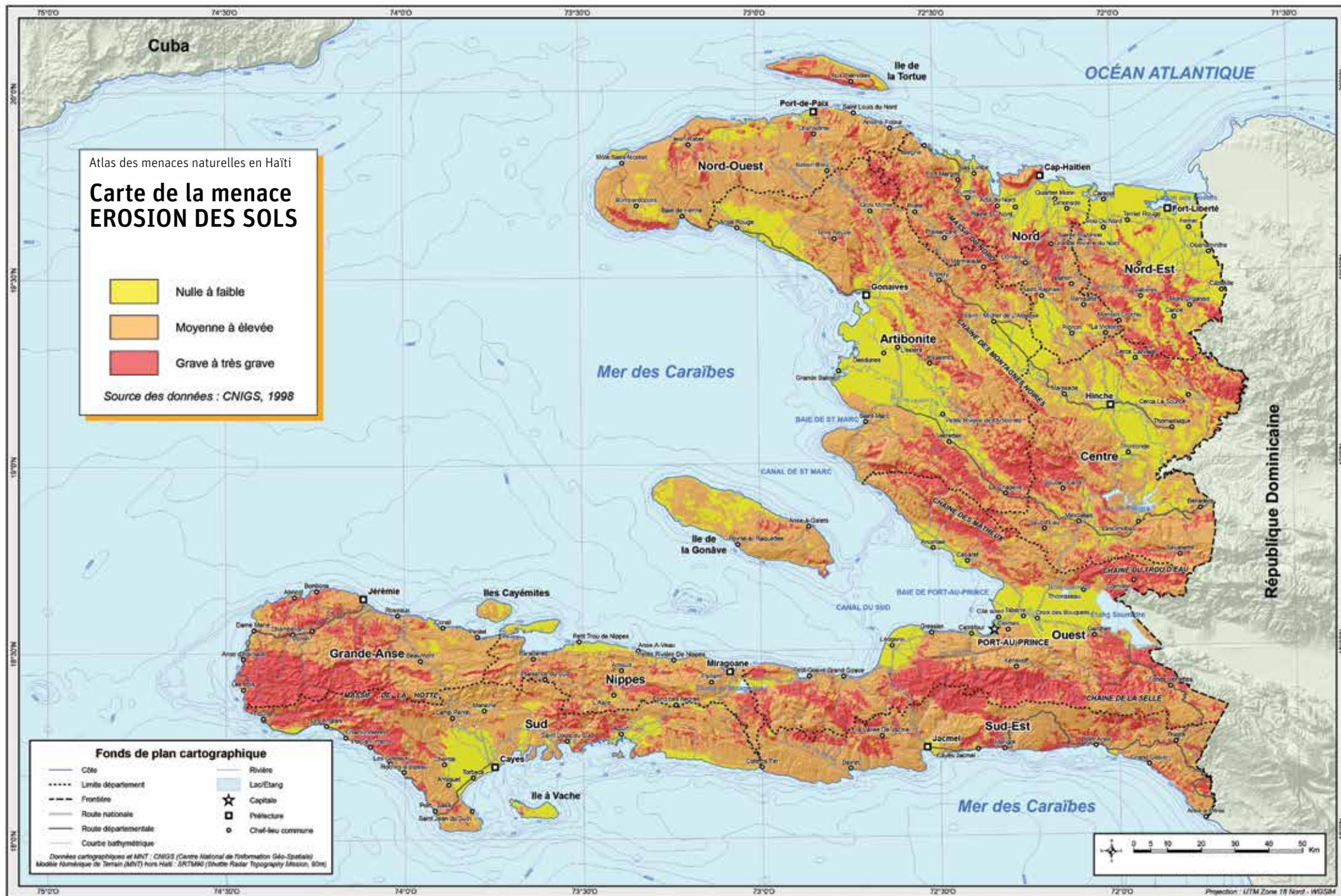
Source des données :
Carte de niveau de danger inondation et écoulement
sur la zone de Cap Haïtien
SIGNALERT, 2015



Image satellitaire : Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community







Atlas des menaces naturelles en Haïti

La menace Erosion des sols





La menace Erosion des sols

Qu'est-ce que l'érosion des sols ?

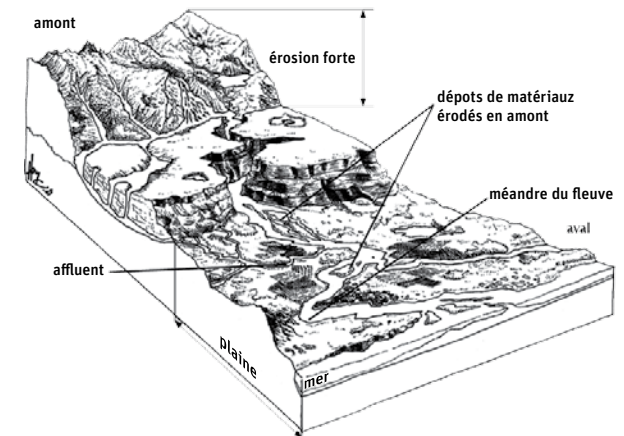
Le terme d'érosion désigne un décapage superficiel des sols et des formations géologiques affleurantes. L'érosion est souvent considérée comme un phénomène lent et progressif, mais ses conséquences peuvent être brutales et dangereuses. Elle participe à la destruction des terres agricoles (disparition des terres arables) et à la survenance des mouvements de terrain.

La dégradation des terres et la désertification affectent environ 65% de la surface de la planète (érosion, désertification, salinisation des sols). L'érosion des sols est reconnue comme la cause directe de la détérioration des conditions de vie et de la pauvreté dans de nombreuses régions du monde. Elle se produit quand tout ou partie du sol est déplacé hors de son lieu initial, sur une distance variable, par l'action de l'eau, du vent, des pratiques agricoles et des aménagements humains. On distingue 3 grands types d'érosion :

- **l'érosion éolienne** : dans ce cas c'est le vent qui arrache les particules constituant les sols. L'érosion éolienne se produit principalement en zone aride ;
- **l'érosion hydrique** des sols est un phénomène naturel qui se déroule en deux étapes : le détachement de particules de sol et des petits agrégats par l'impact des gouttes de pluie et/ou le ruissellement, puis leur entraînement vers l'aval par ruissellement ;
- **l'érosion liée aux pratiques aratoires ou culturales** : l'érosion hydrique est influencée par les opérations culturales, notamment par la profondeur de travail du sol, le sens dans lequel celui-ci se fait, la période des labours, le type d'instruments aratoires et le nombre de passages. Généralement, moins le travail du sol perturbe la végétation ou la couche de résidus de végétaux en surface ou près de la surface, moins le travail du sol engendre d'érosion hydrique. Le travail réduit du sol et le semis direct sont des moyens efficaces pour limiter ce type d'érosion. Au contraire, les pratiques aratoires réalisées dans le sens de la pente favorisent l'érosion

hydrique en offrant des voies d'écoulement aux eaux de ruissellement. Le travail du sol à contre-pente et les techniques de labour suivant les courbes de niveau s'opposent à la concentration des eaux de ruissellement et limitent les déplacements de sol.

Représentation schématique des processus conduisant à l'érosion



On distingue deux formes principales d'érosion en Haïti :

L'érosion en nappe est caractérisée par une eau de ruissellement de faible hauteur, sans griffes ou rigoles visibles. Sous l'effet de l'impact des gouttes de pluie, les particules sont arrachées et transportées. Elle se produit habituellement d'une manière égale sur une pente uniforme et passe inaperçue jusqu'à ce que la quasi-totalité de la couche arable productive ait été enlevée.

Les signes qui permettent de caractériser l'érosion en nappe sont l'apparition de plages de la couleur du substrat aux endroits les plus décapés et la remontée de cailloux à la surface du sol.

Exemple d'érosion en nappe des mornes proches de Lafiteau (département de l'Ouest)



©BRGM - D. Bertil/BRGM, 2013

L'érosion linéaire intervient quand les eaux de ruissellement se concentrent. Dans un premier temps, des flaques se forment. En débordant, les flaques communiquent entre elles et des lignes d'écoulement apparaissent selon la ligne de plus grande pente.

Selon la profondeur de ces lignes, on parle :

- de griffes (profondeur < 5 cm) ;
- de rigoles (profondeur > 10 cm) ;
- de nappes ravinantes (profondeur 10 à 20 cm, quelques mètres de large) ;
- de ravines (profondeur > 50 cm).

Exemple d'érosion linéaire sur la commune de Fonds-Verettes



Source : Lilin, 2007

Les facteurs de l'érosion

● La pluie :

c'est le paramètre déclencheur essentiel de l'érosion. Le processus de ruissellement se produit lorsque l'intensité de la pluie dépasse la capacité d'infiltration de la surface du sol ou lorsque le profil de sol est saturé. Les phénomènes climatiques exceptionnels avec des pluies à caractère torrentiel (en particulier en période cyclonique) génèrent un ruissellement accru sur des sols présentant une sensibilité à l'érosion, grave à très grave.

● Le sol :

les sols limoneux et sablo-limoneux sont particulièrement sensibles à l'érosion, notamment lorsqu'ils sont pauvres en humus (couche supérieure du sol créée et entretenue par la décomposition de la matière organique). L'évolution des sols est plus avancée dans les zones humides et sur des pentes faibles. Les sols moins évolués se rencontrent sur des pentes fortes, où le ruissellement (avec ou sans couverture pérenne) entraîne en permanence les éléments fins du sol, ou encore en zone sèche car la faible pluviométrie ralentit la vitesse d'altération des sols.

● Le relief :

l'érosion croît lorsque les pentes sont longues ou assez fortes (les rigoles apparaissent dès 2 % de pente).

● L'exploitation du sol :

celle-ci a une grande importance dans la problématique de la gestion de l'eau. Les éléments influant sont la taille, la forme, le positionnement et l'orientation des parcelles, l'assolement pratiqué sur l'ensemble d'un bassin versant, les éléments fixes du paysage (haies, forêts...). La déforestation généralisée que connaît Haïti est un facteur majeur d'aggravation de l'aléa érosion des sols, de même que la culture sur les fortes pentes, sans mise en place de dispositifs anti-érosifs.

La déforestation

En 1492 (découverte des Amériques par Christophe Colomb), la forêt couvrait l'essentiel du territoire haïtien, 50 % en 1791 durant la colonisation française, 21,6 % en 1945 (fin de la 2^{ème} guerre mondiale), 4 % en 1986. Aujourd'hui, Haïti est l'un des pays les plus déboisés au monde, avec une couverture forestière estimée à seulement, et dramatiquement, entre 1 et 3 % de la superficie du pays (Agroconsult Haiti S.A., 2009). 25 de ses 30 bassins versants sont fortement ou complètement déboisés. La consommation de bois de menuiserie et de chauffage et de charbon est 3 à 4 fois supérieure à la capacité de renouvellement du couvert forestier. Les forêts naturelles se limitent à 20 000 ha (Macaya, parc de la Visite, forêt des Pins). Seuls, les départements méridionaux (Sud, Grande Anse, Sud-Est, Ouest et les Nippes) possèdent encore des lambeaux de couverture forestière. L'important département agricole de l'Artibonite est presque entièrement déboisé. La déforestation contribue à la dégradation des sols, aux inondations, à la désertification, et à la rareté des ressources en eau.

Approvisionnement de Port-au-Prince en charbon de bois



©BRGM - M. Terrier

Aujourd'hui, 70 % du bois récolté est utilisé pour faire du charbon. Le charbon de bois est utilisé principalement pour la cuisson domestique, mais aussi pour d'autres usages (boulangerie, blanchisserie, distillerie, etc.). En majeure partie, le déboisement se fait pour obtenir des terres de culture. Le tremblement de terre du 12 janvier 2010 a poussé 600 000 personnes à quitter les zones urbaines sinistrées à la recherche d'abri chez des parents ou amis vivant en zone rurale, ce qui a augmenté le nombre de personnes qui dépendent des produits forestiers (Oxfam, 2014).



Culture sur les fortes pentes

L'économie d'Haïti repose principalement sur une agriculture de subsistance pratiquée sur des sols à forte pente. Plus de 50 % du territoire est constitué de sols fragiles établis sur des pentes supérieures à 40 %. Cette configuration du relief, la déforestation et les techniques de culture sans dispositifs anti-érosifs entraînent le départ accéléré de la couche arable.

Exemple de culture sur de fortes pentes façonnées en terrasses dans le massif de la Selle (département de l'Ouest)

La déforestation et la culture des pentes ont favorisé un glissement de terrain (visible en amont de la route) et le départ progressif des terres arables.

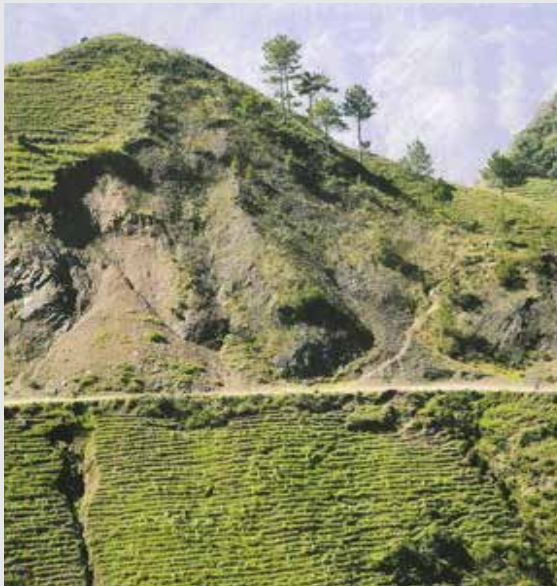


Photo extraite de « Parc national de la Viste, Fondation SEGUIN, 10 ans, ISBN 978-99970-4-209-5

Des conséquences multiples

Les effets de l'érosion des sols vont au-delà de la perte de terres fertiles, avec une augmentation de la pollution et des dépôts sédimentaires dans les ruisseaux et rivières, le colmatage des retenues et barrages, conduisant à une menace sur la flore et la faune aquatiques (cours d'eau, lacs, lagons). L'érosion entraîne une perte de fertilité des terres arables, donc une baisse du rendement agricole. Dans le contexte d'Haïti, la pauvreté des paysans conduit à la recherche de revenus complémentaires, en particulier la production de charbon de bois, amplifiant de fait la déforestation. La dégradation durable de l'outil de travail des agriculteurs conduit à terme à l'exode rural vers les villes et, en particulier, la capitale du pays, dans des conditions de vie précaires (insalubrité, violence, surpopulation).

La dégradation de la qualité des cours d'eau et des lacs (turbidité, comblement) est synonyme de menace sur le potentiel économique réel que représente l'aquaculture, et sur les projets de développement des retenues collinaires (INESA, 2008). Il en est de même au niveau des côtes, avec une arrivée massive de sédiments drainés par les cours d'eau, sédiments qui entravent la croissance des coraux, pouvant même à terme entraîner leur extinction, réduire l'habitat et la diversité de la faune marine et bouleverser les équilibres du milieu. La turbidité des eaux réduit également l'attrait touristique des plages.

La situation de l'érosion en Haïti

Plus de 50 % du territoire d'Haïti, essentiellement dans les zones de relief, est soumis à une menace importante d'érosion et pas moins de 6 % des terres seraient actuellement atteintes d'érosion irréversible (INESA, 2008). On estime que l'érosion a graduellement éliminé trois centimètres d'épaisseur de couche de terre fertile au cours des cinq dernières décennies et, ceci, en moyenne, sur l'ensemble du territoire. L'érosion hydrique est principalement responsable de ce constat alarmant. Celle-ci résulte de la combinaison de plusieurs facteurs : importantes dénivellations, faible couverture végétale, pluies violentes, pratiques agricoles inadaptées et déforestation.

L'érosion hydrique provoque pour l'ensemble du pays une perte annuelle en terres évaluée à environ 37 millions de tonnes de matière. Ceci correspond à une perte moyenne avoisinant 15 tonnes de matière par hectare et par an (TM/ha/an) à l'échelle du pays. Des zones gravement touchées se trouvent dans tout le pays avec cependant des variations significatives selon la région considérée. La région Ouest présente les vitesses d'érosion les plus élevées, avec en moyenne 18 TM/ha/an. La région Sud (comprenant les départements du Sud et de la Grande Anse) est celle où les taux d'érosion sont les moins importants, avec une moyenne d'environ 11 TM/ha/an. Il est aussi rapporté des ampleurs atteignant le stade d'irréversibilité dans le Sud-Est, le Sud, le Nord-Ouest, l'Ouest et le Centre (INESA, 2008).

Cartographie de la menace érosion des sols

La cartographie de la menace « Erosion des Sols » réalisée sur Haïti (Source : CATHALAC, reprise dans le rapport NATHAT, 2010) a permis de définir 3 niveaux de menace. Le niveau de menace faible correspond à des zones planes ou peu pentues, correctement protégées par une couverture végétale suffisamment développée. Les sols présentent une capacité d'infiltration plutôt forte, avec un niveau d'érodibilité inversement faible.

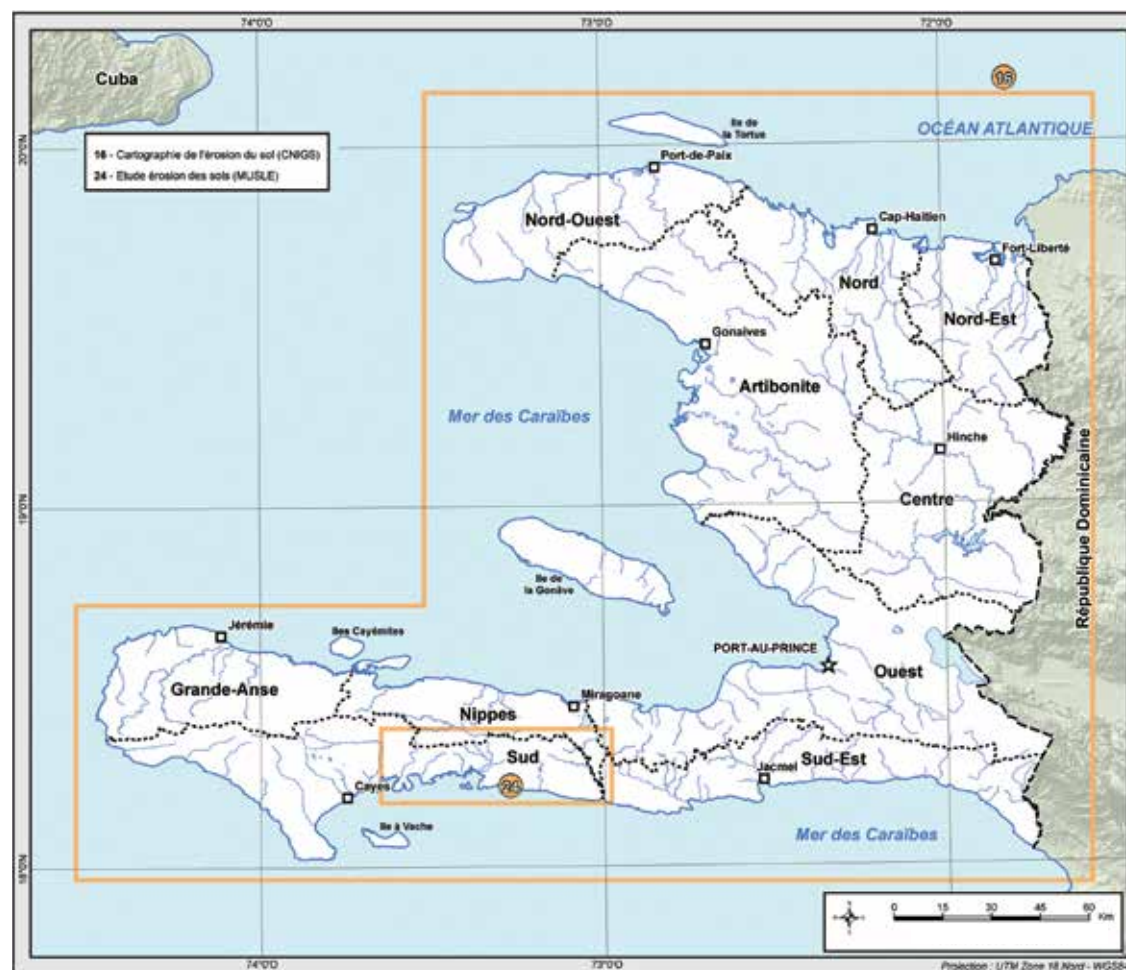
Les niveaux de menace plus élevés correspondent à des zones pentues à fortement pentues, souvent sans couverture arborée, et dont les types de sols sont potentiellement vulnérables.

La cartographie nationale montre la distribution des zones les plus menacées par l'érosion intense et la perte des sols dans la région Sud d'Haïti (Cul-de-Sac, Port-au-Prince, massif de la Selle, Jacmel, Léogâne - Petit Goâve). Dans une grande proportion, la menace d'érosion est au moins «moyenne» et peut atteindre aussi des niveaux «très graves» dans des zones assez étendues en Haïti. Dans le présent atlas, la carte est restituée au 1/1 000 000 sur l'ensemble du territoire.

Selon une étude INESA (2008), l'érosion a graduellement éliminé trois centimètres de couche de terre fertile au cours des 4-5 dernières décennies (moyenne sur l'ensemble du territoire). 30 % du territoire haïtien serait soumis à une érosion forte à très forte (INESA, 2008), dont environ 6 % des terres actuellement atteints d'érosion irréversible (Agroconsult Haïti S.A., 2009).

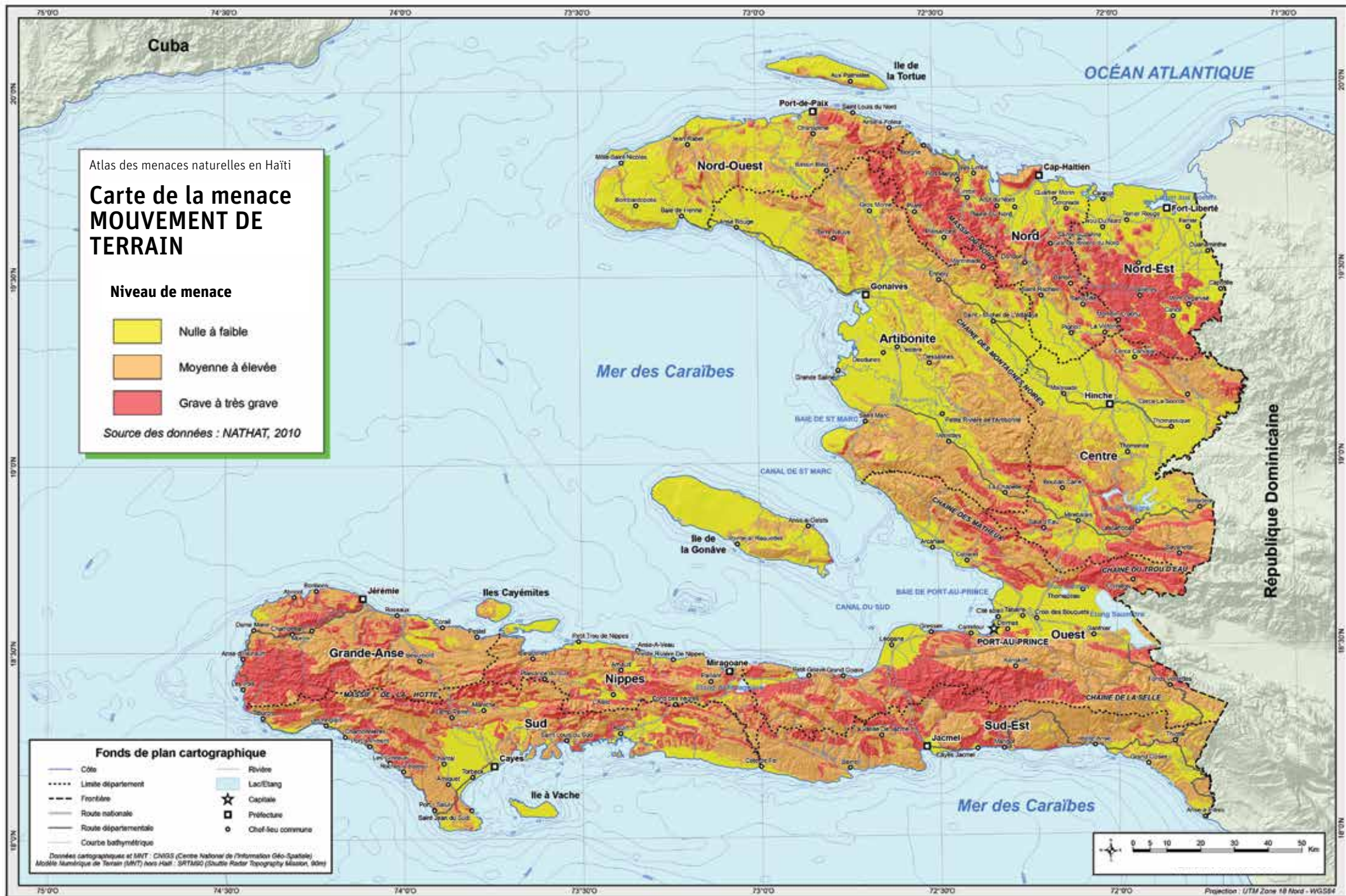
Cet aléa doit être analysé par rapport aux enjeux (zones habitées, écoles, hôpitaux ...), afin d'évaluer le niveau de risque, et donc focaliser les moyens à mettre en œuvre (agriculture de conservation en milieu agricole, protection des talus au niveau des infrastructures routières ...).

Périmètres des études de la menace Érosion des sols en Haïti



Remarque : les références relatives aux études collectées sur Haïti sont indiquées en fin de document dans le tableau qui accompagne la carte de synthèse des études.





Atlas des menaces naturelles en Haïti

La menace Mouvement de terrain





Qu'est-ce qu'un mouvement de terrain ?

Le terme générique de « mouvement de terrain » désigne une grande variété de processus qui entraînent le déplacement gravitaire de matériaux meubles ou rocheux, d'origine naturelle, anthropique ou mixte. Le déplacement peut-être lent (quelques millimètres à centimètres par an) ou rapide (quelques centaines de mètres par jour). Les volumes déplacés sont compris entre quelques mètres cubes et quelques millions de mètres cubes.

Les matériaux peuvent se déplacer par chute, renversement ou glissement. Les mouvements lents entraînent une déformation progressive des terrains, pas toujours perceptible par l'homme. En Haïti, cela concerne essentiellement les glissements de terrain et la reptation du sol (lent mouvement du sol vers le bas du versant), ainsi que, probablement, les effondrements de cavités souterraines. Le mouvement peut être accéléré sous l'effet de sollicitations naturelles ou anthropiques.

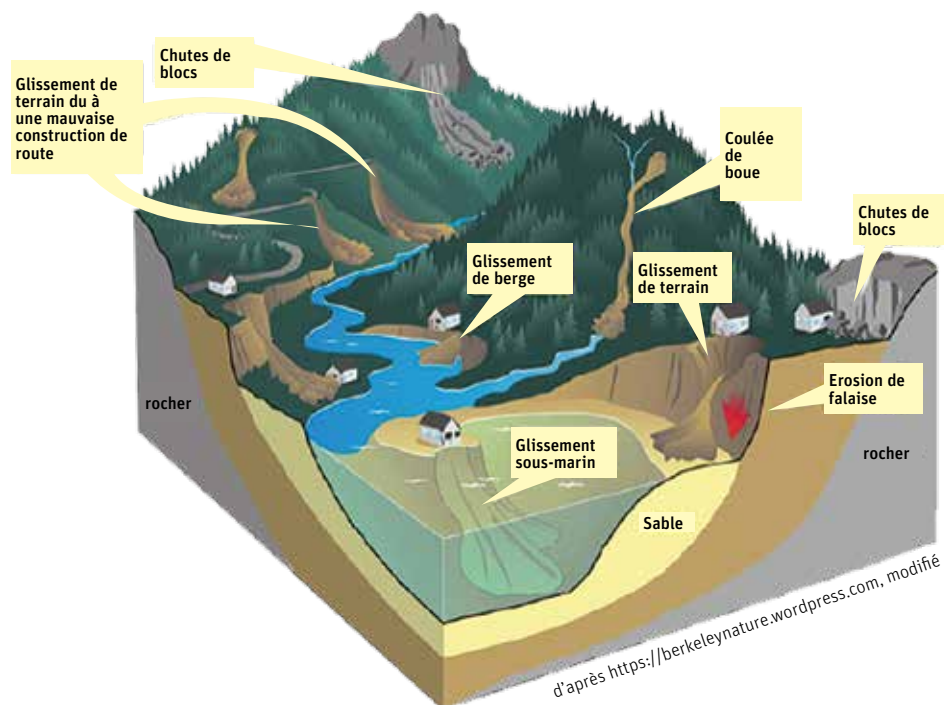
Les mouvements rapides se propagent de manière brutale et soudaine. Il s'agit, en particulier, des chutes de pierres ou de blocs, des effondrements de falaises rocheuses, des coulées

de boue, de certains glissements et des effondrements de cavités souterraines. Concernant les mouvements de grande ampleur, qu'ils soient lents ou rapides, ils peuvent entraîner un remodelage des paysages. Celui-ci peut se traduire par la destruction de zones boisées, la déstabilisation de versants ou la réorganisation du réseau des cours d'eau.

Un mouvement de terrain apparaît souvent après de fortes pluies, ou bien par déclenchement sous l'effet de vibrations sismiques, ou encore d'actions anthropiques (terrassement, déboisement, exploitation de matériaux en carrière, etc.). Néanmoins, les fortes précipitations enregistrées lors des saisons pluvieuses ou cycloniques demeurent le principal responsable de la majorité des mouvements de terrain en Haïti.

Les conséquences des mouvements de terrain sont d'ordre économique, humain et environnemental. Seuls, les mouvements rapides peuvent mettre en péril les vies humaines. Les mouvements lents laissent a priori plus de temps pour mettre en œuvre des mesures de sauvegarde.

Représentation schématique de différents types de mouvements de terrain



Glissement de grande ampleur de terrains marno-calcaires, au quartier Loterie, Saint-Louis-du-Nord

(tiretés rouges : zone de départ du mouvement de terrain ; flèches rouges : sens du déplacement)



Le glissement a été fortement réactivé en 2012, suite à un épisode pluvieux intense. La zone d'arrachement atteint par endroits la ligne de crête.

Mouvements de terrain historiques majeurs d'Haïti

Le territoire haïtien est très contrasté tant d'un point de vue géographique, avec son relief montagneux, sa façade littorale et ses plaines, que d'un point de vue géologique (avec des formations variées : roches sédimentaires, volcaniques, plutoniques, métamorphiques) et accidentées (fracturation tectonique). Ces caractéristiques conduisent à son exposition forte à de nombreux mouvements de terrain tels que des chutes de blocs ou des glissements de terrain. Plusieurs mouvements de terrain de grande ampleur agissent à proximité des zones aujourd'hui urbanisées. Certains phénomènes, comme les chutes de blocs ou les coulées de boue, sont récurrents et provoquent des dommages à répétition aux infrastructures et aux habitations.

Glissement de terrain à partir de colluvions et du substratum silteux et conglomératique, au quartier Djobel, Port-au-Prince
(tirets rouges : zone de départ du mouvement de terrain ;
flèches rouges : sens de déplacement)



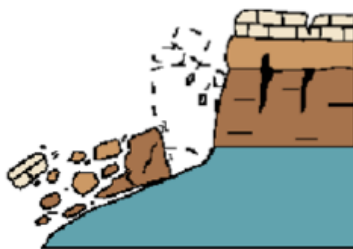
@M. Terrier-BRGM

Apparu en 2001, le glissement a été réactivé en 2003 suite à de fortes pluies. Il a causé le décès de plusieurs personnes et la destruction de quelques maisons. Début 2017 le glissement n'était pas stabilisé.



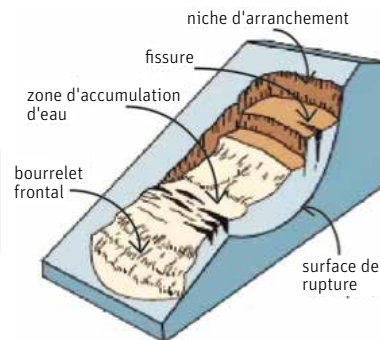
Les différents types de mouvements de terrain affectant le territoire d'Haïti

Chute de blocs ou écoulement en masse



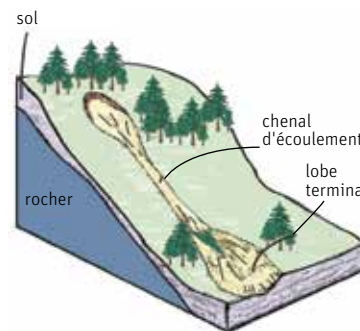
Détachement isolé ou non d'une pierre, d'un bloc ou d'une partie de la paroi rocheuse.

Glissement de terrain



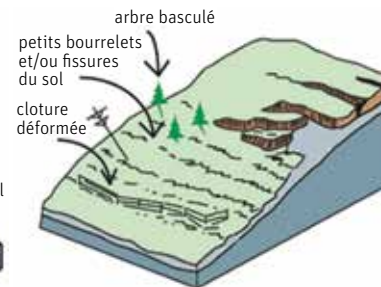
Déplacement d'une masse de terrain, sur une pente, le long d'une surface de rupture (dite surface de cisaillement).

Coulée de boue



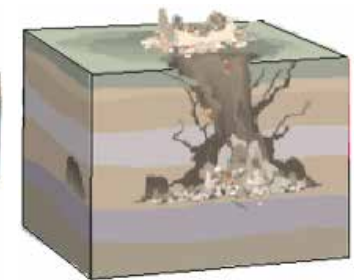
Phénomène très rapide affectant des masses de matériaux remaniés, avec une forte concentration en eau.

Reptation ou fluage du sol



Mouvement lent du sol vers le bas d'une pente sous l'influence de la gravité.

Effondrement de cavités souterraines



Phénomène lié à la présence de vides dans le sous-sol d'origine naturelle ou humaine. Le phénomène peut être lent ou brutal.

d'après <https://berkeleynature.wordpress.com>, modifié

Mouvements de terrain catastrophiques actuellement référencés

Lieu, date	Type / Préjudices ou dommages connus
Cap-Haïtien (Morne du Cap), 9-10 février 1764	chute d'un bloc d'environ 500 m ³
Face nord du Morne de Dondon, 1780-1788	glissement
Mornes et falaises situés en amont de la rivière des Nègres à Bourg St. Louis, fin XVIIIe	glissements et effondrements
Berly, 22 octobre 1954	glissement, coulée de boue / 262 morts
Pétionville, 19 novembre 1963	glissement, coulée de boue / 16 morts
"Dieumoune" Marigot, 4 juin 1986 et 19 juin 1996	glissement (après des pluies diluviennes)
Marcadiou (Port-au-Prince), 1987 ?	éboulement (après des pluies diluviennes)
Route Port-au-Prince/Pétionville au niveau de Bourdon-Reinbold, 11 décembre 1987	glissement
Treuil, au Nord de la ville de Gros Morne, 29 janvier 1988	glissement, 100.000 m ³ / 5 morts, 4 maisons détruites
Port-au-Prince (Delmas 32), 16 au 22 octobre 1989	glissement / 3 morts/ 60 blessés, 200 maisons détruites
Port-Salut, 2 octobre 1994	glissement / 1 mort
Port-Margot, 23 mars 1996	glissement, coulée de boue / 6 morts
Cité Militaire, Port-au-Prince, 29 mai 1996	glissement / 1 mort
Ganthier, 15 juin 1996	glissement / 1 mort
Marigot (La Diomoune), juin 1996	glissement - coulée de boue
Guillomon du SE, 20 juin 1996	glissement (après des pluies diluviennes) / 3 morts
Carrefour, 23 octobre 1996	chutes de blocs / 2 morts
Carrefour, 2 mai 1997	chutes de blocs / 5 morts, 4 maisons détruites
Port-de-Paix (Petit-Etang), nuit du 27 au 28 décembre 2001	glissement (après des pluies diluviennes) / 5 morts
Port-au-Prince, Delmas 95 (Vivy Mitchell), mai 2002	glissement
Balais au Port-à-Piment, 21 au 22 juin 2002	glissement

Lieu, date	Type / Préjudices ou dommages connus
Port-au-Prince (Djebel), mars 2001, mai 2003, 5 au 6 octobre 2003	glissement (après des pluies diluviennes) / 7 morts, 11 maisons détruites
Port-au-Prince (Boulard Acacia Bourdon), automne 2003	glissement / trentaine de maisons fissurées
Port-au-Prince (Vivy Mitchell), 07/10/2003 (amorcé en 1998)	glissement (supérieur à 100 000 m ³) / 5 maisons détruites
Cap-Haïtien, décembre 2003	glissement (après des pluies diluviennes)
Malpasse, Fonds Verret, Gossie, 4 mai 2004	glissement, coulée / 329 morts
Côtes-de-Fer, 7 juin 2005	glissement / 1 mort
Cap-Haïtien (quartier La Vigie), année 2005	chutes de blocs / 2 morts, 1 maison détruite
Saut-d'Eau, 12 septembre 2005	glissement
Kenscoff (Mahotièrre), décembre 2006	glissement - coulée
Port-au-Prince (Canapé Vert), 23 avril 2008	glissement / 3 morts, plusieurs maisons détruites
Port-au-Prince (Musseau), novembre 2008	glissement / plusieurs maisons détruites
Cap-Haïtien (quartier Carenage), 15 février 2010	chutes de blocs / 4 morts
Saint-Louis-du-Nord (Villarseaux), 2011	Reptation / 1 maison détruite
Cap-Haïtien (Bel-Air), nuit du 25 – 26 mai 2011	glissement / 3 morts, 1 maison détruite
Port-au-Prince (Morne l'Hôpital, Juvénat), nuit de 28-29 mars 2012	Eboulement (après des pluies diluviennes) / 6 morts, maisons détruites
Saint-Louis-du-Nord (Suffort), 2012	glissement / plusieurs maisons détruites
Port-de-Paix (Quartier Fatima), 2012	glissement
Port-de-Paix (Quartier Loterie), 2012	glissement (volume environ 100 000 m ³)
Cap-Haïtien (Haut Charrier), novembre 2012	coulée de boue / 8 morts ?
Cap-Haïtien (quartier Calvaire Jouissant)	chutes de blocs / 2 morts, 1 maison détruite

Sources : BME (plaquette, « Connaissons mieux les glissements de terrain »), Mora-Castro et al. 2012 ; Terrier et Nachbaur, 2013 ; Nachbaur et al., 2014 ; Jean *et al.*, 2015.



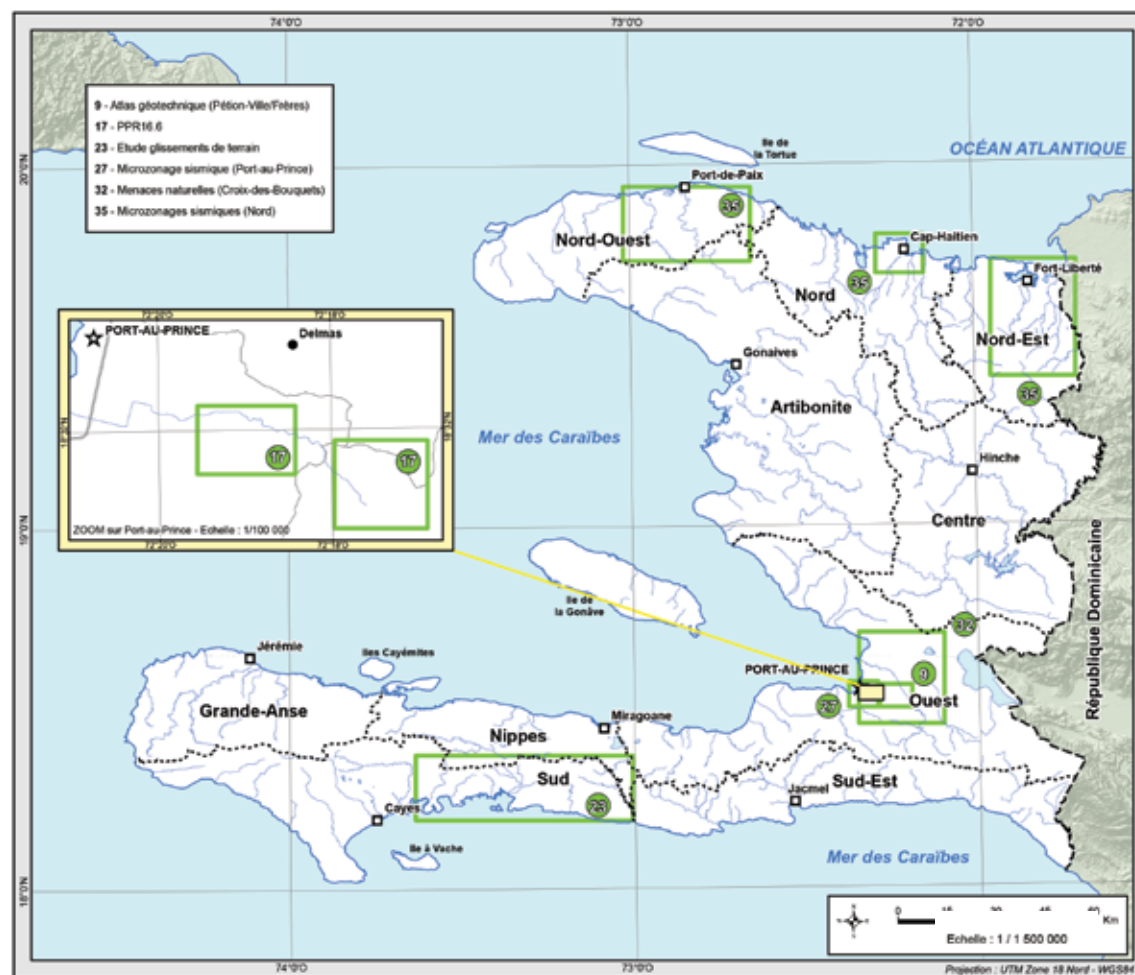
Cartographie de la menace mouvement de terrain

Le premier travail de cartographie des mouvements de terrain couvrant l'ensemble du territoire haïtien a été réalisé en 2010 dans le cadre du projet NATHAT. Cette étude aborde les menaces de mouvements de terrain, mais aussi celles d'autres phénomènes naturels : sismicité, tsunamis, inondations, sécheresse, et érosion des sols. Les données de base utilisées pour l'évaluation des menaces de mouvements de terrain sont la carte géologique d'Haïti au 1/250 000, ainsi que les données altimétriques du *Shuttle Radar Topography Mission* ou SRTM (taille de la maille : 90 m). Des hypothèses ont été faites sur les propriétés mécaniques des formations du sous-sol, la profondeur de la nappe d'eau, ainsi que l'épaisseur du sol. L'étude s'appuie sur un inventaire des mouvements de terrain qui a été établi après le séisme du 12 janvier 2010. La carte de menaces de mouvements de terrain a été réalisée à l'échelle 1/900 000 (1 cm sur la carte représente 9 km sur le terrain). Elle constitue un document d'information à l'échelle nationale et constitue un outil d'aide à la décision. Dans cet atlas, elle est présentée sur l'ensemble du territoire à l'échelle 1/1 000 000.

En 2012, l'IMSRN et Sogreah ont réalisé une cartographie détaillée de la menace de mouvements de terrain sur 8 quartiers de Port-au-Prince (morne Hercule, morne Lazard, Nérette, bas Canapé Vert, Bois Patate, Jean-Baptiste, morne Ebo et morne Villa Rosa). Cette étude concerne à la fois les mouvements de terrain et les inondations. Les données altimétriques utilisées sont celles issues des levés LIDAR (résolution à la maille de 1 m). Des coupes géologiques, des investigations géophysiques de surface et des mesures des propriétés mécaniques des roches ont été faites. Les cartes sont établies à l'échelle du 1/ 2 000 (1 cm sur la carte équivaut à 20 m sur le terrain). Elles sont accompagnées de recommandations pour l'aménagement du territoire et la construction du milieu bâti.

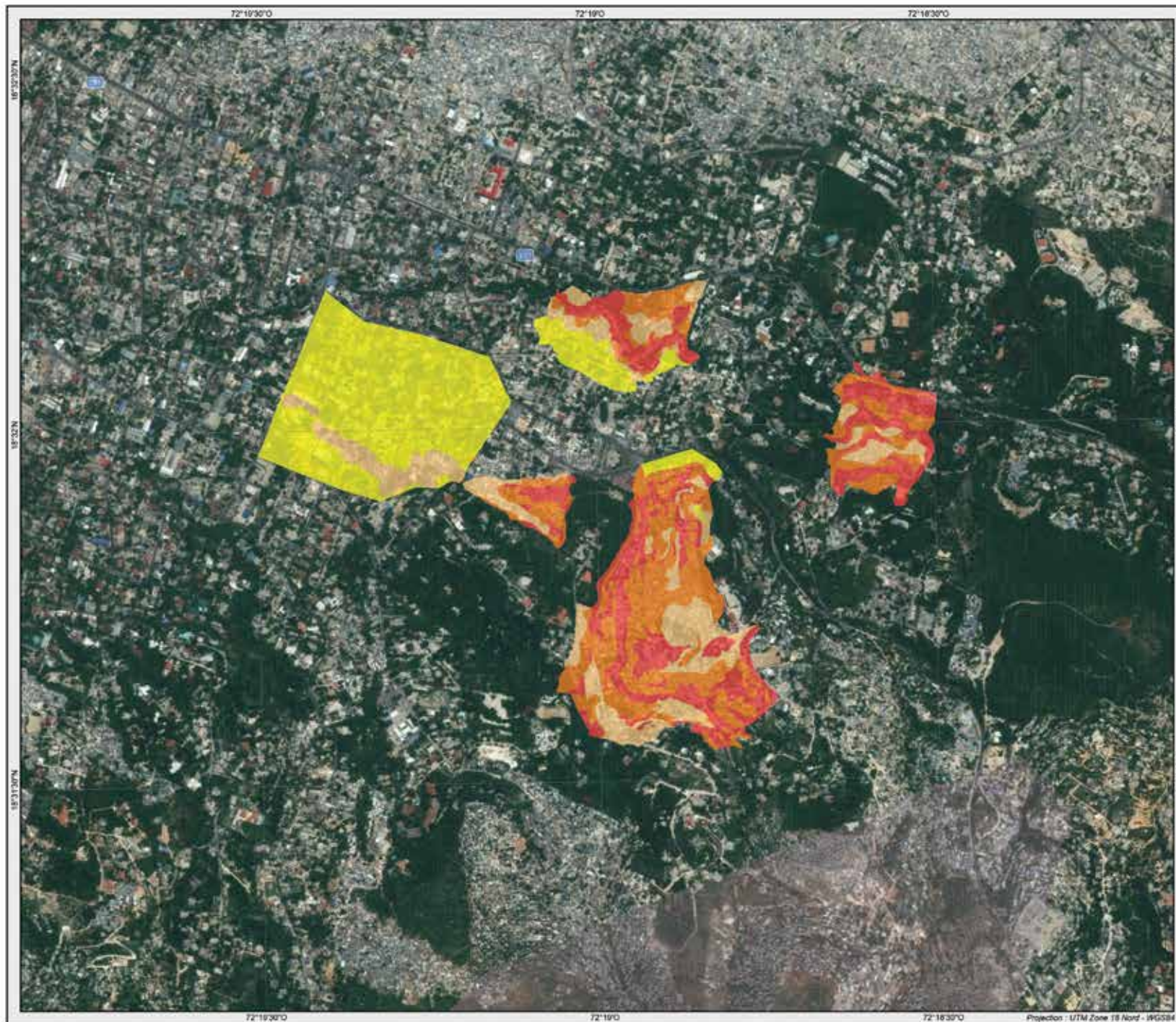
Des mouvements de terrain peuvent être déclenchés par la propagation des ondes sismiques dans le sol et le sous-sol. On parle dans ce cas d'effets induits par le séisme. C'est pour cette raison que dans le programme de microzonage sismique de plusieurs grandes villes du pays, la cartographie des mouvements de terrain a été réalisée avec précision (échelles du 1/25 000 et du 1/10 000). Cette cartographie a concerné : la région métropolitaine de Port-au-Prince,

Périmètres des études de la menace Mouvement de terrain en Haïti



Remarque : les références relatives aux études recensées sont indiquées en fin de document dans le tableau qui accompagne la carte de synthèse des études.

Cap-Haïtien, Port-de-Paix, et Saint-Louis-du-Nord. Un inventaire le plus exhaustif possible des mouvements de terrain a été conduit, et de nombreuses observations ont été faites *in situ* grâce à une lecture à la fois géologique et géomorphologique du paysage. Ces travaux ont été menés entre 2012 et 2015 conjointement par le BME, le LNBTP et le BRGM. Les cartes présentées dans l'atlas sont extraites des travaux de Terrier *et al.* (2013) et de Nachbaur *et al.* (2014).



Carte de la menace MOUVEMENT DE TERRAIN sur cinq quartiers de PORT-AU-PRINCE

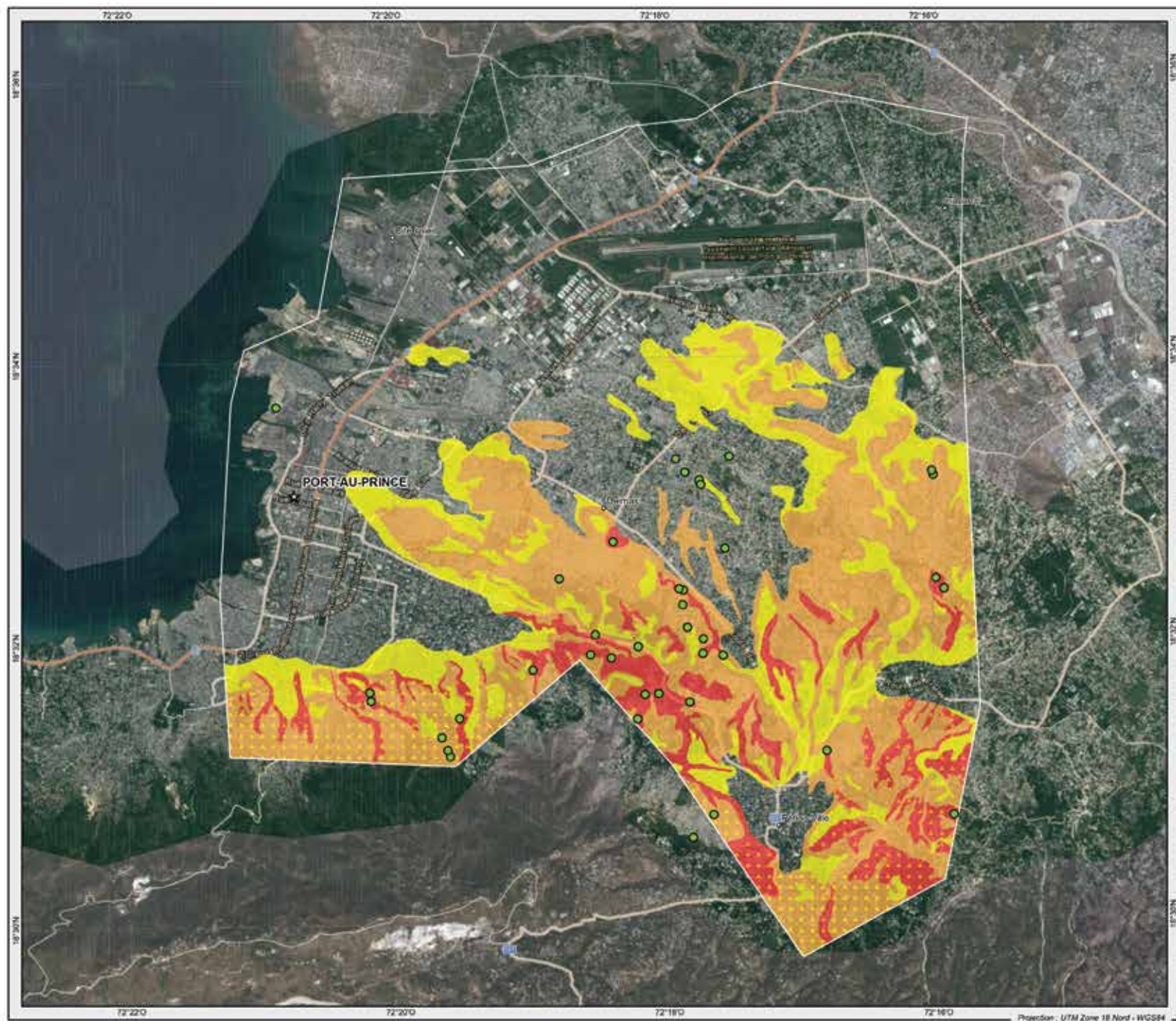


Source des données :
Carte d'aléa MOUVEMENT DE TERRAIN
de 5 Quartiers de PORT-AU-PRINCE
IMSRM - SOGREAH



Image satellitaire : Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community





Carte de la menace MOUVEMENT DE TERRAIN sur l'agglomération de PORT-AU-PRINCE

Glissements

- Aléa modéré
- Aléa moyen
- Aléa élevé

Chutes de blocs

- Aléa moyen

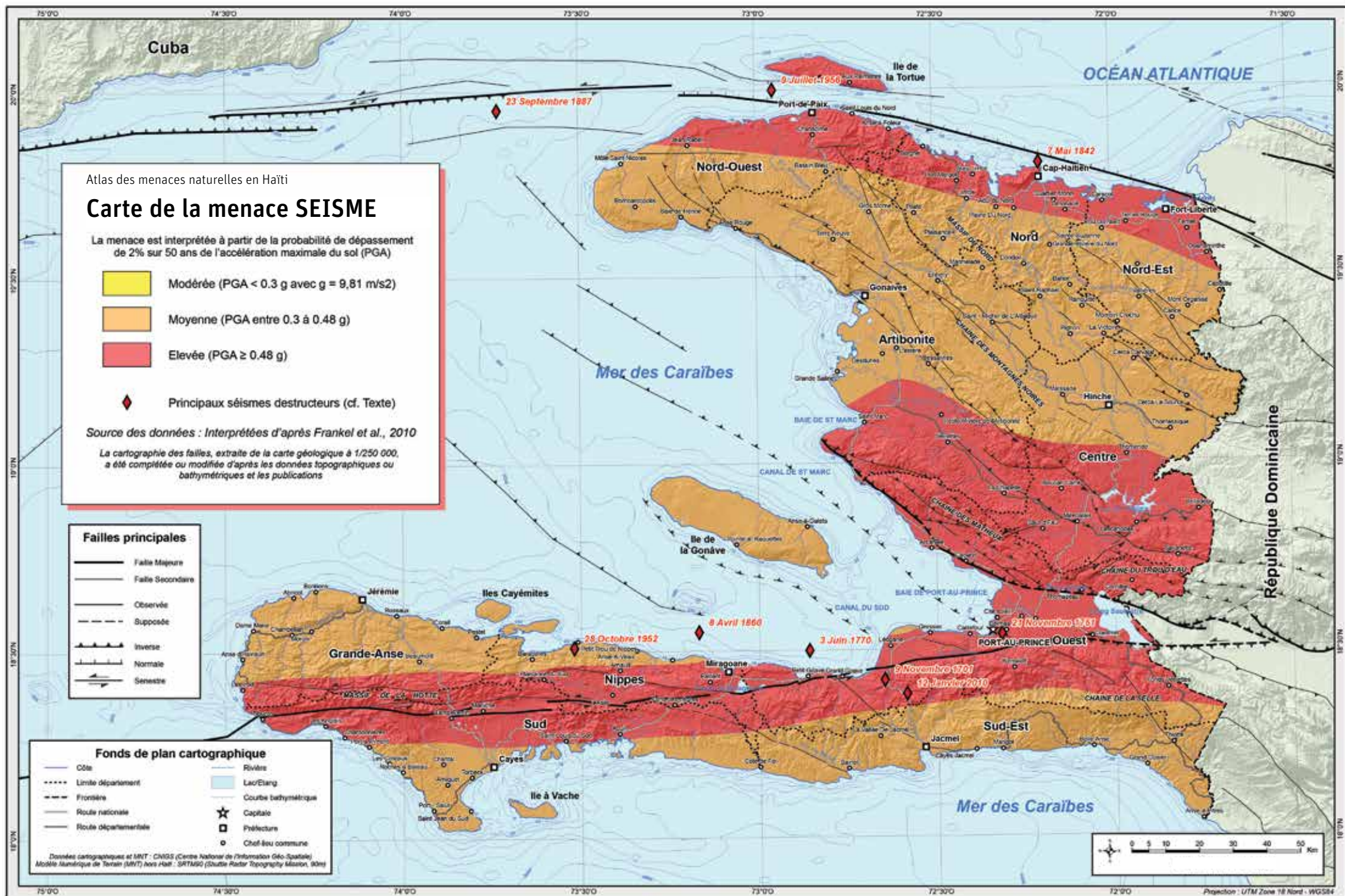
- Mouvements de terrain observés

Source des données :
MICROZONAGE SISMIQUE DE PORT-AU-PRINCE
(Planche 4 : Carte d'aléa mouvements de terrain)
BME - LNBTP - BRGM



Image satellitaire : Eri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA, USGS, AEX, Geomapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community





Atlas des menaces naturelles en Haïti

La menace Séisme





Qu'est-ce qu'un séisme ?

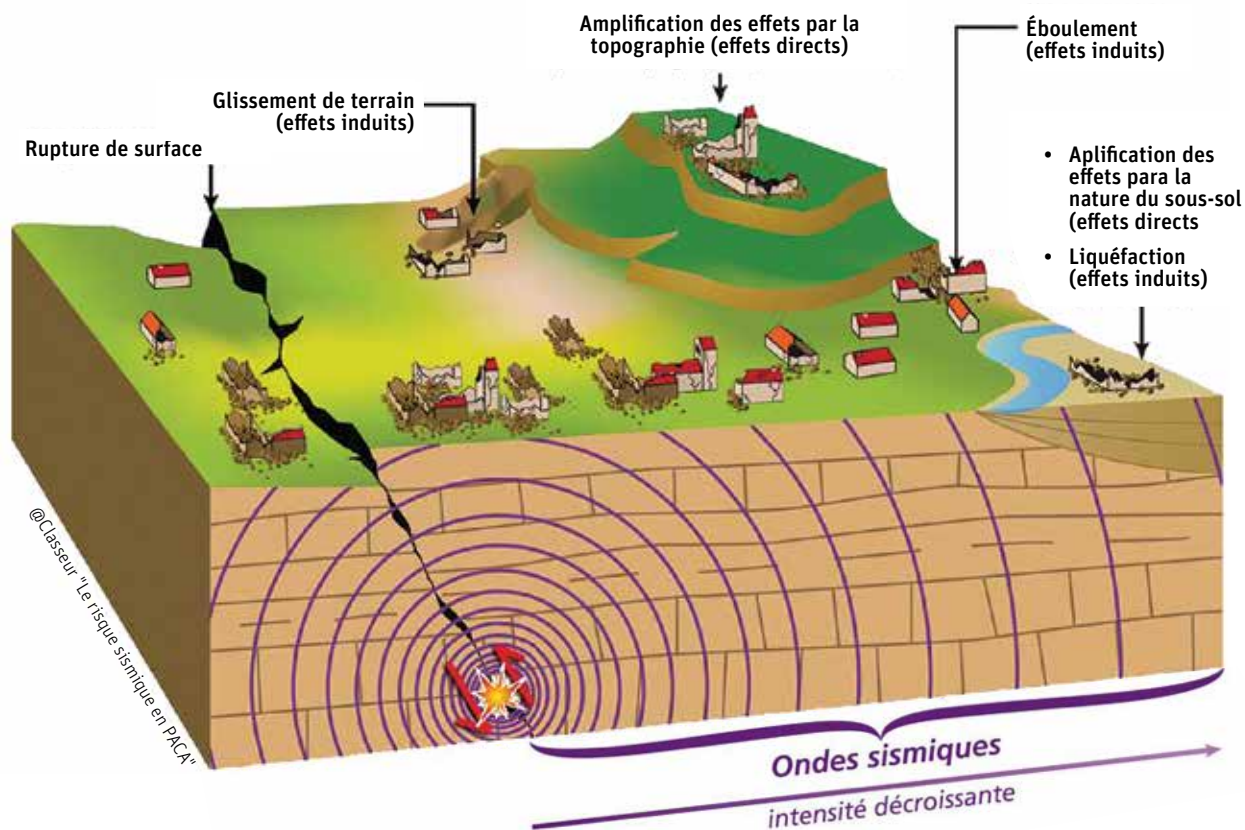
Un séisme (ou tremblement de terre) est provoqué par une rupture brutale entre deux compartiments rocheux de la croûte terrestre séparés par une cassure (faille). Cette rupture génère des vibrations (les ondes sismiques) qui se propagent dans le sous-sol jusqu'à la surface du sol.

Un séisme est défini par :

- **un foyer** : c'est l'endroit de la faille où se produit la rupture et d'où partent les ondes sismiques ;
- **un épicentre** : il s'agit du lieu situé à la surface terrestre exactement à la verticale du foyer, où l'intensité du séisme est la plus importante ;

- **une intensité** : elle caractérise les effets observés du séisme sur l'environnement et les habitations en un site donné. L'échelle d'intensité la plus utilisée en Amérique du Nord est l'échelle MMI (*Modified Mercalli Intensity*). Elle comporte 12 degrés. A partir de l'intensité VI, la vibration est ressentie par l'ensemble de la population ; l'intensité IX donne lieu à des dommages considérables aux constructions. L'intensité XII correspond à une destruction quasi-totale des ouvrages. Un même séisme est ressenti avec des intensités différentes selon la distance à l'épicentre et selon les caractéristiques locales (effets de site) ;
- **une magnitude** : elle représente l'énergie libérée au foyer du séisme. L'échelle de Richter est la plus communément utilisée. Une augmentation de 1 degré de magnitude revient à multiplier environ par 30 l'énergie libérée lors du séisme.

Représentation schématique des effets de site d'un séisme



L'évaluation de la menace sismique

Evaluer la menace sismique consiste à déterminer la probabilité qu'au cours d'une période de référence, une secousse sismique atteigne ou dépasse une certaine intensité sur une région ou un site donné. L'étude est réalisée sans tenir compte des conditions topographiques et géologiques locales. Le mouvement sismique (ou vibratoire) de référence est considéré « au rocher » et en terrain horizontal. Il s'agit de l'évaluation de l'aléa sismique régional.

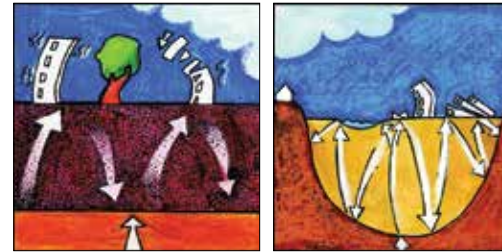
Toutefois, ce mouvement vibratoire peut varier localement en raison de la topographie et/ou de la constitution du sous-sol ; on parle dans ce cas d'effet de site. Les ondes sismiques peuvent se trouver « piégées » dans le relief ou au sein des vallées alluviales, provoquant une amplification du train d'onde. Par ailleurs, la vibration sismique peut engendrer ou induire d'autres phénomènes naturels ; on parle dans ce cas d'effets induits. On distingue les effets suivants :

- **la rupture en surface du plan de faille** : selon la magnitude du séisme et sa profondeur focale, la rupture du plan de faille actif peut se propager jusqu'à la surface du sol ; le déplacement (ou rejet) peut atteindre quelques centimètres à plusieurs mètres ;
- **la liquéfaction des sols** : elle concerne les milieux sableux ou limoneux gorgés d'eau. Le mouvement sismique peut provoquer un tassement rapide des sédiments. L'eau mise sous pression est expulsée. La déconsolidation brutale du matériau se traduit par une perte de résistance du sol qui se comporte alors, momentanément, comme un liquide ;
- **les mouvements de terrain** : la vibration sismique peut donner lieu au déclenchement d'instabilités de terrain telles que les chutes de blocs, glissements de terrain, effondrement de cavités souterraines ;
- **le tsunami** : en cas d'évènement sismique en mer avec rupture du plan de faille jusqu'à la surface du sol, le déplacement du fond marin engendre la mise en mouvement brutale de la tranche d'eau située au-dessus.

Dans le cadre de l'évaluation locale de l'aléa sismique (ou « microzonage sismique »), il s'agit 1) de prendre en considération les conditions locales et d'évaluer les effets (en particulier amplification de la vibration) qu'elles peuvent entraîner par rapport au mouvement sismique au rocher, et 2) d'évaluer les autres phénomènes naturels qui pourraient être induits par la vibration sismique.

Effets de site

Effets de site lithologiques



Effets topographiques

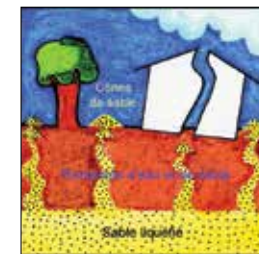


Effets induits

Rupture en surface d'une faille



Liquéfaction du sol



Mouvements de terrain



Tsunami



@Laurent Barret, modifié

Pourquoi des séismes en Haïti ?

L'archipel des Grandes Antilles, auquel appartient l'île d'Hispaniola, marque la frontière entre la plaque tectonique nord-américaine et la plaque tectonique Caraïbe. Dans cette zone, plusieurs blocs de la croûte terrestre sont pris en étau entre ces deux grandes plaques, lesquelles convergent l'une vers l'autre à une vitesse de l'ordre de 2 cm/an, selon une direction moyenne nord-est–sud-ouest. Ce mouvement des plaques tectoniques nord-américaine et caraïbe se traduit par des déformations le long de zones de rupture (failles).

Au nord, se trouve le système de failles Septentrional : long de plus de 800 km, visible au nord-est puis au nord de la République Dominicaine, il longe le littoral nord haïtien à proximité de la ville de Cap-Haïtien, puis entre l'île de la Tortue et Port-de-Paix ; enfin, il traverse, à l'Ouest, le passage du Vent pour longer ensuite le sud de l'île de Cuba. Selon des mesures géodésiques (GPS) et géologiques, un déplacement horizontal de 9 (±2) mm/an est probable au niveau du système de failles Septentrional.

Au sud, le système de failles d'Enriquillo (ou système de failles d'Enriquillo-Plantain-Garden) : long de plus de 600 km, visible depuis le lac d'Enriquillo, il prend en écharpe l'ensemble de la presqu'île du Sud d'Haïti, puis passe en mer et rejoint, à l'ouest, l'île de la Jamaïque. Selon des mesures GPS, un déplacement horizontal de 7 (±2) mm/an est probable au niveau du système de failles d'Enriquillo.

Ces deux systèmes entraînent un mouvement horizontal des plaques situées de part et d'autre, vers l'est pour la plaque tectonique caraïbe, et vers l'ouest pour la plaque tectonique nord-américaine. Les systèmes de failles Septentrional et d'Enriquillo ont été le lieu de séismes historiques majeurs. Le séisme de 2010 a trouvé son origine à proximité du système de failles d'Enriquillo.

Le microbloc d'Hispaniola, pris en étau entre ces deux systèmes subit quant à lui des mouvements compressifs, faisant jouer des failles, comme celle des Matheux, donnant lieu à un chevauchement entre-eux des blocs structuraux de la chaîne transhaïtienne à l'origine des reliefs d'orientation nord-ouest – sud-est dans la partie centrale du pays.

Au large du littoral nord d'Hispaniola, la zone de subduction de la plaque nord-américaine est concrétisée par la faille Nord-Hispaniola.

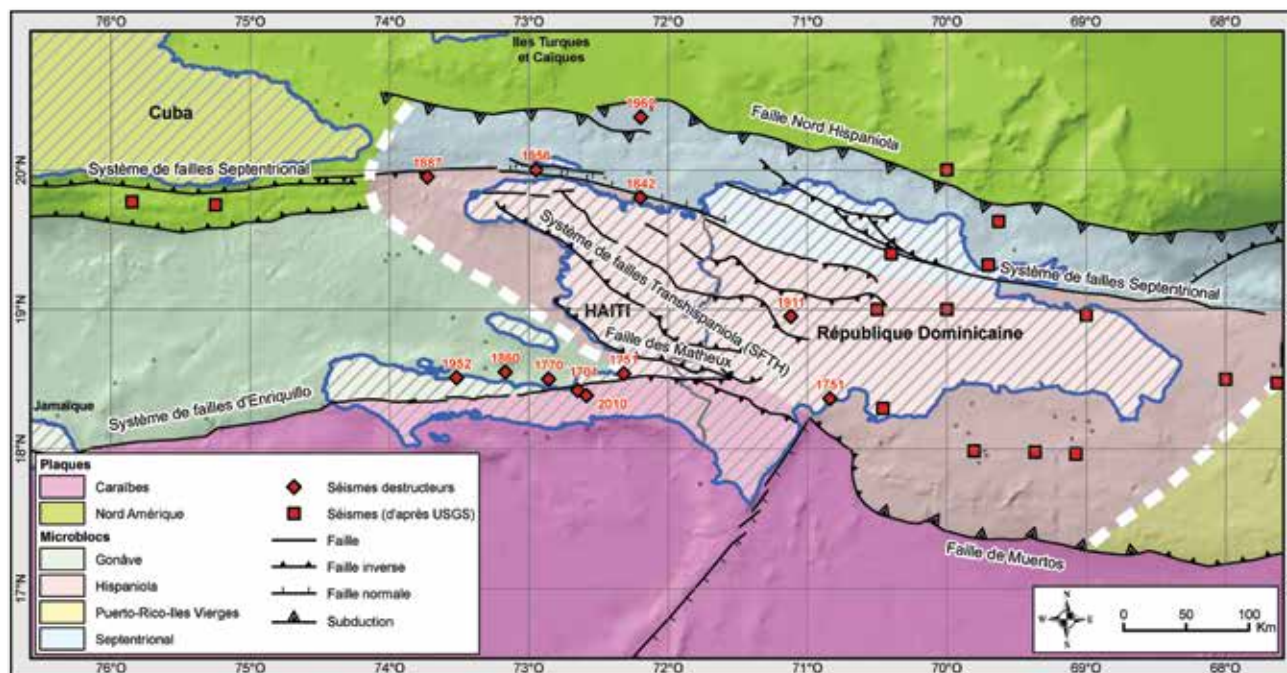
Enfin, au sud de la République Dominicaine, la faille de Muertos marque le chevauchement du microbloc d'Hispaniola sur la plaque Caraïbe.

Ces failles résistent d'abord au déplacement inexorable des plaques en accumulant de l'énergie élastique pendant plusieurs dizaines ou centaines d'années, avant de céder et de relâcher brutalement toute cette énergie, donnant lieu ainsi à un séisme de forte magnitude.

Le contexte sismotectonique de l'île d'Hispaniola se caractérise par :

- un aléa sismique important aux extrémités nord et sud d'Haïti et une sismicité diffuse et moins connue sur la partie centrale de l'île ;
- des séismes de forte magnitude (6 à 8) aux conséquences désastreuses dans les zones peuplées.

Carte des principales failles actives, des séismes majeurs et, des différentes plaques et microblocs tectoniques structurant l'île d'Hispaniola



Le réseau d'enregistrement sismique haïtien

La surveillance sismique à partir d'un réseau de stations instrumentales spécifiques permet de capter même les plus petits tremblements de terre, de localiser leurs foyers, et d'affiner la connaissance de l'activité des failles simogènes. L'Unité Technique de Sismologie (UTS) au sein du Bureau des Mines et de l'Energie (BME) gère actuellement un parc constitué d'une douzaine de stations sismologiques réparties sur l'ensemble du territoire national.

Système de transmission par satellite des enregistrements sismiques, station de Cap-Haïtien - Carrefour-La-Mort



©BRGM - D. Bertil

Les événements sismiques majeurs en Haïti

En Haïti, les témoignages historiques sur les tremblements de terre couvrent une période d'à peine plus de 300 ans. Les premières observations rapportées sur cette partie occidentale de l'île d'Hispaniola concernent le séisme du 9 novembre 1701.

Quatre séismes ont eu des conséquences désastreuses en Haïti (destructions de villes, nombreuses victimes) :

- 21 novembre 1751, plusieurs dizaines de victimes ;
- juin 1770 qui a affecté très violemment Port-au-Prince, plusieurs centaines de victimes ;
- mai 1842 qui a détruit Cap-Haïtien et les principales villes du nord, plusieurs milliers de victimes ;
- janvier 2010, détruisant une nouvelle fois la capitale haïtienne, 230 000 personnes décédées.

D'autres ont été moins meurtriers car ils se sont produits dans des zones moins habitées (séismes de 1860, 1911, 1952) ou ont été plus lointains (octobre 1751 au sud-est de l'île, septembre 1887 en mer entre Haïti et Cuba, avril 1962 en mer au nord d'Haïti). De plus, quelques témoignages sont relatés à propos de fortes secousses ayant fait des victimes, mais dont l'épicentre reste encore inconnu. Il s'agit, en particulier, des séismes du 20 novembre 1818 à Cap-Haïtien et du 27 mai 1924 à Port-de-Paix (séismes non indiqués dans le tableau de cette page).

La liste des principaux séismes connus, ci-contre, illustre deux axes majeurs à partir desquels se déclenchent des séismes importants : la frange côtière nord d'Haïti, le long du système de failles Septentrional ; la Péninsule du Sud, le long du système de failles d'Enriquillo.

Port-au-Prince, séisme du 12 janvier 2010. À l'épicentre, l'intensité MMI a atteint le degré IX



©BRGM - J.M. Mompelat



©BRGM - D. Bertil



La partie centrale de l'île, moins active, n'est cependant pas exempte de menace sismique, comme le séisme du 6 octobre 1911, très fortement ressenti dans la région de Hinche, l'a montré.

Principaux séismes recensés en Haïti

(séismes de magnitude estimée supérieure ou égale à 6, avec des dommages ou des victimes et une localisation épicentrale *a priori* connue)

Date	Latitude (°N)	longitude (°O)	Profondeur du foyer (km)	Magnitude calculée ou estimée	Origine probable	Principaux effets
9 novembre 1701	18.42	-72.65		6.5	Péninsule du Sud, faille d'Enriquillo	Dommages à Léogane et dans la Plaine du Cul-de-Sac. Quelques victimes.
18 octobre 1751	18.36	-70.84		7.5-8.0	Sud-Est d'Haïti, faille de Muertos	Destruction de Azua en République Dominicaine, avec tsunami. Fortes secousses et dommages à Port-au-Prince.
21 novembre 1751	18.54	-72.32		6.6	Péninsule du Sud, faille d'Enriquillo	Destruction de Port-au-Prince. Plusieurs dizaines de victimes.
3 juin 1770	18.50	-72.86		7.5	Péninsule du Sud, faille d'Enriquillo	Destruction de Port-au-Prince, Léogane, Petit-Goave. Plusieurs centaines de victimes.
7 mai 1842	19.80	-72.20		7.6 à 8.0	Système de failles Septentrional	Destruction de Cap-Haïtien, Port-de-Paix, Môle Saint-Nicolas, Fort-Liberté. Plusieurs milliers de victimes.
8 avril 1860	18.55	-73.17		6.3	Péninsule du Sud, faille d'Enriquillo	Dommages importants à Anse-à-Veau. Pas de victimes.
23 septembre 1887	19.95	-73.73		6.7 à 7.8	Système de failles Septentrional	Dommages les plus importants à Môle-Saint-Nicolas. Dommages à Port-de-Paix, Cap-Haïtien. (Pas de victimes ?)
6 octobre 1911	18.95	-71.12		7.0	Partie centrale de l'île, système de failles Transhispaniola	Partie centrale de l'île (en Haïti, zone la plus affectée dans la région de Hinche). Pas de victimes.
28 octobre 1952	18.51	-73.52	24	6.0	Péninsule du Sud, faille d'Enriquillo	Dommages et victimes à Anse-à-Veau (6 morts ?).
9 juillet 1956	20.00	-72.95	39	6.2	Système de failles Septentrional	Dommages à Port-de-Paix et Jean Rabel.
20 avril 1962	20.38	-72.20	25	6.6	En mer, au Nord d'Haïti, faille Nord Hispaniola	Dommages modérés dans différentes villes du Nord. Pas de victimes.
12 Janvier 2010	18.38	-72.59	15	7.0	Péninsule du Sud, en relation avec la faille d'Enriquillo	Dommages principaux à Léogane et Port-au-Prince. Selon les estimations officielles, 230 000 morts, ~ 100 000 maisons détruites et ~200 000 endommagées.

Remarque : Les indications sur les magnitudes des séismes anciens (non enregistrés par les sismographes) sont interprétées d'après les descriptions les plus contemporaines de l'évènement, les connaissances sismotectoniques et à l'aide de relations empiriques. Elles sont assujetties à une incertitude qui est plus ou moins élevée selon le séisme.

Le séisme du 12 janvier 2010

Ses caractéristiques

Un séisme de magnitude 7.0 s'est produit le 12 janvier 2010 à 16h 53mn, heure locale. L'épicentre se situait approximativement à 20-30 km à l'ouest-sud-ouest de l'agglomération de Port-au-Prince. L'origine de ce séisme a été dans un premier temps, associé au système de failles d'Enriquillo, mais les études scientifiques ont montré, par la suite, une origine plus complexe, liant ce séisme à des accidents tectoniques moins connus, en relation toutefois avec le système de fracturation principal d'Enriquillo. Dans les deux semaines qui ont suivi, environ 52 répliques de magnitude entre 4,2 et 5,9 ont été enregistrées.

Le bilan humain et les dommages aux bâtiments

Les zones affectées par des secousses violentes (Intensité VIII et plus) ont été très étendues, allant de Petit-Goâve, à l'ouest, à la Croix des Bouquets, à l'est ; et, de plus, densément peuplées (2.8 à 3 millions de personnes ont été exposées). Il a été officiellement rapporté plus de 230 000 morts, 300 000 blessés et 1,3 millions de sans-abris. Ce séisme a été l'un des plus meurtriers historiquement connus, après ceux de Tangshan en Chine en 1976, et de Sumatra en Indonésie en 2004.

Près de 200 000 bâtiments ont été fortement endommagés ou totalement détruits (Miyamoto, 2011). A Port-au-Prince, les analyses d'endommagement de l'UNOSAT à partir de photographies aériennes et d'images satellite ont montré que 20 à 30 % des bâtiments ont été sévèrement endommagés ou détruits.

Le niveau de dévastation a été anormalement disproportionné par rapport à la magnitude du séisme. La cause principale en est la forte vulnérabilité du milieu bâti en Haïti. Pour la très

grande majorité des constructions, la conception et les pratiques de construction en Haïti ne tiennent, en effet, pas du tout compte des forces destructives mises en œuvre par les séismes. De plus, la population n'était pas préparée à réagir pour se protéger, ce qui a sans doute aggravé le nombre de victimes.

Les effets de site

L'installation de stations sismiques temporaires a permis l'enregistrement des répliques du séisme du 12 janvier 2010. L'analyse de ces enregistrements a montré des amplifications significatives des ondes sismiques sous certaines stations (Hough *et al.*, 2010) indiquant la présence d'effets de site.

Les études de microzonage sismique effectuées par le BRGM, le LNBTP et le BME dans la région métropolitaine de Port-au-Prince ont permis de cartographier les différents types de sols et de caractériser leur réponse aux sollicitations sismiques. Sur une grande partie de l'agglomération, la qualité des sols et des roches du sous-sol est hétérogène et certaines caractéristiques physiques des formations géologiques superficielles peuvent modifier les paramètres de propagation des vibrations (amplitude, fréquence et durée) en aggravant le comportement des bâtiments. Des effets de site topographiques sur les reliefs du sud de la ville pourraient expliquer certains dommages importants, comme celui de l'effondrement des bâtiments de l'hôtel Montana.

La répartition des dommages n'est pas uniforme. Des concentrations de dommages dans certains quartiers, ou formant des alignements, sont observés et ne peuvent pas s'expliquer uniquement par des concentrations de bâti très vulnérables à la sismicité. Des caractéristiques locales défavorables (faible cohésion, hétérogénéité...) des sols et des roches du sous-sol ont sans doute amplifié le phénomène (effets de site).

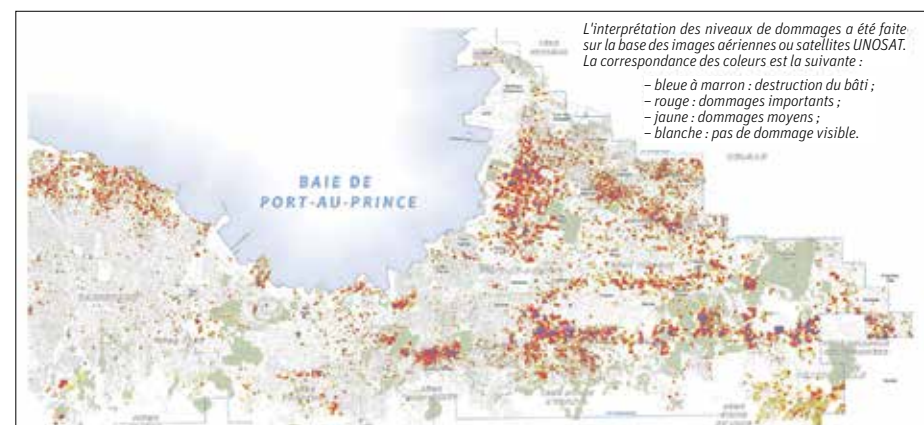


Carte des intensités sismiques du séisme du 12 janvier 2010



Carte d'après USGS/PAGER Alert Version 8, modifiée

Carte de la répartition des dommages provoqués par le séisme du 12 janvier 2010



Carte d'après UNOSAT/UNITAR, 2010

La liquéfaction des sols

A Port-au-Prince, les conséquences du phénomène redoutable de liquéfaction des sols ont été particulièrement dommageables à certaines infrastructures.

Les glissements latéraux des sols, parfois sur plusieurs mètres d'épaisseur (jusqu'à 2,6 m observé localement), ont entraîné avec eux les aménagements de surface tels que les quais et les grues du Port.

Evolution du trait de côte de Port-au-Prince au cours des 3 derniers siècles



D'après Belvaux *et al.*, 2013

Les tassements générés en surface ont mis hors d'usage certains bâtiments ; jusqu'à 80 cm de tassements différentiels ont été observés au droit d'un hangar.

Les éjections de sédiments fins (« volcans » de sable) à la surface du sol ont témoigné également des déformations en profondeur. Certains pieux de fondations des quais du port auraient été cisailés par les déplacements horizontaux engendrés par le phénomène.

La liquéfaction induite par le séisme du 12 janvier 2010 a préférentiellement affecté les zones récemment remblayées (postérieures à 1967) du littoral de Port-au-Prince. Les zones plus anciennement remblayées (antérieurement à 1967) ont également été touchées, mais de manière moins importante. Les terrains « en place » (antérieurement au 18ème siècle) pourraient également avoir été affectés, mais de manière plus modeste.

Zone portuaire de Port-au-Prince – exemple des désordres provoqués par la liquéfaction des sols suite au séisme du 12/01/2010



Avant séisme



Après séisme

Photos extraites de Green *et al.*, 2011



Ejections de l'eau et du sable à travers les fissures durant le secousse sismique



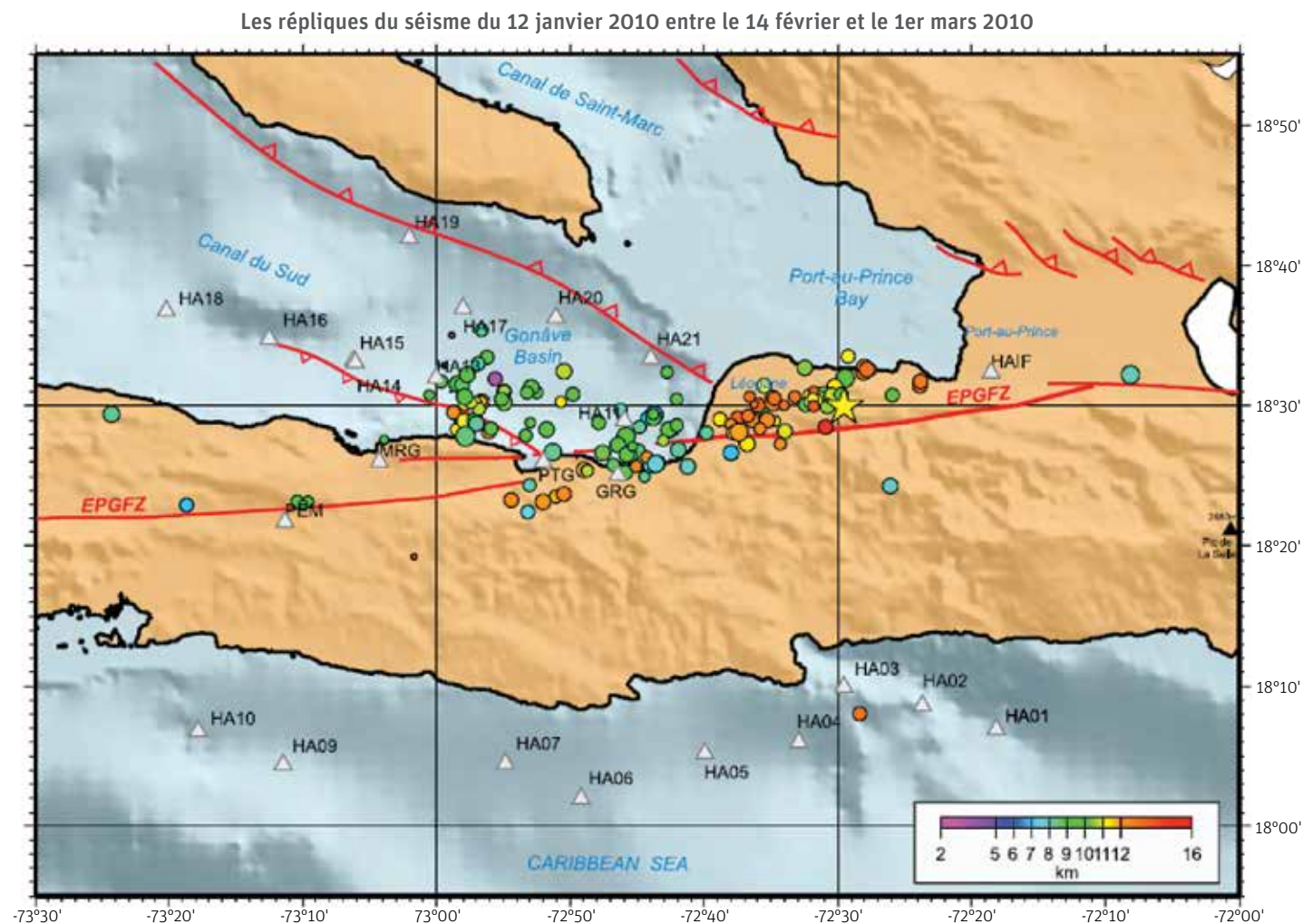
Glissement des berges dus à la perte de résistance du sous sol lors de la vibration sismique

Les répliques du séisme

Dans les heures et même les jours et semaines qui suivent un séisme important, il est fréquent que d'autres secousses soient ressenties. On parle de répliques. Le séisme du 12 janvier 2010 a été suivi de nombreuses répliques.

Dans la figure ci-contre, on voit la localisation des répliques du séisme du 12 janvier 2010 entre le 14 février et le 1er mars 2010, localisées à partir des stations sismiques temporaires installées un mois après la secousse principale (triangles gris sur la carte).

Les répliques se répartissent sur une cinquantaine de kilomètres, englobant la zone de rupture du séisme principal (étoile jaune sur la carte).



Carte d'après Mercier de Lépinay et al., 2011



Cartographie de la menace séisme

Carte de la menace sismique au 1/1 000 000

Celle-ci repose sur une interprétation des cartes d'aléa sismique régional de Frankel *et al.* (2010). L'aléa y est représenté sous la forme de l'accélération maximale du sol (en anglais, *Pic Ground Acceleration* - PGA) pour une période de retour de 2 475 ans, soit une probabilité de dépassement de 2 % sur 50 ans. L'accélération est exprimée en pourcentage de l'accélération due à la pesanteur ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$). Sur la carte de menace sismique au 1/1 000 000, 3 niveaux de menaces sont indiqués : 1) élevé (PGA > 48 % g) ; 2) moyen (PGA entre 25 et 48 % g) ; 3) modéré (PGA < 25 % g).

Dans cette représentation, la menace de niveau élevé correspond aux secteurs situés à proximité des grands systèmes de failles actives : Enriquillo, au sud, Septentrional, au nord. L'étude de Frankel *et al.* (2010) indique aussi un niveau d'aléa élevé pour les failles de la chaîne des Matheux au Nord de la plaine du Cul-de-Sac.

Il existe d'autres systèmes de failles considérés comme potentiellement actifs en Haïti, mais ces derniers sont encore très mal connus. Dans ces régions, la menace est de niveau moyen. Des séismes forts et destructeurs y sont possibles mais avec des périodes de retour que l'on ne sait pas bien évaluer aujourd'hui. De plus, les forts séismes localisés dans les zones de niveau de menace élevé seront susceptibles d'être ressentis aussi dans ces zones plus éloignées de l'épicentre, mais avec une intensité moindre.

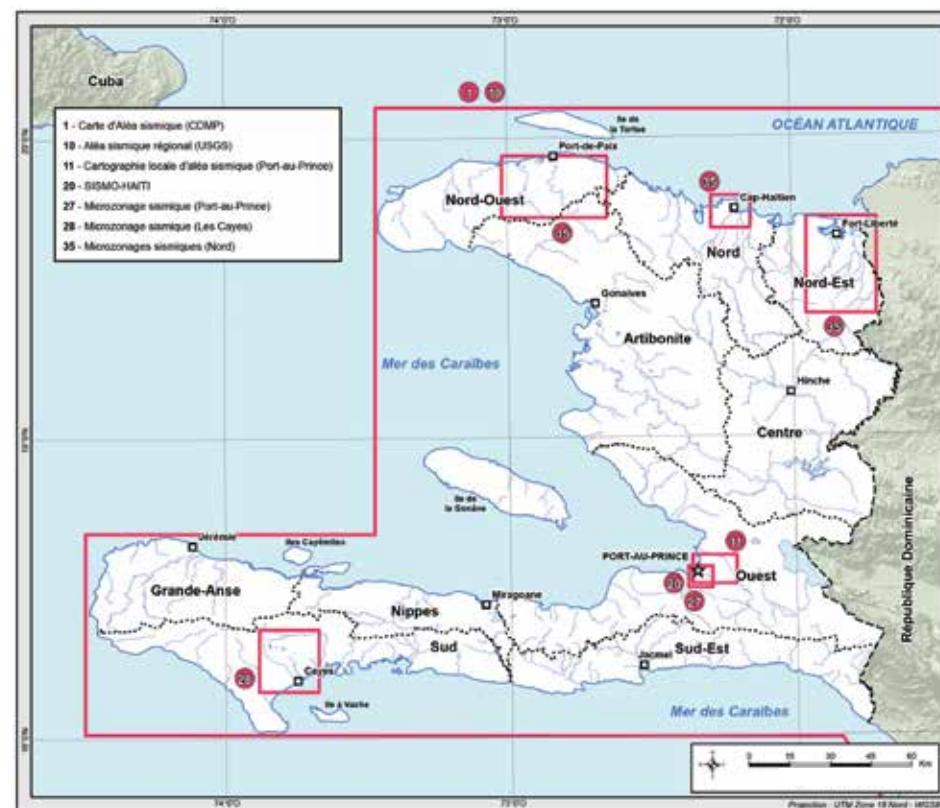
Enfin, un niveau de menace modéré concerne des zones plus éloignées d'Haïti, au large du golfe de la Gonâve, ainsi dans la partie méridionale de la Péninsule du Sud. Elles ne sont pas représentées sur la carte au 1/1 000 000.

En plus des zones d'accélération sismique, la carte montre aussi les épicentres des séismes majeurs, ainsi que les principales failles supposées.

Cartographie de l'aléa sismique local : le microzonage

La méthode du microzonage sismique qui a été appliquée à plusieurs zones urbaines du territoire haïtien fortement exposées aux tremblements de terre, a pour objet de réduire la vulnérabilité de ces zones. Le microzonage aboutit à une catégorisation par secteurs géologiques et/ou topographiques homogènes en fonction de leur niveau de danger. Il identifie les zones où des effets de site importants sont susceptibles de survenir et prend également en compte les phénomènes associés de mouvements de terrain et de liquéfaction des sols. Destiné aux décideurs, aux

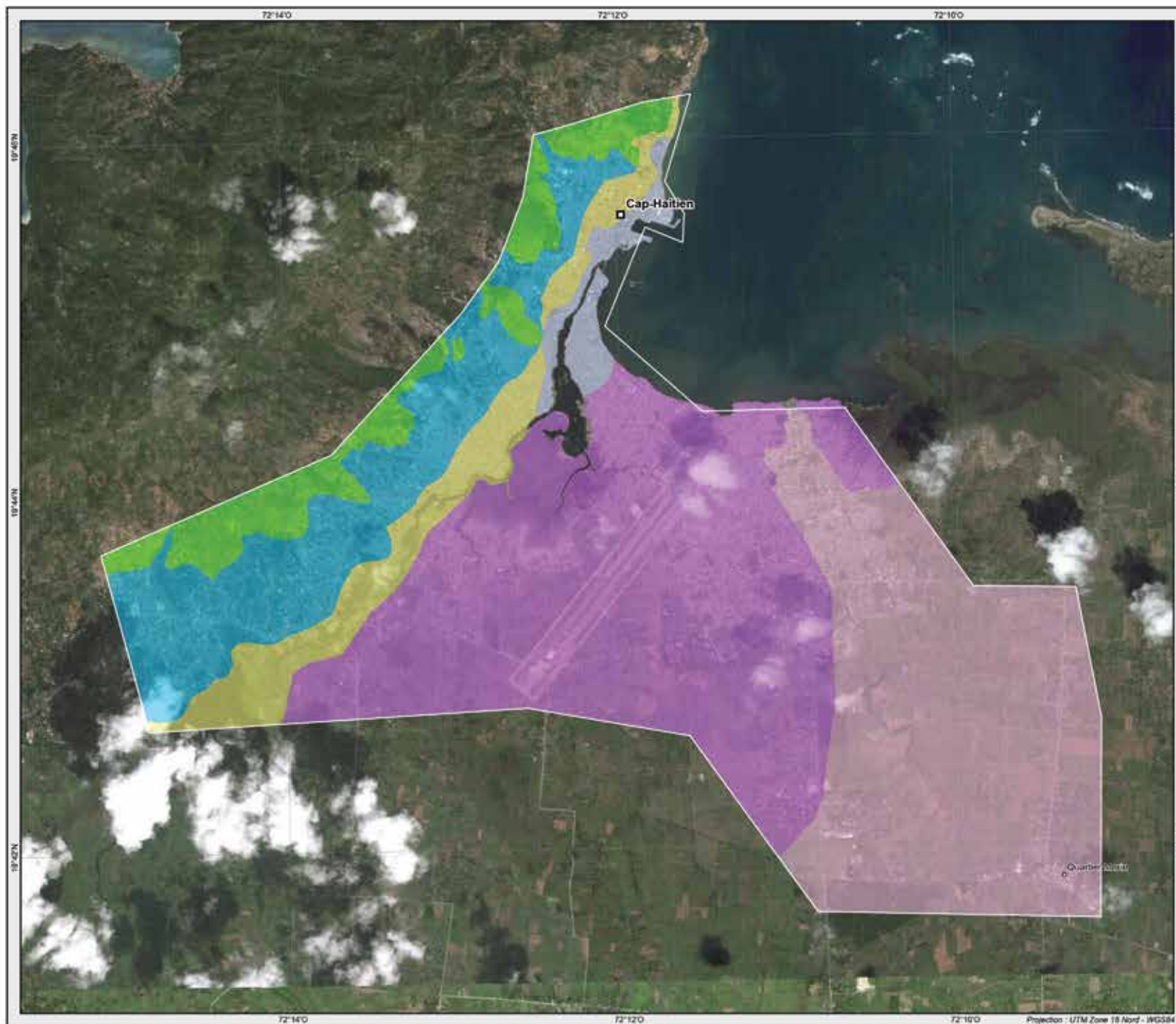
Périmètres des études de la menace Séisme en Haïti



Remarque : les références relatives aux études recensées sont indiquées en fin de document dans le tableau qui accompagne la carte de synthèse des études.

aménageurs, aux ingénieurs structure, aux architectes, mais aussi à l'ensemble de la population, le microzonage sismique a un caractère opérationnel, très appliqué, utilisable aussi bien pour la reconstruction des zones détruites que de manière préventive dans une politique d'aménagement du territoire prenant en compte les risques naturels.

Les cartes présentées ci-après sont extraites des microzonages sismiques de Port-au-Prince et de Cap-Haïtien, réalisées conjointement par le BRGM, le BME et le LNBTP (Bertil *et al.*, 2013, 2014). Les cartes présentent le zonage des sols par rapport à leur réponse à la vibration sismique.



Carte de la menace SEISME sur la ville de CAP-HAÏTIEN

Effets de site lithologiques :
Classes de sols



Classes de sols	Effets de site sur bâtiment rigide ou de faible hauteur	Effets de site sur bâtiment souple ou de grande hauteur
	Sans effets de site	Sans effets de site
Classe 0	Sans effets de site	Sans effets de site
Classe 1	Faible à moyen	Fort
Classe 2	Faible à moyen	Fort
Classe 3	Faible à moyen	Moyen à fort
Classe 4	Moyen à fort	Fort
Classe 5	Fort	Fort

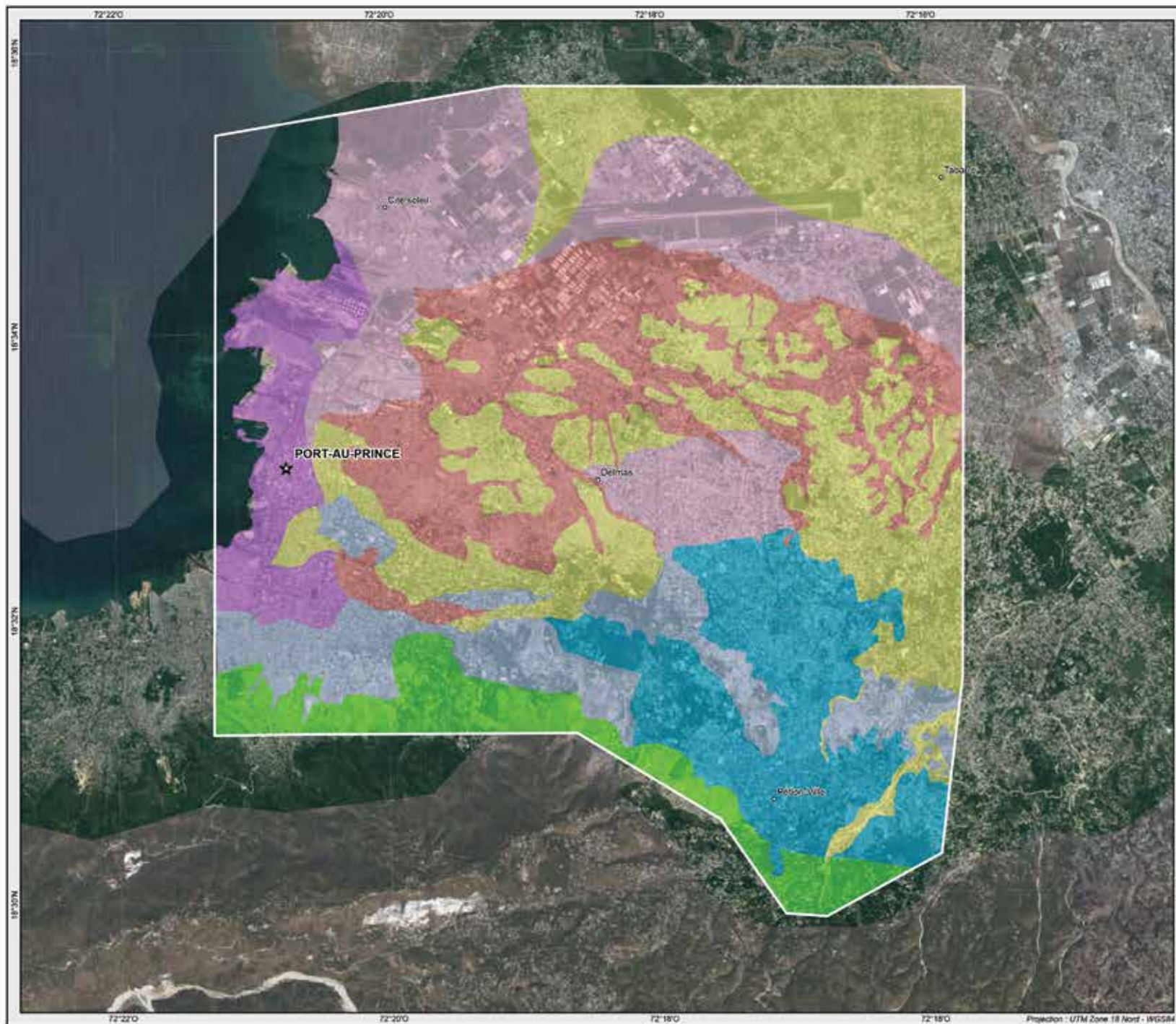
Classes de sols (Microzonage)	Portance du sol de fondation
Classe 0	Bonne
Classe 1	Faible à moyenne
Classe 2	Faible à moyenne
Classe 3	Moyenne à bonne
Classe 4	Faible à moyenne
Classe 5	Faible à moyenne

Source des données :
MICROZONAGE SISMIQUE DE CAP HAÏTIEN
BME - LNBTP - BRGM



Image satellitaire : Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community





Carte de la menace SEISME sur l'agglomération de PORT-AU-PRINCE

Effets de site lithologiques :
Classes de sols



Classes de sols	Effets de site sur bâtiment rigide ou de faible hauteur	Effets de site sur bâtiment souple ou de grande hauteur
Classe 0	Sans effets de site	Sans effets de site
Classe 1	Faible à moyen	Moyen à fort
Classe 2	Faible à moyen	Fort
Classe 3	Moyen à fort	Faible à moyen
Classe 4	Moyen à fort	Moyen à fort
Classe 5	Fort	Faible à moyen
Classe 6	Fort	Moyen à fort

Classes de sols (Microzonage)	Portance du sol de fondation
Classe 0	Bonne
Classe 1	Faible à moyenne
Classe 2	Faible à moyenne
Classe 3	Moyenne à bonne
Classe 4	Faible à moyenne
Classe 5	Moyenne à bonne
Classe 6	Faible à moyenne

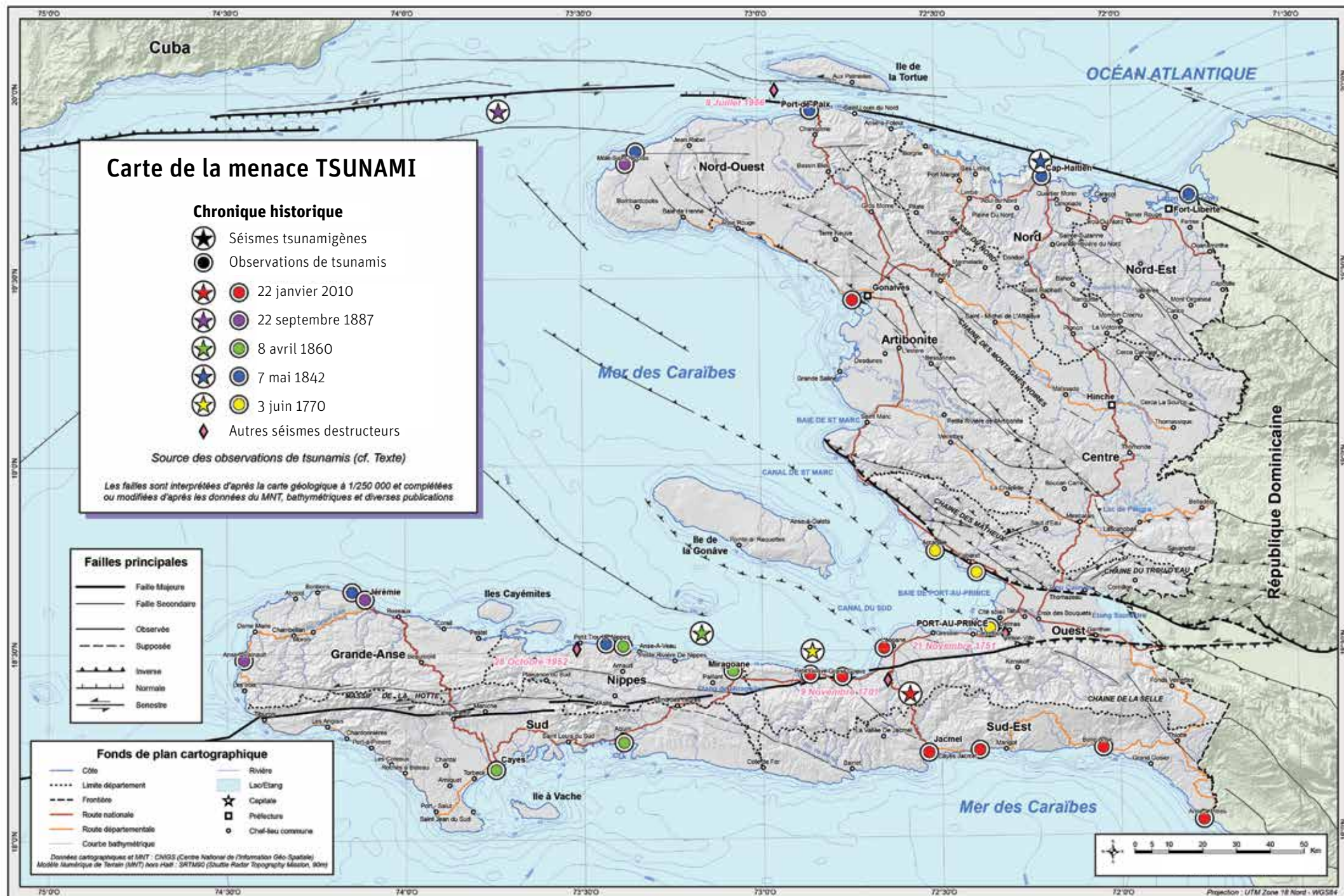
Source des données :
MICROZONAGE SISMIQUE DE PORT-AU-PRINCE
BME - LNBTP - BRGM



Image satellitaire : Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community







Atlas des menaces naturelles en Haïti

La menace Tsunami



Qu'est-ce qu'un tsunami ?

Un tsunami (du japonais tsu : port et nami : vague) est un train d'onde provoqué par un mouvement de flux et de reflux d'un grand volume d'eau (mer, océan, lac). L'origine de la mise en mouvement de cette masse d'eau est la déformation importante et brutale des fonds marins. Le phénomène déclencheur est le plus souvent un séisme, un mouvement de terrain ou une éruption volcanique.

L'exposition des côtes d'Haïti aux tsunamis

Du fait de sa situation géodynamique en limite des plaques tectoniques nord-américaine et caraïbe, Hispaniola se trouve à proximité de plusieurs grandes failles dont l'activité sismique est capable de générer des tsunamis. Parmi celles-ci, il s'agit, en particulier :

- de la faille Nord Hispaniola, localisée environ 80 km au nord du littoral haïtien, et son prolongement vers l'est, matérialisé par la fosse de Puerto Rico ;
- du système de failles Septentrional, lequel longe le littoral nord haïtien ;
- du système de failles d'Enriquillo, qui traverse toute la Péninsule du Sud d'Haïti et s'étend vers l'ouest jusqu'à la Jamaïque ;
- de la faille de Muertos, au large du littoral méridional de la République Dominicaine.

Par ailleurs, des mouvements de terrain sous-marins ou au niveau de la façade littorale peuvent se produire. Ces mouvements de terrain peuvent être déclenchés par des vibrations sismiques et peuvent, à leur tour, générer des tsunamis. C'est ce qui s'est passé en 2010, en mer à l'ouest de Port-au-Prince.

Une dizaine de tsunamis sont aujourd'hui connus pour avoir affecté les côtes d'Hispaniola depuis la colonisation. La liste des tsunamis historiques ayant pu toucher Haïti (voir tableau en page

suivante) n'est pas exhaustive ; elle dépend des témoignages historiques (écrits contemporains de la survenance du tsunami) qui ont pu être retrouvés. En plus du tsunami de 2010, enregistré sur la Péninsule du Sud d'Haïti, tous ont été liés à un séisme majeur. Le tsunami le plus fort qu'ait connu Haïti est celui de 1842. Il a touché toute la côte nord du pays.

Les effets au niveau du littoral

Un tsunami correspond à la naissance et à la propagation d'une ou plusieurs vagues, souvent destructrices à leur arrivée sur le rivage. Contrairement aux vagues ordinaires provoquées par le vent, qui ne perturbent que la surface de l'eau, les vagues du tsunami propagent leur énergie jusqu'au fond de la mer. Près du rivage, cette énergie est concentrée dans le sens vertical en raison de la diminution de la profondeur et dans le sens horizontal en raison du raccourcissement de la longueur d'onde qu'entraîne le ralentissement des vagues.

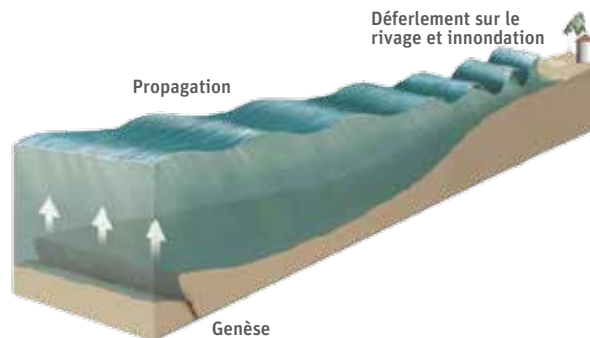
Dans certains cas, le tsunami peut entraîner une inondation relativement anodine des zones côtières basses, submergeant les terres comme une marée qui monte rapidement. Dans d'autres cas, il peut déferler en une muraille d'eau souvent très destructrice. Enfin, des courants forts et inhabituels accompagnent parfois les tsunamis, même petits.

Les dégâts causés par les tsunamis sont le résultat direct de trois facteurs : inondation, impact des vagues sur les constructions et autres infrastructures et érosion du rivage.

Les signes annonciateurs du tsunami sont dans la plupart des cas :

- une vibration sismique, si l'épicentre du séisme est suffisamment proche ;
- un comportement anormal de la mer, caractérisé par le retrait ou la montée rapide des eaux du rivage, et parfois par un grondement important généré par le déferlement des vagues.

Représentation schématique d'un tsunami



Extrait des documents « Tsunamis and You, Living more safely with natural hazards », Australia • hazards@ga.gov.au



Tsunamis ayant touché Hispaniola et référencés dans la littérature

Date	Origine supposée	Localisation	Observations	Dommages	Commentaires
18 octobre 1751	Séisme au niveau de la Fosse de Muertos	Azua de Compostela (République Dominicaine)	Destruction de la ville d'Azua	Destruction de toutes les maisons	Tsunami parfois contesté, notamment du fait qu'un cyclone a provoqué des submersions marines quelques jours après et a pu entretenir une confusion sur les raisons de la submersion.
		Saint-Domingue (République Dominicaine)	Vagues et dommages		
03 juin 1770	Séisme de magnitude 7 à 7.5	Port-au-Prince – Arcahaie - La Saline - Golfe de la Gonâve(Haïti)	La submersion aurait atteint 1.5 lieues. A Port-au-Prince, la mer est montée de 20 pieds et a ravagé la terre sur 1/4 de lieue.	Il y aurait eu 200 morts environ (par le séisme ?)	
11 Février 1775	Séisme de magnitude 7			Dommages importants	Les lieux affectés restent inconnus, et il subsiste des doutes sur la date (cet événement pourrait être confondu avec d'autres rapportés en mars et décembre 1775).
07 mai 1842	Séisme de magnitude 8.1	Port-de-Paix (Haïti)	Reflux sur une centaine de mètres, puis flux avec une inondation par près de 5 m d'eau, atteignant le « Morne des Pères »; nouveau reflux ayant découvert le fond du canal de la Tortue.	Une centaine de morts et de très nombreuses maisons renversées par le tsunami	Le séisme en lui-même a été dévastateur (5 000 à 6 000 morts à Cap-Haïtien, 200 morts à Port-de-Paix, 200 morts à Saint-Yague). La hauteur de la vague sur le Nord d'Haïti a été globalement estimée à 2 m.
		Cap-Haïtien (Haïti)	Inondation des rues commerçantes du front de mer	Une vingtaine de morts	
		Môle Saint-Nicolas (Haïti)	Tsunami observé		
		Jérémie - Anse -à-Veau (Haïti)	Grosses vagues		
		Delta de la rivière du Massacre, entre Fort-Liberté et Pepillo Salcedo (Haïti et République Dominicaine) & Delta de la rivière Yaque à Monte Cristi (République Dominicaine)	Delta submergé avec inondation des abords		
		Saint-Domingue (République Dominicaine)	Vagues de 1,6 à 2 m de hauteur		
08 avril 1860	Séisme de magnitude 7 près de Anse-à-Veau	Anse-à-Veau (Haïti)	Inondation de la basse-ville		
		Miragoane - Les Cayes - Aquin - Golfe de la Gonave (Haïti)	Tsunami observé		
23 septembre 1887	Séisme au large du Môle Saint-Nicolas	Môle Saint-Nicolas (Haïti)	Tsunami observé avec retrait, avant l'arrivée des vagues	Destruction de la ville	
		Golfe de la Gonâve – Jeremie - Anse d'Hainault (Haïti)			



Tsunamis ayant touché Hispaniola et référencés dans la littérature (cont.)

Date	Origine supposée	Localisation	Observations	Dommages	Commentaires
04 août 1946	Séisme de magnitude 8.1 au Nord-Est d'Hispaniola	Secteur de Matancitas, depuis Cabrera jusqu'au Cabo Samana (République Dominicaine)	Vagues de 4 à 5 m ayant inondé la côte	Environ 1790 morts	Egalement observé à Porto-Rico, aux Bermudes et aux USA (Floride, New-Jersey)
		Matanzas (République Dominicaine)	Vagues de 2,5 m de hauteur		
08 août 1946	Séisme de magnitude 7.9 environ (réplique de celui du 8 Août)	Sabana de al Mar - Santo Domingo (République Dominicaine)	Tsunami observé		Egalement observé à Cuba, à Porto-Rico, aux Bermudes et aux USA (Floride, New-Jersey).
31 mai 1953	Séisme de magnitude 6.9 ?	Puerto Plata (République Dominicaine)	Vagues de 6 cm sur marégraphe		Incertitude sur l'origine du tsunami qui pourrait être lié à l'ouragan Alice.
12 janvier 2010	Mouvements de terrain et déplacement latéral liés au séisme de magnitude 7	Petit-Goâve, Grand-Goâve, Petit-Paradis, Léogâne (Haïti)	Hauteurs d'eau atteignant 3 m, inondation sur quelques mètres à une cinquantaine de mètres	3 morts	Le tsunami lié au séisme de 2010 aurait également été détecté à Porto-Rico et aux Îles Vierges Britanniques.
		Gonaïves (Haïti)	Vagues significatives		
		Jacmel (Haïti)	Hauteurs d'eau atteignant 3 m, inondation sur plusieurs dizaines de mètres		
		Cayes-de-Jacmel (Haïti)	Zone inondée sur une vingtaine de mètres de largeur.		
		Belle-Anse (Haïti) - Pedernales (République Dominicaine)	Zone inondée sur quelques mètres de largeur.		
		Anse-à-Pitres (Haïti)	Zone inondée sur une dizaine de mètres de largeur.		
		Saint-Domingue (République Dominicaine)	Hauteur 6,2 cm		
		Au large, à 300 à 400 km au Sud des côtes de la République Dominicaine et de Porto Rico	Un tsunamimètre a enregistré un tsunami 50 minutes après séisme, avec des amplitudes comprises entre 5 et 15 cm.		

Sources consultées : Flores *et al.* (2011), Fritz *et al.* (2010), Hornbach *et al.* (2010), McCann (2007), NATHAT (2010), NATHAT 2 (2011), OXFAM (2002), Zahibo (2010, 2012a, 2012b)



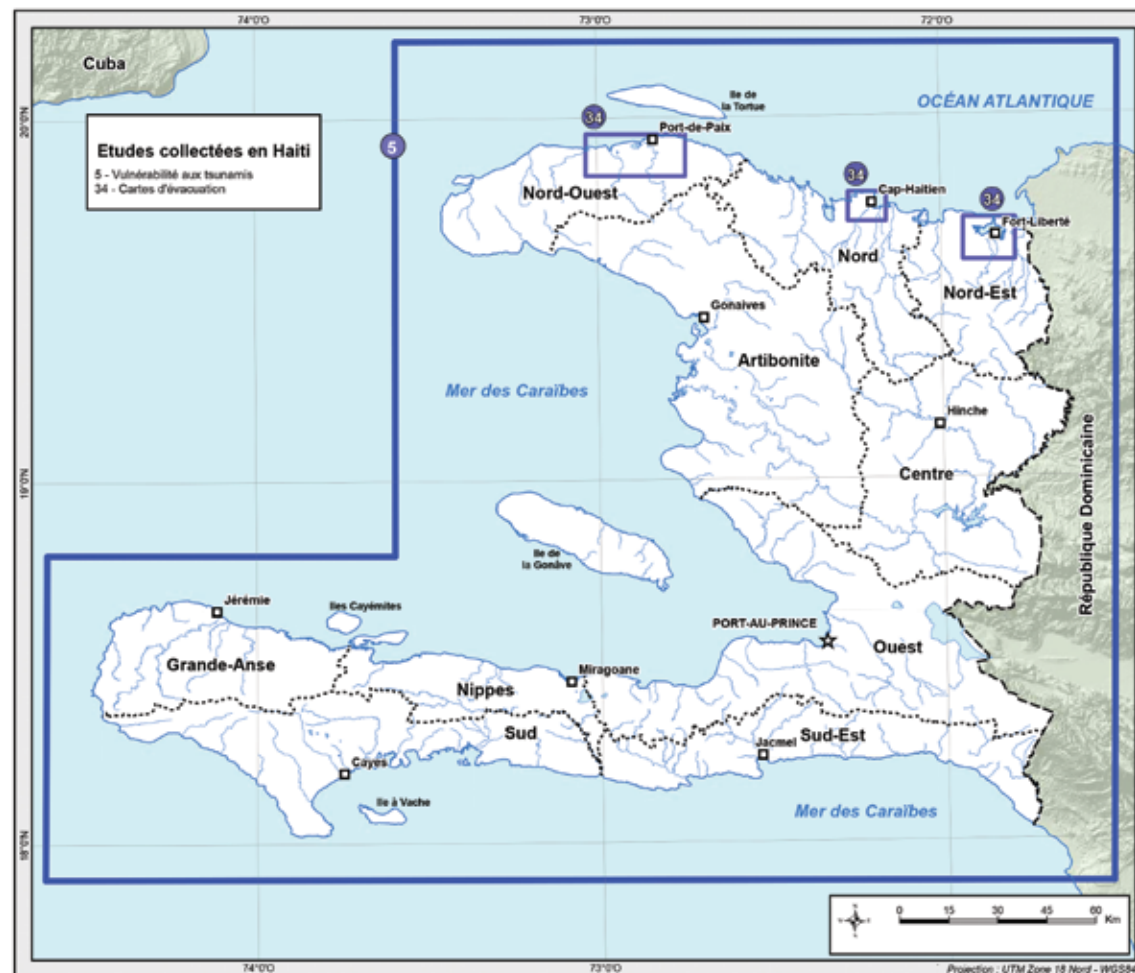
Cartographie de la menace tsunami

La carte au 1/1 000 000 de la menace **Tsunami** a été établie à partir des observations historiques de tsunamis recueillies lors de différentes études et de la bibliographie scientifique disponible (cf. tableau sur les événements historiques, dans le texte). Les sources sur les séismes sont citées dans le chapitre relatif à la menace sismique. Les failles sont interprétées d'après la carte géologique au 1/250 000 et complétées ou modifiées d'après les données bathymétriques et topographiques, ainsi qu'à partir de diverses publications.

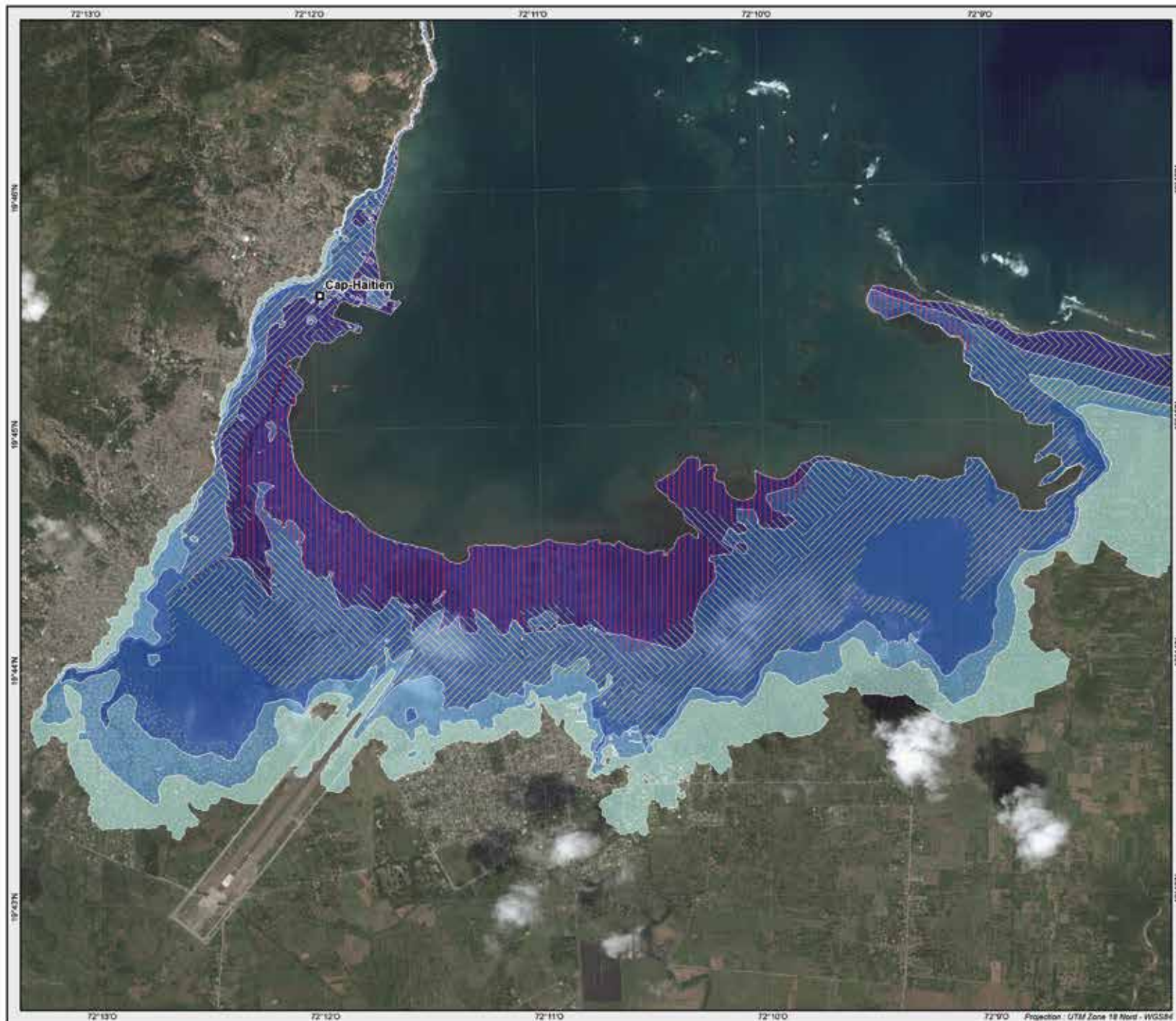
La carte de menace sur la zone de Cap-Haïtien est extraite de l'étude d'évaluation des risques liés aux tsunamis sur le Nord d'Hispaniola, réalisée par ARTELIA en 2014. La carte présente les résultats (hauteur d'eau à terre et vitesse du flux) obtenus pour un scénario de séisme de magnitude Mw 8,7 situé sur la faille Nord Hispaniola. La carte est présentée initialement à l'échelle 1/10 000.

La carte de menace et d'évacuation en cas de tsunami de Fort-Liberté au 1/50 000 est issue d'une étude réalisée en 2012 par N. Zahibo pour le compte du SNGRD, avec un financement du Programme ECHO (*European Commission's Humanitarian Aid and Civil Protection department*) sous la coordination de l'UNESCO. Elle indique pour Fort-Liberté les zones qui sont a priori inondables pour un tsunami d'une hauteur de 8 m, généré par un séisme de mêmes caractéristiques que celui de 1842 (Mw = 8,2). Elle permet d'identifier les bâtiments à enjeux exposés (écoles, hôpitaux, commissariat, églises, mairie...), ainsi que les itinéraires d'évacuation et les zones de regroupement. Dans le cadre du même projet, des cartes de même nature ont été réalisées pour les villes de Port-de-Paix et de Cap-Haïtien.

Périmètre des études de la menace Tsunami en Haïti



Remarque : les références relatives aux études recensées sont indiquées en fin de document dans le tableau qui accompagne la carte de synthèse des études.



Carte de la menace TSUNAMI sur la ville de CAP-HAÏTIEN

Carte de menace de Tsunami en cas de séisme de magnitude Mw. 8.7 sur la faille Nord Hispaniola

Classes de vitesse	Classes de hauteur d'eau
0.0 < V < 0.5 m/s	0.0 < H < 0.5 m
0.5 < V < 1.0 m/s	0.5 < H < 1.0 m
1.0 < V < 2.0 m/s	1.0 < H < 3.0 m
2.0 < V < 3.0 m/s	3.0 < H < 10.0 m
V > 3.0 m/s	Limite classes

Source des données :
Cartes des zones inondables et des vitesses dans le cas d'un scénario extrême de magnitude Mw=8.7 le long de la "North Hispaniola Thrust Fault" (NHTF) sur la zone de Cap-Haïtien
ARTELIA, 2014



Image satellitaire : Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community





Carte de la menace TSUNAMI sur la ville de FORT-LIBERTE

Carte de menace et d'évacuation en cas de tsunami

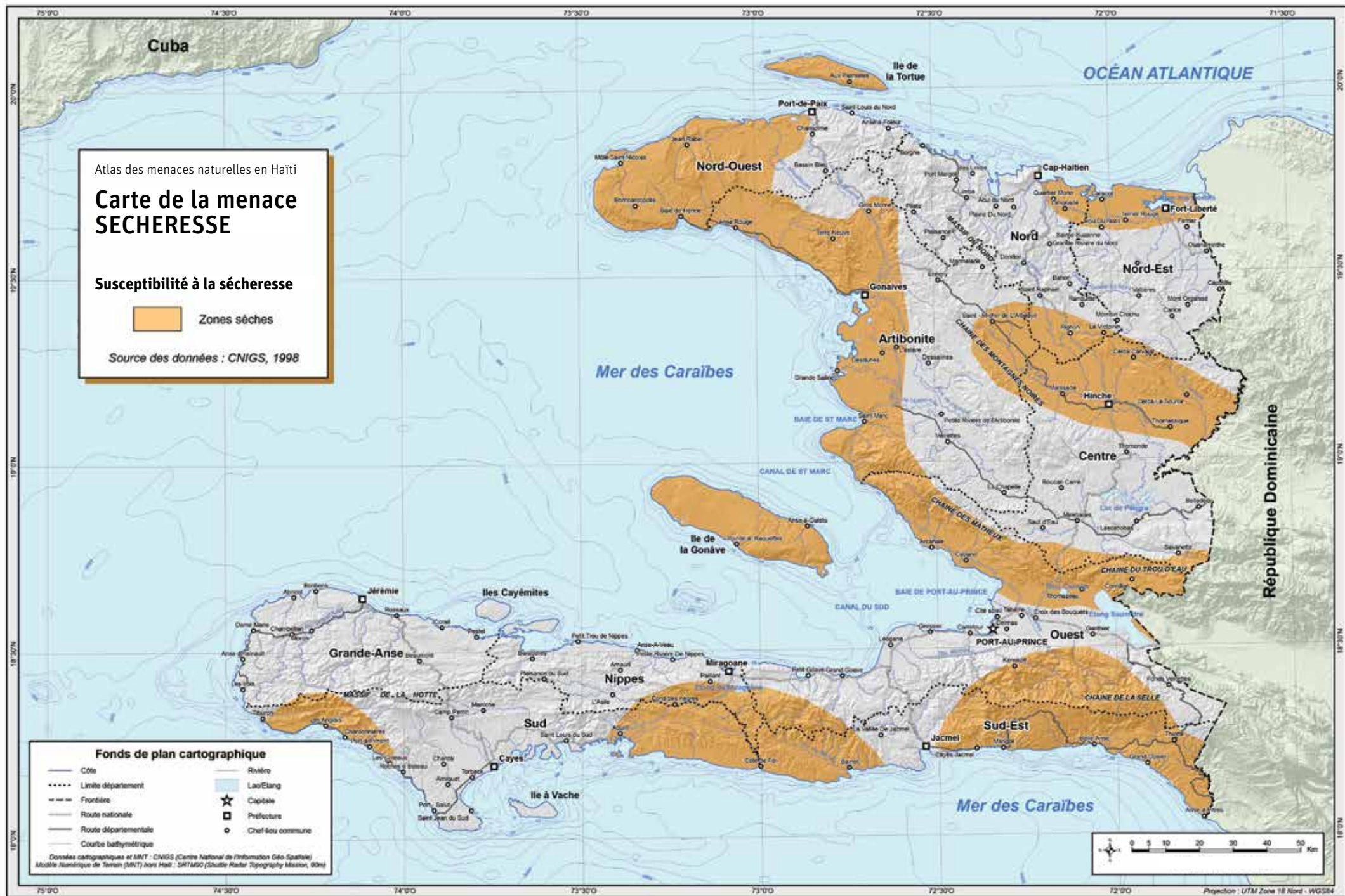
- Zone d'impact tsunami
- Bâtiments à enjeux
- Zones de regroupement
- Axe d'évacuation
- Signalétique tsunami

Source des données :
Carte issue d'une étude réalisée en 2012 par Narcisse Zahibo pour le compte du SNGRD, avec un financement du Programme ECHO (European Commission's Humanitarian Aid and Civil Protection department) sous la coordination de l'UNESCO



Image satellitaire : Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community





Atlas des menaces naturelles en Haïti

La menace Sécheresse





Qu'est-ce que la sécheresse ?

La sécheresse résulte d'une période de temps anormalement sans pluie qui persiste assez longtemps pour produire un grave déséquilibre en eaux de surface et souterraine. La gravité d'une sécheresse dépend du degré de déficience de l'humidité, la durée et la taille de la zone touchée.

Indépendamment de l'origine de la sécheresse, les dégâts causés peuvent être les suivants :

- diminution des rendements agricoles et pertes de récoltes ;
- augmentation des disettes et des famines et, de surcroît, des épidémies en raison de la malnutrition ;
- réduction du débit des rivières ;
- baisse du niveau des lacs artificiels (tel que celui de Péligre, dont l'unité hydro-électrique fournit une partie de l'électricité à Port-au-Prince) ;
- rationnement du courant électrique ;
- modifications, perturbations voire destruction des écosystèmes en particulier dans les zones humides ;
- mort et disparition de végétaux ;
- troubles sociaux et conflits pour l'accès aux ressources naturelles (eau et nourriture) ;
- migration de populations.

Les sécheresses historiques exceptionnelles en Haïti

La sécheresse, en Haïti, affecte de grandes étendues du territoire et a des conséquences importantes sur l'agriculture, la disponibilité en eau, les mouvements de population, la production d'énergie hydroélectrique et, d'une manière plus générale, sur l'économie.

Pendant le XX^{ème} siècle, plusieurs crises de sécheresse ont frappé le territoire haïtien. Ces périodes de sécheresse se sont accompagnées, à plusieurs reprises, de baisses considérables dans la productivité agricole et de l'approvisionnement en eau potable, conduisant à des conditions de vulnérabilité alimentaire, voire à des famines et à la dégradation intense des terres. En 1992, la sécheresse a affecté plus d'un million de personnes. Entre 1980 et 2008, plus de 2 millions d'habitants en ont été victimes.

Evènements de sécheresses désastreuses relevées depuis 1726 en Haïti

Date	Zones plus particulièrement touchées	Nombre de personnes affectées
1726	Nord-Ouest	inconnu
1753-54	Tout le pays	inconnu
1772-74	Tout le pays	inconnu
1777	Nord-Ouest	inconnu
1779-80	Tout le pays	inconnu
1785-86	Tout le pays	inconnu
1921-22	Tout le pays	inconnu
1947	Nord-Ouest	inconnu
1957	Nord-Ouest	inconnu
1958-59	Tout le pays	inconnu
1964	Nord-Ouest	inconnu
1966-67-68	Presqu'île du Nord-Ouest	215 000
1973-74	Presqu'île du Nord-Ouest	507 000
1975	Nord-Ouest	30 000
1977-78	Tout le pays	450 000
1981	Sud-Ouest	103 000
1983	Nord-Ouest, Sud-Est, Nord-Ouest, Sud et Nord-Est	233.000 (dont 133 00 sur le Nord-Ouest)
1984-85	Nord-Ouest	45 000
1992	Tout le pays	1 000 000
1996-97	Presqu'île du Nord-Ouest	50 000
2003	Saint Nicolas, Bombardopolis, Baie de Henne Jean Rabel (Nord-Ouest)	35 000
2014 -	Nord-Ouest et Nord-Est	non établi

Source: NATHAT (2011) : 1701-1963/Observatoire du Petit Collège Saint-Martial (in Mora, 1986); 1968-1985/Croix Rouge Haïtienne; 1983-1997/ OPDES; 2000-2001/DPC; 2002-2008/CRED; sept 97 à oct 2000 et oct 2002 à avril 2003/Période manquante d'information ; sites Web <http://www.alterpresse.org/>

Année 2014

« Depuis janvier, le département du Nord-Ouest a vu périr la quasi-totalité de ses récoltes de la campagne d'hiver. Plus de 143 000 personnes de ce département sont touchées par cette sécheresse, provoquant une crise alimentaire. Cela contraint les personnes les plus vulnérables à adopter des mécanismes de survie, comme la réduction de la quantité de repas quotidiens à deux, voire un par jour au maximum. Des organisations humanitaires ont effectué des interventions d'urgence. Mais le Nord-Ouest n'est pas l'unique département à souffrir de la sécheresse. Le Nord-Est, certaines communes du Centre et de l'Ouest à l'image de Belladère et Fonds-Verrettes, sont également touchés. La sécheresse dans ces zones est liée entre autres à une saison pluvieuse capricieuse, un manque d'infrastructures, paralysant davantage les activités traditionnelles pour la campagne agricole de printemps. Elle conduit par exemple à des difficultés pour trouver l'eau potable. »

Extrait du site WEB <http://www.alterpresse.org/spip.php?article16293#.VfB0Z10Kpo>

Le contexte pluviométrique d'Haïti

Haïti fait climatiquement partie de la basse région subtropicale (18° - 20° Latitude Nord) mais, en raison de sa position centrale dans la Caraïbe insulaire et de sa physiographie montagneuse, des contrastes climatiques importants sont observés à l'intérieur du territoire et parfois entre des régions distantes seulement de quelques kilomètres.

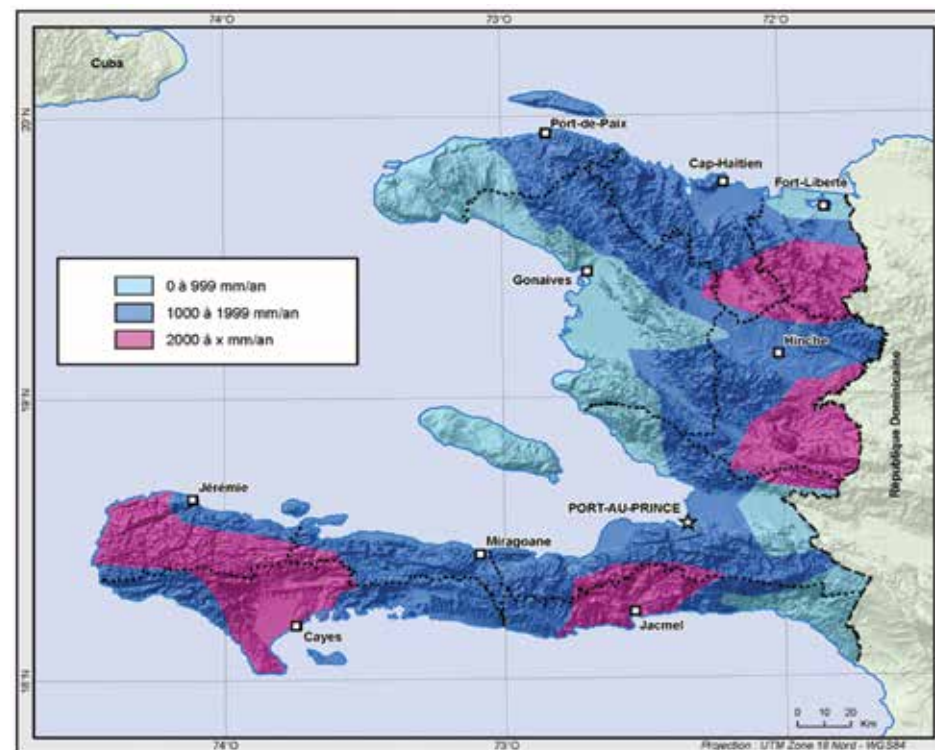
La majorité du territoire est sous l'influence d'un régime thermique chaud à très chaud. La température moyenne reste autour de 24° C tout au long de l'année, mais en certaines périodes des températures de l'ordre de 12° C peuvent être enregistrées dans les zones d'altitude et/ou jusqu'à 37° C dans les zones de plaine sèche.

Le pays se caractérise par deux saisons pluvieuses allant généralement de mars à mai et d'août à octobre et entre lesquelles s'intercalent les saisons sèches, notamment une longue période s'étalant de novembre à février. Les écosystèmes humides se retrouvent généralement sur les versants montagneux exposés au vent, comme dans les montagnes de la côte septentrionale (alentours de Cap-Haïtien) et dans la Péninsule du Sud, et les écosystèmes sub-humides dans la partie moins arrosée de l'exposition sous le vent. Les schémas de distribution de pluie varient de moins de 400 mm dans le nord-ouest à plus de 3 000 mm dans les montagnes du sud-ouest.

Les zones semi-arides (moins de 1000 mm/an de pluie) représentent 1/3 du territoire. A de rares exceptions près, les régimes pluviométriques de tous les microclimats du territoire haïtien comportent au moins une saison, d'au moins 3 mois, de déficit hydrique marqué. Aujourd'hui, des sécheresses annuelles (une moyenne de 6 mois par an) récurrentes sont enregistrées dans plusieurs zones, telles que :

- la partie ouest du département du Nord-Ouest ;
- tout le nord-est du pays ;
- la partie nord du département de l'Artibonite : de Gonaïves à Anse-Rouge ;
- la partie orientale du département du Sud-Est (de Baint à Côtes-de-Fer) ;
- la zone haute entre les départements du Sud et de la Grande-Anse (entre Aquin et l'Azile) ;
- la zone de Jérémie, dans le département de la Grande-Anse ;
- de l'Arcahaie à la Plaine du Cul-de-Sac dans le département de l'Ouest.

Carte de la variabilité des pluies à Haïti



Carte d'après le CNM, in NATHAT, 2010



L'impact du phénomène El Niño sur Haïti

Au cours de certaines années on note une anomalie et un réchauffement de la température de quelques degrés des eaux océaniques de surface du Pacifique Sud, de son centre jusqu'aux côtes du Pérou, le nord du Chili et de l'Equateur. Il s'agit du phénomène El Niño. L'origine de ce phénomène cyclique d'une période de plusieurs années (1 à 2 fois par décennie) et d'une intensité maximale pendant environ 3 mois, à la période de Noël (d'où son nom d'"enfant Jésus" donné par les pêcheurs péruviens) est encore incertaine. Toute la ceinture tropicale de la planète subit un bouleversement climatique qui provoque régionalement, soit des précipitations intenses, soit des périodes de sécheresse exceptionnelles. Les effets d'El Niño sur le climat se font sentir jusqu'en Asie et en Afrique. Dans la Caraïbe, ce phénomène se traduit généralement par une activité cyclonique moins fréquente, mais, en revanche, par une période de sécheresse plus intense.

Concernant le territoire d'Haïti, en se référant aux études et aux données existantes, on peut affirmer que d'importantes superficies sont affectées par la sécheresse tous les cinq à sept ans. Or, selon les données recueillies par le Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles, et du Développement Rural (MARNDR) d'Haïti, il apparaît que le problème de sécheresse ait atteint aujourd'hui une ampleur nationale. Même les zones originellement humides sont actuellement affectées sur des périodes relativement courtes, mais capables de limiter la production agricole et de réduire les régimes des cours d'eau. Les zones semi-arides, déjà très fragilisées, sont encore plus durement frappées par les périodes de sécheresse.

La température moyenne du Globe a augmenté de plus de 1 degré entre 1973 et 2003. Les conditions météorologiques extrêmes et variables ont alterné entre sécheresses (généralement entre novembre et février, durant la saison sèche) et fortes tempêtes et ouragans (généralement entre août et octobre, pendant la saison des pluies).

Si le changement climatique se fait d'ores et déjà pleinement ressentir sur Haïti, l'accentuation du phénomène El Niño devrait se poursuivre dans les décennies à venir.



Sécheresse affectant les reliefs haïtiens, photo prise en 2015

© SOS ESF – M. Brochet



Atlas des menaces naturelles en Haïti

La prévention des Risques naturels



La prévention des Risques naturels

Quelques notions

L'un des principaux défis à relever par nos sociétés est d'intégrer la réduction des risques de catastrophes dans les politiques de développement. Des événements naturels dangereux se produisent partout dans le monde, mais leur impact est nettement plus important lorsqu'ils frappent les pays les plus pauvres. Cette réalité n'est pas uniquement due à des facteurs géographiques mais aussi - et surtout - à la vulnérabilité des populations touchées (PNUD, 2004).

En effet, pour les populations aux prises avec les préoccupations de la survie quotidienne, la gestion du risque de catastrophe n'est souvent pas une priorité. Les pertes économiques occasionnées par les catastrophes naturelles entravent pourtant gravement les efforts déployés pour le développement. Ainsi, la destruction des infrastructures, la perte des moyens de subsistance, les dommages causés aux écosystèmes et à l'héritage culturel, les blessures, la maladie, la mort, sont des résultats directs des catastrophes. Leur incidence compromet les efforts visant à réduire la pauvreté et la famine, à fournir l'accès à l'éducation, aux logements salubres, à l'eau potable et aux systèmes d'assainissement, ou à protéger l'environnement et les investissements financiers qui génèrent l'emploi et les revenus. Avec le temps, les risques de catastrophe peuvent s'accumuler à cause d'activités inappropriées en matière de développement.

La prévention des risques majeurs regroupe l'ensemble des actions à mettre en œuvre afin d'éviter la survenance des phénomènes dangereux et/ou d'en limiter les conséquences. La prévention des risques majeurs s'inscrit dans la logique du développement durable, puisque à la différence des mesures de réparation post-crise, la prévention tente de réduire les conséquences économiques, sociales et environnementales d'un développement imprudent de la société.

Les principales actions de la prévention se déclinent en plusieurs composantes :

La connaissance des phénomènes, de leurs menaces et du risque résultant

- La zone concernée est-elle exposée à un phénomène naturel dangereux ? Si oui, où peut-il se produire ? Quand ? Avec quelle fréquence ? Avec quelle intensité ?
- Concernant les enjeux : quels sont les éléments exposés ? Quelle est leur vulnérabilité ?
- Quelle est la capacité de la société à faire face à un événement naturel dangereux ? Cette action fait appel à des connaissances scientifiques et des moyens techniques parfois importants. Les connaissances sur les phénomènes sont très généralement traduites sous la forme de cartes.

L'information préventive et l'éducation aux risques

Parce que la gravité du risque est proportionnelle à la vulnérabilité des enjeux concernés, l'un des moyens essentiels de la prévention est l'adoption par les citoyens de comportements adaptés aux menaces auxquelles ils sont exposés. La population d'une zone à risque doit être informée des dangers qui la concernent et doit pouvoir acquérir des réflexes simples et conditionnés pour réduire sa vulnérabilité. Les autorités publiques doivent connaître les risques naturels présents sur leur territoire afin de garantir la sécurité des personnes et des biens. La sensibilisation du public est un facteur clé dans la réduction effective des risques de catastrophe. Son développement est soutenu, par exemple, par l'élaboration et la diffusion de l'information par les médias et les canaux complémentaires, de l'éducation nationale, des centres d'information dédiée, les réseaux et les actions communautaires, etc.



Un exemple d'information/communication relative à quelques conseils faciles à mettre en œuvre pour la construction en maçonnerie : le support est constitué d'une peinture appliquée sur un mur dans une rue de Port-au-Prince.

La prise en compte des risques dans l'aménagement du territoire

Il s'agit d'orienter l'aménagement du territoire en tenant compte des risques naturels, en évitant par exemple d'augmenter les enjeux dans les zones à risque et en diminuant la vulnérabilité des zones déjà urbanisées. Lorsque cela est possible, il peut s'agir aussi de réduire le risque en réalisant des parades ou en appliquant des normes de construction (parasismique, paracyclonique).

La planification de l'organisation des secours

La bonne organisation des secours est essentielle dans la gestion d'une crise. Il est donc utile de planifier préalablement les secours, dans la mesure du possible. Cela doit permettre, à la suite d'un phénomène grave, la mise en œuvre rapide et efficace de tous les moyens de secours disponibles.

La surveillance et l'alerte

Quand le type de menace naturelle s'y prête, l'objectif est ici d'anticiper le phénomène et de pouvoir alerter les populations à temps. L'utilisation de dispositifs d'analyse et de mesures intégrées dans un système d'alerte des populations est nécessaire pour cela.

L'organisation de la réponse en Haïti

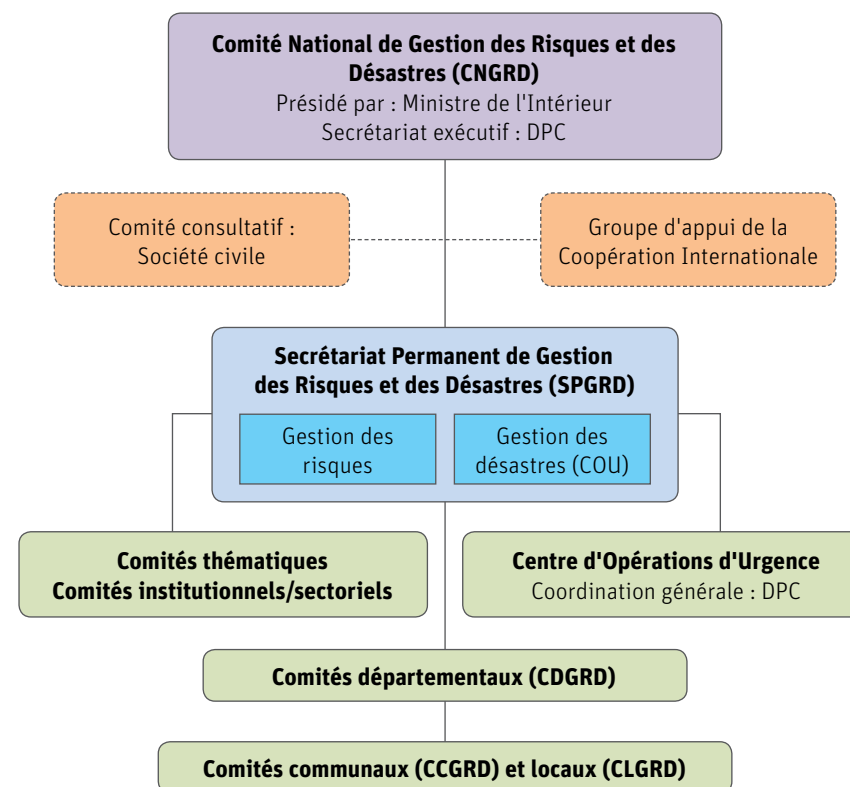
La surveillance et l'alerte

La réduction des risques de catastrophe naturelle nécessite la connaissance, les capacités et les apports d'un large éventail de secteurs et d'acteurs tant centraux, que départementaux et communaux. C'est pourquoi la politique actuelle de gestion des risques et des catastrophes en Haïti est organisée autour du SNGRD (Système National de Gestion des Risques et des Désastres). Celui-ci a deux grandes missions :

- 1) agir sur les causes qui génèrent l'état de risque afin de réduire les possibilités de désastres ;
- 2) renforcer la capacité de réponse aux besoins en cas de désastre, à tous les niveaux : central, départemental, communal et local.

Ce système est piloté par le Comité National de Gestion des Risques et Désastres (CNGRD), formé des membres du cabinet ministériel et du Président de la Croix Rouge Haïtienne et présidé, par délégation du Premier Ministre, par le Ministre de l'Intérieur et des Collectivités Territoriales (MICT).

Organisation schématique du Système National de Gestion des Risques et Désastres (SNGRD)



Il s'appuie sur les différentes institutions publiques haïtiennes et internationales concernées par la gestion des risques et des désastres. La DPC (Direction de la Protection Civile) coordonne les actions du SPGRD (Secrétariat Permanent de Gestion des Risques et des Désastres) et joue le rôle de Secrétariat Exécutif du CNGRD. Au niveau départemental, il existe le Comité Départemental de Gestion des Risques et des Désastres (CDGRD), qui réunit les directeurs départementaux des ministères ainsi que des comités communaux dans chaque commune et des comités locaux dans chaque section communale. Cette organisation rassemble donc à la fois des acteurs de la gestion des risques et des désastres aux niveaux central, départemental, communal et local. Le SPGRD ainsi que les comités deviennent des Centres d'Opérations d'Urgence en cas d' v nement catastrophique.

Principaux acteurs publics impliqués dans la gestion des risques naturels en Haïti	
Ministères de tutelle ou organismes publics	Missions entrant dans le champ de la prévention des risques
Primature - CIAT	Le CIAT, placé sous l'autorité de la Primature, a pour mission de définir la politique du gouvernement en matière d'aménagement du territoire, de protection et de gestion des bassins versants, de gestion de l'eau, de l'assainissement, de l'urbanisme et de l'équipement. Cette institution a été créée en réponse à un constat alarmant de dégradation de l'environnement et à la nécessité d'actions cohérentes et coordonnées en matière d'aménagement du territoire.
MPCE	Le MPCE a pour mission de concevoir, piloter, animer la planification (le processus de planification) du développement et coordonner l'apport externe en support à l'effort national de développement.
MDE	Le MDE doit formuler et faire respecter la politique du Gouvernement en matière de gestion de l'environnement, assurer une utilisation durable de l'environnement et des ressources naturelles, veiller à l'intégration des politiques environnementales dans les politiques sectorielles, promouvoir l'éducation environnementale et le développement d'une culture nationale de protection et de réhabilitation de l'environnement.
MTPTC/BME/UTS	Créée par décision en date du 7 février 2011 par le Ministre des TPTC, Président du Conseil d'Administration du BME, l'UTS a pour mission essentielle de : 1) surveiller la sismicité locale et régionale ; 2) centraliser et archiver les données sismologiques à des fins de recherche en sciences de la Terre ; 3) informer les instances décisionnelles et la population sur l'activité sismique du pays tout en œuvrant à la prise en compte de l'aléa sismique dans le cadre de la reconstruction du pays.
MTPTC/DTP/SPU	Le MTPTC/DTP/SPU élabore les schémas d'aménagement et les plans directeurs pour les centres urbains et ruraux. Il établit les règlements d'urbanisme et normes techniques.
MTPTC/LNBTP	Le MTPTC/LNBTP contrôle la qualité des infrastructures en construction et application des normes en matière de bâtiments. Il réalise aussi des études géotechniques, des recherches appliquées sur les matériaux de construction et de la promotion des normes en matière de génie civil.
MTPTC/SEMANAH/CODOMAR	Le SEMANAH est en charge des phares et balises, de la circulation maritime et de la conformité des activités navales sur tout le territoire. Le CODOMAR gère le centre d'alerte national aux tsunamis, il doit permettre aux autorités d'avoir en temps réel les données annonçant un risque de tremblement de terre suivi de tsunami. Il assure aussi l'information et la sensibilisation sur le risque de tsunami.
MPCE/CNIGS	Le CNIGS a pour mission de produire et de diffuser l'information géographique actualisée et fiable sur tout le territoire national par l'utilisation de technologies modernes appropriées, garantissant la mise à disposition de méthodes, d'outils, de produits et de formation devant supporter la planification des actions de développement durable du pays.
MICT/DPC	La DPC est en charge de la coordination de la gestion des risques et des désastres (GRD) sur tout le territoire haïtien. Elle coordonne le SPGRD ainsi que les autres entités du SNGRD dont les comités départementaux, communaux et locaux de protection civile.
MARNDR/CNM	La mission du MARNDR est de « définir la politique du secteur économique du gouvernement haïtien dans les domaines de l'agriculture, de l'élevage, des ressources naturelles renouvelables et du développement rural ». Le CNM assure aussi la prévision et la vigilance météorologique (cyclone, sécheresse).

Atlas des menaces naturelles en Haïti

Exemples d'actions de prévention contre les menaces naturelles en Haïti



La menace CYCLONE

Le suivi des cyclones et l'alerte

L'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) coordonne la veille cyclonique au niveau international. Elle a désigné dans chaque bassin océanique un Centre Météorologique Régional Spécialisé (CMRS), responsable de la prévision cyclonique. Pour l'Atlantique Nord, il s'agit du centre de Miami.

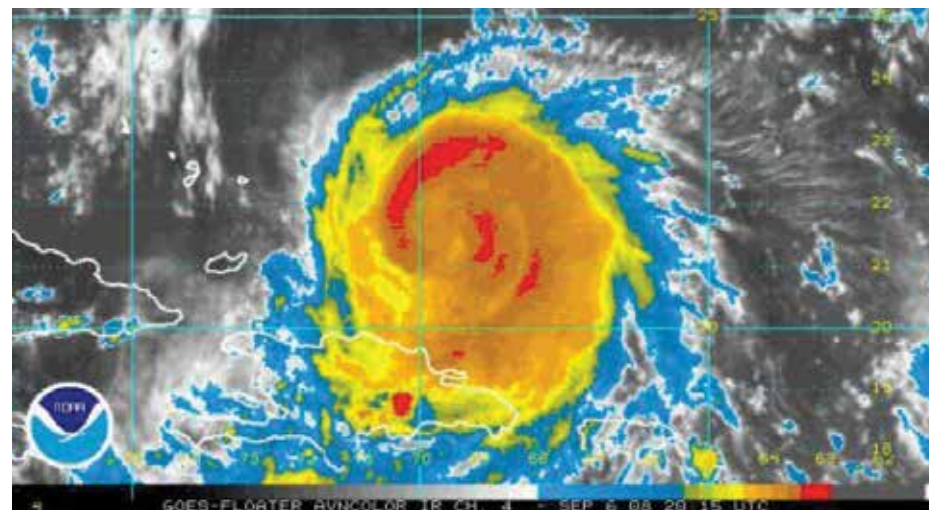
La prévision cyclonique consiste à détecter la formation des phénomènes cycloniques, puis à prévoir leur trajectoire et leur intensité grâce à des modèles numériques et à l'expertise des prévisionnistes. Dès qu'un cyclone est identifié, le CMRS diffuse toutes les 6 heures, puis toutes les 3 heures à l'approche de zones habitées, un bulletin à tous les services météorologiques de la région.

Cette prévision est associée à des mesures d'information, de prévention et de sensibilisation des populations au risque encouru et aux attitudes à adopter afin de minimiser les dommages liés au passage du cyclone.



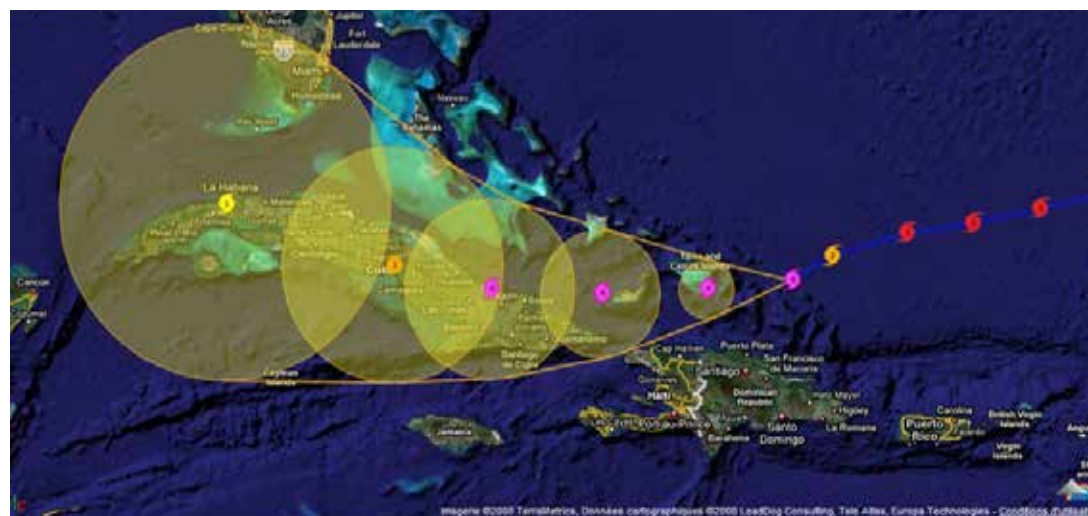
Cinq phases d'alerte sont prévues par le service météorologique d'Haïti en fonction de la distance et de l'heure de passage prévisible du cyclone. Celles-ci sont déclinées selon 3 niveaux de vigilance (jaune, orange, rouge) selon l'intensité du phénomène attendu sur le pays.

L'imagerie satellitaire a révolutionné la prévision cyclonique et permet de pallier le manque d'observations sur les zones océaniques



Source : Image satellite GOES-Floater/NOAA Infra rouge couleur le 6 sept. 2008 à 20h15 UTC

Prévision de la trajectoire du cyclone Ike le 6 septembre 2008 à 21h UTC. Les cercles représentent les cônes d'incertitude sur la prévision de la trajectoire



La menace CYCLONE

Proximité croissante du cyclone

Temps	3 niveaux d'intensité d'impact	5 phases d'intervention d'urgence multi organisme				
		4 phases d'alerte pour la gestion des risques				
		Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	
Cyclones et/ou fortes pluies	Vigilance jaune (peu violent à violent)	Préalerte 1 Déclenchement de cette phase si possible 72h dès que le phénomène risque de concerner Haïti. Préparation des services à la mise en place de permanences et également préparation de la population.	Préalerte 2 36 à 48h si possible avant le passage du phénomène. Mobilisation renforcée des services et préparation de la population.	Alerte 1 15 à 24 heures si possible avant le passage du phénomène. Constitution des postes de commandement, sensibilisation des populations.	Alerte 2 Confirmation du passage juste avant le début des premiers effets. Population sensibilisée.	Le mauvais temps qui touchait Haïti s'éloigne, mais le danger est toujours présent Restez extrêmement prudent. Phase de secours Pour la gestion des risques et des désastres Restez prudent !
	Vigilance orange (violent à très violent)	Préalerte 1 Déclenchement de cette phase si possible 72h dès que le phénomène risque de concerner Haïti. Préparation des services à la mise en place de permanence et également préparation de la population.	Préalerte 2 36 à 48h si possible avant le passage du phénomène. Mobilisation renforcée des services et préparation de la population.	Alerte 1 15 à 24 heures si possible avant le passage du phénomène. Constitution des postes de commandement, cessation de quelques activités et mise à l'abri des populations.	Alerte 2 Confirmation du passage juste avant le début des premiers effets. Population à l'abri et circulation interdite dans les zones très à risque.	
	Vigilance rouge (extrêmement violent)	Préalerte 1 Déclenchement de cette phase si possible 72h dès que le phénomène risque de concerner Haïti. Préparation des services à la mise en place de permanences et également préparation de la population.	Préalerte 1 36 à 48h si possible avant le passage du phénomène. Mobilisation renforcée des services et préparation de la population.	Alerte 1 15 à 24 heures si possible avant le passage du phénomène. Constitution des postes de commandement, cessation de quelques activités et mise à l'abri des populations.	Alerte 2 Confirmation du passage juste avant le début des premiers effets. Population à l'abri et circulation interdite.	

Niveaux de vigilance et phases d'alerte auprès de la population prévus par le service météorologique d'Haïti en cas de passage d'un cyclone tropical ou de fortes pluies.

Niveaux de vigilance et phases d'alerte auprès de la population prévus par le service météorologique d'Haïti en cas de passage d'un cyclone tropical ou de fortes pluies.

Le bulletin météorologique est disponible chaque jour sur le site <http://www.meteo-haiti.gouv.ht/index.html>.

La menace CYCLONE

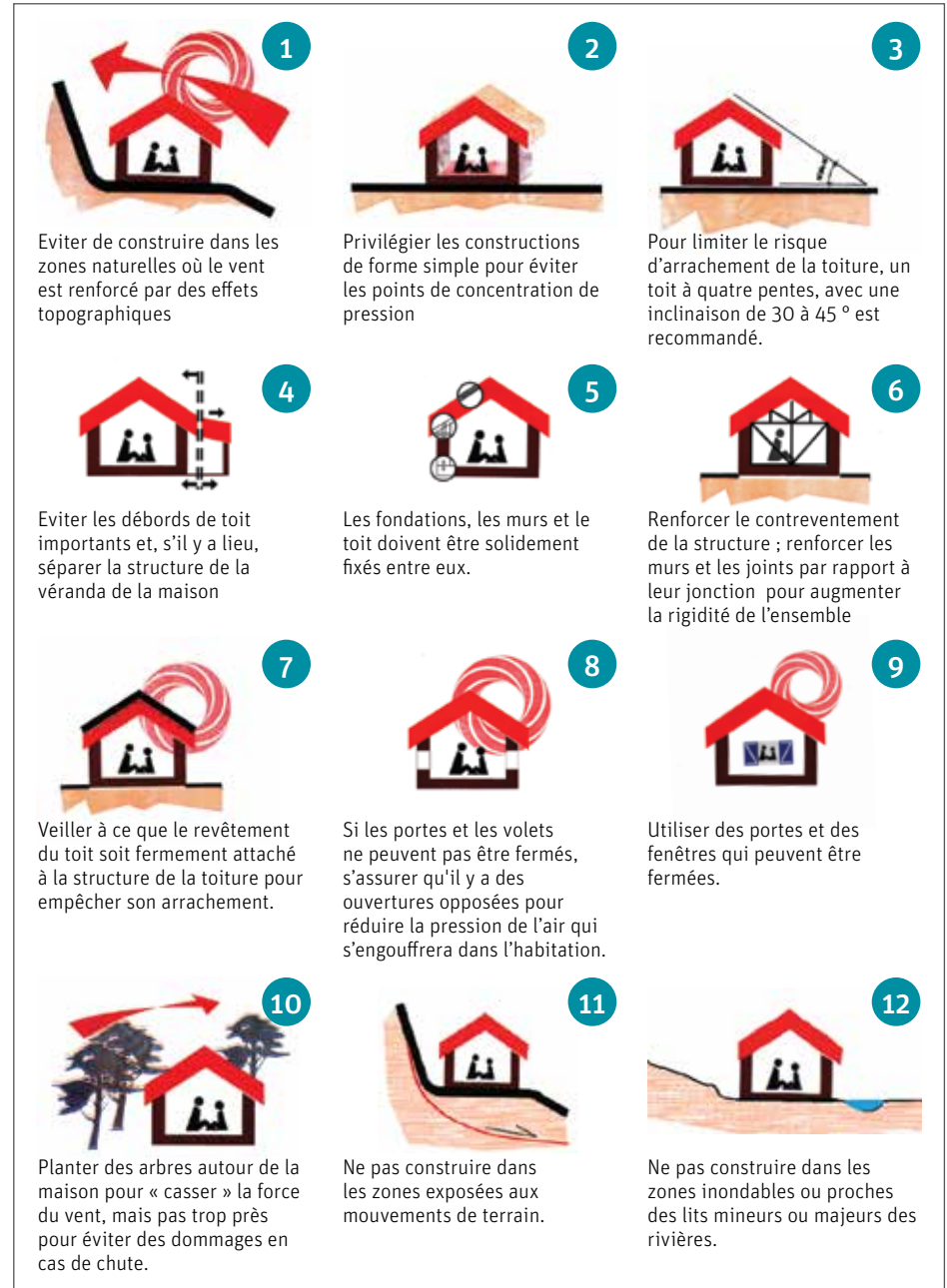
Des recommandations pour rendre son habitat moins vulnérable aux effets des cyclones

Avant de construire :

- éviter d'établir son habitation en bordure de mer, de façon à s'affranchir du risque lié à la surcote marine et aux houles cycloniques ;
- proscrire la construction dans le lit majeur des cours d'eau (et plus largement dans toute zone inondable) compte tenu des risques de débordement pendant et après le passage du cyclone ;
- éviter les sites dont les caractéristiques topographiques leur confèrent une trop grande exposition au vent ;
- ne pas construire sur un versant soumis aux instabilités de terrain (de même qu'en tête ou au pied de celui-ci) ;
- ne pas construire sous une ligne électrique haute tension (risque d'électrocution et d'incendie en cas de chute des cables) ;
- mettre en œuvre des règles de construction para-cyclonique destinées à améliorer la résistance générale du bâti contre les vents violents. Un bâtiment construit selon ces règles pourra subir des dégâts plus ou moins importants mais préservera mieux la vie de ses occupants.

Dans le cas d'un habitat existant :

- contrôler le bon fonctionnement et la fermeture de toutes les portes et fenêtres ;
- vérifier et fixer régulièrement les tôles de toiture (fixation à l'aide de vis et non par des clous, recouvrement suffisant entre les tôles, ancrage des tôles toutes les trois ondes, aux extrémités du toit fixation des tôles sur les planches ou sur le béton des murs porteurs par des vis tous les 50 cm) ;
- dégager les gouttières et les chenaux d'écoulement ;
- stocker des panneaux de contreplaqué et fixations pour occulter toutes les ouvertures demeurées sans protection ; ajuster ces panneaux aux dimensions extérieures de chacune des fenêtres et portes ; préparer les trous qui permettront de fixer les panneaux sur des attaches prévues à cet effet ;
- élaguer voire supprimer les arbres très proches des habitations : ils offriront ainsi moins de prise, de résistance au vent et seront donc moins susceptibles d'être arrachés et de percuter les habitations ou biens avoisinants ;
- penser au risque inondation associé au passage d'un cyclone, notamment si vous vous situez en zone à risque avéré.



La menace INONDATION

Des précautions individuelles



Ne pas s'installer dans le lit majeur des rivières !

Avant : installations dans le lit d'une ravine à Port-au-Prince



©BRGM - A. Nachbaur

Après : construction ensevelie sous les alluvions de la rivière Grise, Département de l'Ouest



©BRGM - M.Terrier

Maintenir impérativement le couvert végétal.
Avec le sol, celui-ci permet d'absorber une partie des eaux de pluie et d'éviter ainsi le ruissellement.



©BRGM - M.Terrier

Ne pas encombrer de déchets les lits des rivières ou des ravines, les entretenir au contraire pour permettre l'évacuation de l'eau.



©BRGM - M.Terrier

En cas de crue, éviter de se déplacer !



Photos extraites du rapport ORE « Camp-Perrin submergé par le cyclone Lili – Haïti, septembre 2002 »

D'autres mesures de réduction de la menace Inondation

- Réduction du ruissellement et des écoulements par une remise en état du milieu naturel :
 - développement de la couverture végétale sur le bassin versant ;
 - amélioration des techniques agricoles (sillons, sols nus ...) ;
 - remobilisation et restauration des aires de rétention d'eau ;
 - restauration et entretien des lits mineurs.
- Réalisation d'aménagements (barrage écrêteur, création de zones de rétention, maintien des zones d'expansion...), à l'échelle du bassin versant pour la réduction :
 - de la superficie inondée (endiguement, ouvrages de dérivation...) ;
 - du transport solide (ouvrage de correction torrentielle, piège à sédiment, curage...).
- Respect de la transparence hydraulique (sauvegarder les ouvertures) au droit des infrastructures linéaires.
- Réalisation d'un schéma directeur d'assainissement (diagnostic hydrologique et hydraulique, proposition de scénarios pour la gestion des eaux afin d'optimiser le fonctionnement hydraulique des réseaux et faire face au développement de l'urbanisation dans une démarche globale et intégrée).



La menace EROSION DES SOLS

Prendre en compte la menace d'érosion dans l'exploitation du sol

Des différents paramètres conduisant à l'érosion des sols, seule la gestion de l'occupation des sols apparaît comme maîtrisable par l'homme, contrairement aux facteurs topographiques, climatiques ou pédologiques.

Haies vives marquant les terrasses : elles forment une barrière contre le ruissellement et l'érosion des sols permettant à l'eau de s'infiltrer et aux sédiments et aux matières actives de se déposer.



Exemple pris à Carjaval (photo extraite de Lilin, 2007)



Précautions :

- **Utiliser des pratiques culturales freinant les eaux de ruissellement et favorisant l'infiltration des eaux.**
- **Si la pente est trop forte, envisager des cultures en billons.**
- **Maintenir autant que possible le couvert végétal dans les zones de fortes pentes.**
- **Augmenter la production de biomasse** qui peut être utilisée pour améliorer la fertilité par une restitution organique en répandant sur le sol les résidus issus de la taille des arbustes-légumineuses. Ainsi cette biomasse restitue rapidement et de façon plus progressive les nutriments.

Culture en billons : culture en rangées sur de petites buttes ; l'eau s'accumule sur les sillons entre les billons.



Exemple pris à Kenskoff (photo extraite de Lilin, 2007)

Seuils biologiques paysans dans une ravine : ils sont réalisés à base de matériaux tels que des végétaux (cactus candélabres), des roches, des barrières en bois et blocs rocheux. Ils sont destinés à arrêter les sédiments sans empêcher l'eau de passer, à limiter le débit de ruissellement et donc l'incision linéaire.



Exemple pris à Carjaval, Département du Centre (photo extraite de Lilin, 2007)

Murets en pierres sèches : ils sont destinés à retenir les terres et limiter l'érosion linéaire, assurer une meilleure infiltration de l'eau et ainsi éviter de gaspiller les engrais utilisés pour les cultures maraîchères.



Exemple pris à Kenskoff (photo extraite de Lilin, 2007)

Remodelage en terrasse d'une portion de versant : le versant est remodelé en une suite de talus à forte pente et de plateformes à pente faible à nulle. Les talus sont réalisés en pierres sèches ou recouverts de végétation herbacée. Ils ne sont pas cultivés.



Exemple pris à Fonds-Verettes (photo extraite de Lilin, 2007)

La menace EROSION DES SOLS

Autres exemples de techniques pour limiter le phénomène d'érosion

Objectifs	Techniques	Principes / Limites
Lutte contre l'érosion diffuse	Bandes enherbées favorisant l'infiltration de l'eau	Erosion linéaire possible lors des interruptions.
	Rampes de paille (méthode traditionnelle en Haïti)	Systèmes non pérennes, non assujettis aux courbes de niveau. Constituées de deux piliers (piquets, arbres...) sur lesquels s'appuient des résidus ligneux, puis verts, de la jachère après défriche. Ouvrages non pérennes, sans effets cumulatifs d'une année sur l'autre.
	Haies vives (méthode traditionnelle en Haïti)	Constituées de diverses espèces végétales (candélabre, raquette, garde-maison, cirouelle, etc.), elles pourraient avoir une certaine efficacité. Malheureusement, elles ne concernent que les parcelles proches des habitations, souvent sur de faibles pentes et en propriété. De plus, elles sont surtout établies en clôture et ne sont donc pas disposées selon les courbes de niveau. Leur principal rôle est de lutter contre le vol et la divagation des animaux. Les espèces utilisées ne sont pas appréciées par le bétail et produisent peu de biomasse. Cet investissement est réalisé sur les terrains où la sécurité foncière est la plus grande.
	Billons horizontaux (c'est-à-dire parallèles aux courbes de niveau). C'est une méthode traditionnelle en Haïti	Pour être efficaces, ces dispositifs doivent : (1) suivre les courbes de niveau. (2) ne pas être trop longs, sinon il y aura création de points de concentration de l'eau et risque de rupture, permettant ainsi un début d'érosion linéaire lors de très fortes pluies.
Lutte contre l'érosion linéaire	Murets de pierre (principe des terrasses)	Traitement des ravines, sur des zones de sédimentation.
Amélioration de la structure des sols	Amendements à partir des déjections animales (pacage)	Les animaux sont mis au pacage dans des zones déjà riches. Pas de transfert vers des sols pauvres.
	Buttage (enfouissement par sarclage des mauvaises herbes)	
	Brûlis (fertilisation des sols) ; néanmoins, cette technique tue, à la longue, les microorganismes nécessaires à la constitution d'un sol.	Très défavorable en pente, zone de perte de matières organiques.
	Mise en place d'un mulch (produit végétal empêchant la pousse des mauvaises herbes ; la paille ou certaines écorces, par exemple)	Les pailles sont déposées perpendiculairement à la pente et en bande continue (limite le ruissellement et l'évaporation, favorise l'infiltration.
	Mise en place d'une jachère	Moyen naturel le moins onéreux en temps et en argent pour reconstituer la matière organique des sols, l'activité biologique et l'augmentation de la stabilité dégradée par des labours trop souvent répétés.
Techniques culturelles adaptées	Système de culture sous couverture végétale, celles-ci consistent à laisser un ensemble de végétaux recouvrir le sol afin d'y placer des semis par la suite. Il s'agit de rendre le sol plus fertile et de limiter la pousse des mauvaises herbes.	Association d'une couverture diversifiée en cas de forte pente (> 15%) : paillage, culture rampante, plante de couverture.
	Disposition des billons perpendiculairement à la pente	Seulement si faible pente. Adaptée aux zones avec faible longueur de versant, et capacité d'infiltration élevée des sols. Taille et nombre des billons adaptés à la pente. Ne pas faire de billons trop longs pour éviter le risque de rupture.
	Semis direct sans labour	Technique de conservation du sol et de l'eau et de contrôle du ruissellement. Non retournement du sol protégé par les résidus de la culture antérieure.
	Technique BRF (Bois Rameaux Fragmentés)	Augmentation de la matière organique stable dont l'effet est deux fois supérieur au compost et trois fois supérieur au fumier.
Retraçage de sentiers	Sentiers montants	Sur les lignes de partage des eaux, marches d'escalier sur certaines portions très pentues.
	Sentiers de desserte	Ils canalisent l'eau de ruissellement pour l'évacuer dans les ravines naturelles (pente très faible de l'ordre de 0.5 %, à peu près parallèles aux courbes de niveau).
Replantation d'arbres	Planter dès que possible (notamment en saison pluvieuse)	Choix d'arbres fruitiers (manguiers) présentant un intérêt économique supérieur au charbon de bois, aider la population à des choix énergétiques alternatifs pour les populations les plus déshéritées.
	Alternative au charbon de bois	



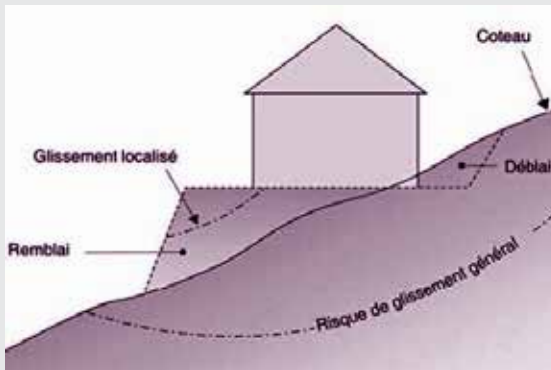
La menace MOUVEMENT DE TERRAIN

Prendre en compte les mouvements de terrain dans l'occupation du territoire

La meilleure parade pour éviter de s'exposer consiste évidemment à éviter de s'installer dans les zones fortement menacées par les mouvements de terrain. Ces zones présentent le plus souvent des traces d'instabilité actives (fissures en tête de versant, bourrelet frontal, coulées de boue lors des épisodes pluvieux, chutes de pierres ou de blocs fréquentes en pied de falaise, couloir de propagation de blocs, bloc isolé sur une paroi rocheuse ou sur un versant de forte pente, etc.).



Eviter les constructions sur des remblais



Les remblais sont des masses de matériaux divers qui ont été accumulés de façon à combler des dépressions ou constituer des plateformes. Constitués le plus souvent de terre et de roches, ce sont des ensembles hétérogènes plus ou moins bien compactés. Ils peuvent constituer des pièges redoutables vis-à-vis de la stabilité de la construction envisagée. Dans la configuration du schéma ci-dessus, la construction s'appuie partiellement sur un terrain naturel et sur une partie en remblais. Les risques de glissement et de tassement différentiel du terrain sont alors élevés.



Ne pas déstabiliser les blocs sur pente en créant des affouillements (surcreusement) dans le sol dans lequel est ancré le bloc rocheux. En cas de pluie intense, s'éloigner des blocs isolés et en limite d'équilibre.

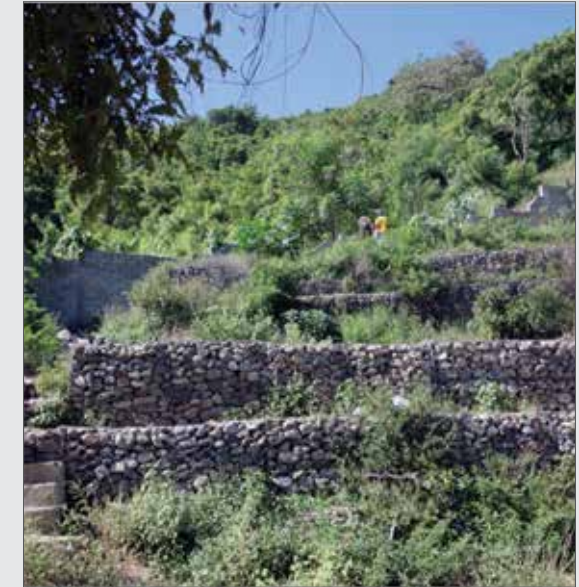


©BRGM - M. Terrier

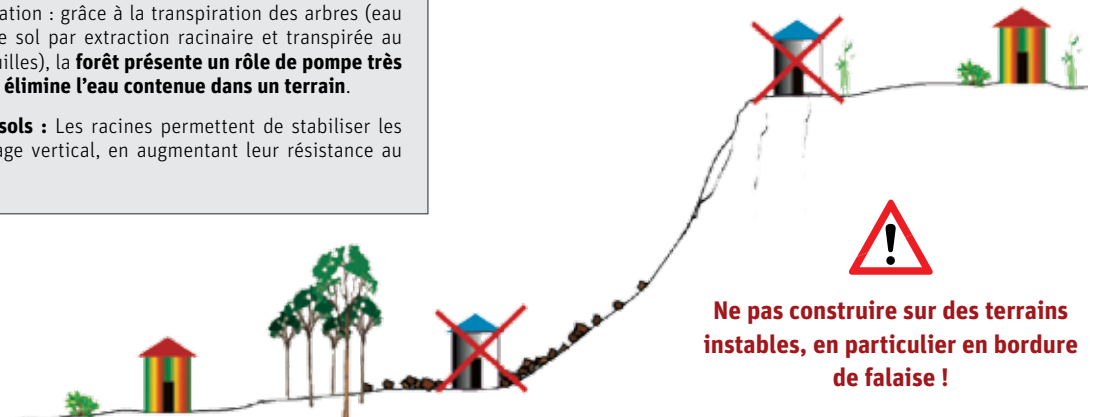
La forêt : un rôle multiple de protection contre les mouvements de terrain

- **Réduction de l'énergie pluviale** : protection directe du sol contre les effets des gouttes d'eau.
- La présence d'arbres participe à la **réduction de l'énergie du ruissellement superficiel**.
- Evapotranspiration : grâce à la transpiration des arbres (eau puisée dans le sol par extraction racinaire et transpirée au niveau des feuilles), la **forêt présente un rôle de pompe très puissante qui élimine l'eau contenue dans un terrain**.
- **Ancrage des sols** : Les racines permettent de stabiliser les sols par ancrage vertical, en augmentant leur résistance au cisaillement.

Exemple d'aménagement d'un versant (Cap-Haïtien) soumis à un glissement de terrain : terrasses étagées avec murets de soutènement rocheux (gabions) ; maintien et renforcement du couvert végétal.



©BRGM - M. Terrier



Ne pas construire sur des terrains instables, en particulier en bordure de falaise !

La menace MOUVEMENT DE TERRAIN

Quelques techniques de stabilisation de versant

La stabilisation de berge en enrochements : parade contre les glissements de petite à moyenne ampleur



Protection de la berge par des enrochements percolés au béton. Les enrochements doivent être dimensionnés par rapport aux conditions hydrauliques de crue.

Le reprofilage des versants : une parade contre les glissements de moyenne ampleur



Abaissement de la pente générale du versant avec réalisation de gradins réguliers. Cette technique n'est pas adaptée aux grands versants raides qui nécessiteraient de trop importants terrassements.

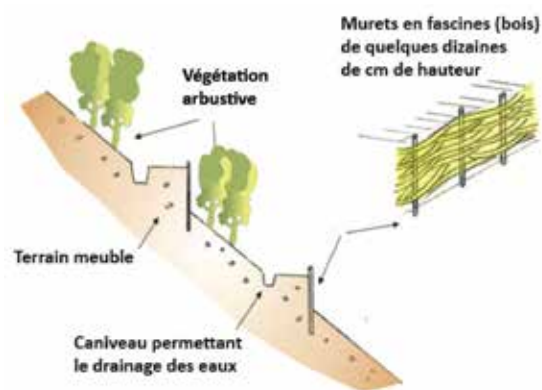
Le boisement : parade contre les chutes de blocs de petite à moyenne dimension



Plantation en quinconce d'arbres pouvant au stade adulte se comporter comme des obstacles à la propagation des blocs. On privilégiera des variétés d'arbre à croissance rapide et à enracinement profond.

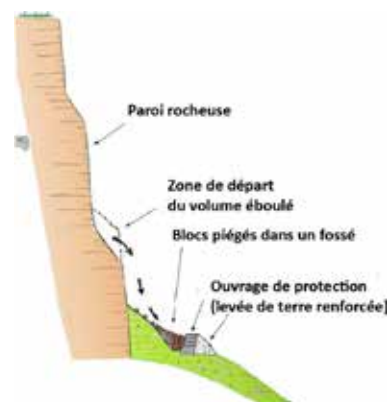


Le reboisement : parade contre les coulées de boue d'ampleur moyenne



Création de petits gradins pour « casser » la dynamique de ruissellement, végétalisation des talus pour fixer les terrains et évacuation des eaux de ruissellement par des fossés.

Le merlon ou la levée : parade contre les éboulements rocheux modérés, et les chutes de blocs d'ampleur moyenne à forte



Il s'agit d'un piège à blocs situé dans la zone de propagation des blocs. Le piège est épaulé sur un merlon de terre amortisseur pouvant être renforcé par des géotextiles et protégé par des pneus.



Précautions :

- Éviter les terrains en trop forte pente et/ou instables.
- Planter de la végétation sur les pentes afin de retenir les éléments instables du sol et du sous-sol.
- Réaliser des ouvrages de déviation (sans exposer le voisinage !), freinage ou arrêts des écoulements et éboulis : grillage, murs, fossés, etc.
- Collecter et drainer les eaux d'écoulement.
- Renforcer les façades ou fondations.

La menace SEISME

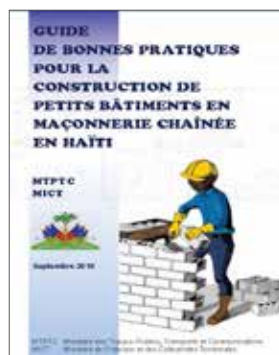
La construction parasismique : une mesure clef pour la réduction du risque

L'objectif principal des règles de construction parasismique est la sauvegarde du maximum de vies humaines. En cas de secousse sismique modérée, l'application des règles parasismiques doit aussi permettre de limiter non seulement les vies humaines mais aussi les pertes économiques.

Le principe de la construction parasismique repose sur cinq piliers indissociables :



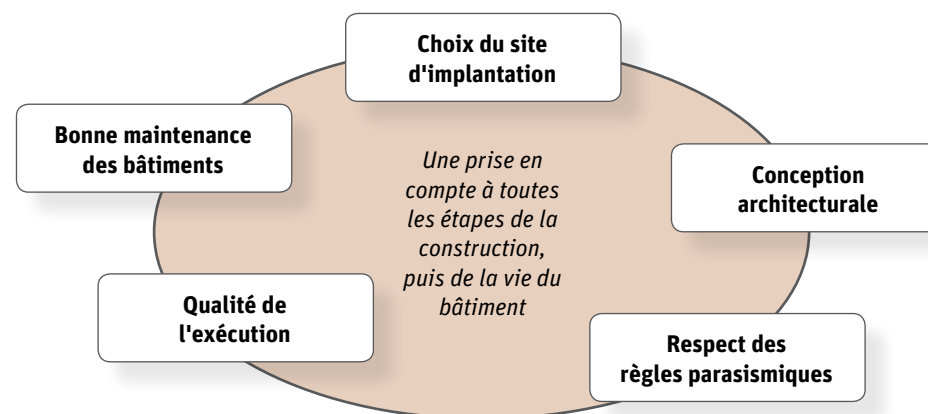
- **le choix du site d'implantation est primordial** : il faut notamment proscrire les terrains situés sur les reliefs et en haut des ruptures de pente. La zone de limite entre les formations géologiques rocheuses et les formations géologiques meubles est également à éviter ;
- **la conception architecturale** doit également être parasismique, non seulement en terme d'implantation
- **le respect des règles parasismiques** constitue une nécessité. Pour la construction neuve, celles-ci fixent les niveaux de protection requis par zone d'exposition aux séismes et par type de bâtiment. Ces règles définissent également les modalités de calcul et de dimensionnement des différents organes de structure des constructions ;
- **la qualité de l'exécution** concerne non seulement les matériaux et éléments non structuraux (couplages et joints), mais également le respect des règles de l'art. La protection contre le feu est un point important de la construction parasismique, tout comme son entretien. Toute modification ultérieure de la construction devra être conçue selon les mêmes exigences qualitatives ;
- **la maintenance des bâtiments** permet de garantir l'efficacité de la construction parasismique sur le long terme.



En Haïti, les règles de construction parasismique applicables sont décrites dans le **Code National du Bâtiment d'Haïti (CNBH)**.

Pour les petits bâtiments, des règles simplifiées existent sous forme de guide de bonnes pratiques.

Composantes de la construction parasismique



Coordination Scientifique et Technique pour les Risques Naturels en Haïti

Dans le cadre de la prévention contre les séismes et les tsunamis, le gouvernement haïtien a officialisé en 2014 la création du « groupe de Coordination Scientifique et Technique pour les Risques Naturels en Haïti, CST-RNH.

Ce Comité constituera progressivement une plateforme nationale relative à la gestion des risques naturels (dont les séismes et les tsunamis). Il réunit les représentants de différents ministères, de l'Université d'Etat d'Haïti (Faculté des Sciences), de la communauté scientifique, du secteur privé et des praticiens de la réduction des risques sismiques et de tsunamis. Pour accomplir sa mission, le CST-RNH pourra s'appuyer sur la « Feuille de route » relative à la réduction du risque sismique en Haïti, établie en novembre 2010, et dont les principales recommandations sont :

- élaborer un programme national pour la réduction du risque sismique visant à promouvoir des actions et mesures adaptées ;
- superviser et coordonner les efforts dans ce domaine, mettre en place un réseau national de surveillance sismologique ;
- établir des cartes d'aléa et de microzonage sismique ;
- évaluer la stabilité structurale des bâtiments dans les grands centres urbains et fournir des solutions de renforcement budgétisées ;
- utiliser les informations existantes sur l'aléa sismique pour guider la reconstruction, Etablir des standards minimaux et des directives pour la construction ;
- s'engager dans la recherche sur l'aléa et le risque sismique ;
- améliorer le niveau de compétence des professionnels de la construction dans les méthodes parasismiques ;
- développer des produits et programmes d'éducation et de sensibilisation sur la préparation aux séismes et à la construction parasismique.

La menace SEISME

Exemples d'éléments de vulnérabilité de construction à éviter



1 – Rez-de-chaussée ou étages flexibles



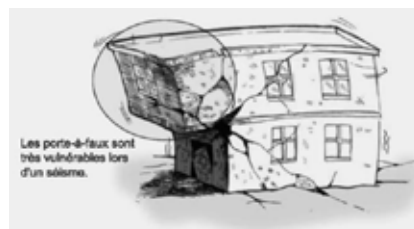
3 – Contreventements dissymétriques et rez-de-chaussée ouverts d'un côté



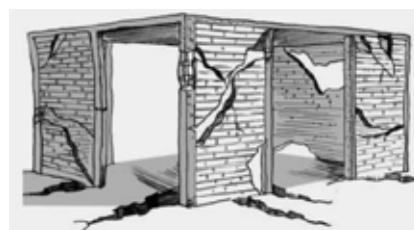
5 – Poteaux courts



7 – Formes irrégulières en plan



2 – Porte-à-faux



4 – Cadres de béton armé remplis de maçonnerie



6 – Cadres partiellement remplis créant des poteaux courts



6 – Configuration non compactes

Source : Extrait du Code National du Bâtiment d'Haïti

Construction parasismique : les règles à respecter

L'IMPLANTATION

• Etude géotechnique

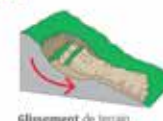


Extrait de carte géologique

- Effectuer une étude de sol pour connaître les caractéristiques du terrain.
- Caractériser les éventuelles amplifications du mouvement sismique.

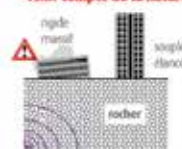
• Se protéger des risques d'éboulement et de glissement de terrain

- S'éloigner des bords de falaise, pieds de crête, pentes instables. Le cas échéant, consulter le plan de prévention des risques naturels (PPRN) sismiques de la commune.



Glissement de terrain

• Tenir compte de la nature du sol



- Privilégier des configurations de bâtiments adaptées à la nature du sol.



Prendre en compte le risque de liquéfaction du sol (perte de capacité portante).

LA CONCEPTION

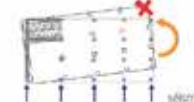
• Préférer les formes simples



- Privilégier la compacité du bâtiment.
- Limiter les décrochements en plan et en élévation.
- Fractionner le bâtiment en blocs homogènes par des joints parasismiques continus.

• Limiter les effets de torsion

- Distribuer les masses et les raideurs (murs, poteaux, voiles...) de façon équilibrée.



• Assurer la reprise des efforts sismiques



- Assurer le contreventement horizontal et vertical de la structure.
- Superposer les éléments de contreventement.
- Créer des diaphragmes rigides à tous les niveaux.

• Appliquer les règles de construction



L'EXECUTION

• Soigner la mise en œuvre

- Respecter les dispositions constructives.
- Disposer d'une main d'œuvre qualifiée.
- Assurer un suivi rigoureux du chantier.
- Soigner particulièrement les éléments de connexion : assemblages, longueurs de recouvrement d'armatures...

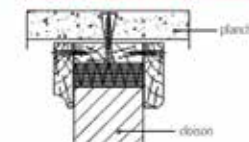


Nœud de chaînage : Contrainte mécanique

• Utiliser des matériaux de qualité



• Fixer les éléments non structuraux



- Fixer les cloisons, les plafonds suspendus, les luminaires, les équipements techniques lourds.
- Assurer une liaison efficace des cheminées, des éléments de bardage...

Source : MEDD/France (2012)

La menace TSUNAMI

CODOMAR, le centre d'alerte aux tsunamis en Haïti

Suite au séisme du 12 janvier 2010, et sous l'impulsion de l'UNESCO, un centre de surveillance de tsunamis a été mis en place en Haïti. Chargé de la surveillance de la mer, basé à Port-au-Prince, le Centre d'Observation sur les Données Maritimes (CODOMAR) est placé sous la responsabilité du Service Maritime et de Navigation d'Haïti (SEMANAH).

Le CODOMAR dispose d'outils qui lui permettent de :

- recevoir à travers différents canaux les messages d'alerte régionaux émis par le *Pacific Tsunami Warning Center* (PTWC), basé à Hawaii ;
- recevoir les données des enregistrements sismiques du BME ;
- évaluer la menace locale de tsunami (surveillance des marégraphes dans la région, temps d'arrivée ...) ;
- transmettre l'information à la DPC.

Le CODOMAR est également en charge de :

- participer à l'information et à la sensibilisation sur le risque de tsunami ;
- participer à des exercices de gestion de crise ;
- réaliser la prédiction des niveaux de marée en collaboration avec le SHOH/DPMM ;
- appuyer le CNM pour la surveillance météorologique et le BME pour la surveillance sismique ;
- déterminer le zéro géodésique tous les 2 ans en collaboration avec le CNIGS.



La salle de contrôle du CODOMAR

© SEMANAH



Mise en place sur la côte nord d'Haïti de panneaux sur la menace de tsunamis

© BRGM - D. Bertil

Dans ce cadre, de nombreux travaux ont d'ores et déjà été initiés par le SEMANAH, notamment sur la côte nord d'Haïti qui a été fortement touchée par le tsunami de 1842. Des cartes d'évacuation ont été établies pour les principales villes (Cap-Haïtien, Fort-Liberté, Port-de-Paix), des itinéraires d'évacuation ont été définis avec la population et balisés. Des exercices de simulation ont été menés localement, par exemple en 2013, à Cap-Haïtien, avec 1 480 personnes évacuées.

En cas d'alerte, le CNM et le SEMANAH informent la Direction de la Protection Civile, qui répercute l'alerte en local (décision d'évacuation, médias).

Il convient toutefois de garder à l'esprit que les principaux tsunamis qui menacent Haïti ont des sources très proches, et arrivent donc très rapidement sur les côtes, ne laissant que peu de temps aux dispositifs d'alerte pour s'activer. Il est donc nécessaire de rester attentif aux signes naturels qui peuvent annoncer l'arrivée d'un tsunami (secousse sismique, recul ou montée anormale et rapide de la mer), et ce en particulier s'il s'agit d'un tsunami de proche origine. Il faut rester attentifs aux consignes données par les institutions responsables et les autorités, en ce qui concerne les tsunamis d'origine lointaine.



De nombreux documents d'information sur le risque de tsunami en Haïti ont été réalisés en créole par le SNGRD

La menace SECHERESSE

Quelques exemples de précautions pour réduire la menace Sécheresse

L'agriculture haïtienne fait face à un environnement dégradé qui inclut des terrains en pente, le déboisement, et aussi l'agriculture d'altitude, sur les mornes. Elle est souvent dépendante de la pluie. La sécurité alimentaire n'est pas seulement une question de culture des terres, mais passe aussi par un enjeu de protection de la ressource naturelle de base de laquelle dépend l'agriculture. Il est essentiel d'éloigner l'agriculture des pentes escarpées vers des plaines plus intensivement cultivables et d'autres sites moins vulnérables à l'érosion des sols.

Néanmoins des mesures individuelles ou collectives peuvent être mises en place pour diminuer les effets de la sécheresse ; on peut citer comme exemples :

- conserver et reconstruire le couvert forestier, la forêt jouant un rôle essentiel pour le stockage, l'infiltration et le cycle de l'eau ;
- planter des graminées indigènes et/ou tolérantes à la sécheresse, des couvre-sols, des arbustes et des arbres ;
- utiliser du paillis sur les zones cultivées. Le paillis permet de retenir l'humidité dans le sol et également de contrôler les mauvaises herbes qui font concurrence aux plantes paysagères pour l'eau ;
- promouvoir des technologies énergétiques renouvelables (biomasse, éolien, solaire) comme solution alternative au charbon de bois ;
- le recyclage et la purification de l'eau, l'augmentation du nombre de stations d'épuration ;
- la désalinisation de l'eau de mer pour l'irrigation ou la consommation ;
- la construction de nouveaux barrages ;
- la réglementation ou la restriction de la consommation d'eau domestique, agricole, industrielle.

Le Programme d'Action National de Lutte contre la Désertification

La désertification est un processus complexe, aux multiples dimensions (climatique, biophysique et sociale) qui conduit de manière corrélative à une baisse de la fertilité du milieu naturel et à l'extension de la pauvreté. En général, la dégradation débute par un changement du type de végétation. Ensuite ou parallèlement, le couvert végétal s'éclaircit, la production de biomasse diminue. Le sol, moins protégé, est soumis à l'action mécanique des précipitations qui provoquent une modification des états de surface et sa destruction progressive. Une spirale de dégradation est constituée. Sans interventions réparatrices, elle conduit à une désertification irréversible. La désertification est un problème d'environnement indissociable de la question du développement durable des zones sèches.

Selon le rapport Agroconsult (2009), 80 % du territoire est partiellement ou totalement sujet à la désertification et près de 5 millions d'Haïtiens en sont très directement affectés. Haïti s'est engagé dans la lutte contre la désertification en adhérant à la Convention internationale de Lutte contre la Désertification (CCD) signée par le Gouvernement le 15 octobre 1994 et ratifiée par le Parlement le 25 septembre 1996. A ce titre, Haïti doit préparer et mettre en œuvre un Programme d'Action National de Lutte contre la Désertification (PAN-LCD). Haïti en est à la première étape de cet engagement.

Le PAN-LCD a fait l'objet d'un rapport en 2009 (Agroconsult- Haïti S.A., 2009). Les domaines prioritaires d'intervention concernent :

- le renforcement des capacités nationales pour la lutte contre la désertification ;
- le développement et renforcement des capacités scientifiques, techniques et technologiques ;
- la gestion durable des ressources naturelles ;
- la restauration/réhabilitation des sols et des écosystèmes dégradés ;
- l'amélioration des revenus et des conditions de vie des populations affectées.

Les projets relatifs à la lutte contre la désertification sont, par ailleurs, étroitement corrélés avec ceux relatifs à l'adaptation du pays au changement climatique. Leur objectif est de renforcer la capacité du gouvernement haïtien à intégrer la viabilité environnementale et l'adaptation au changement climatique, l'une étant indissociable de l'autre dans les politiques, stratégies, programmes et projets de développement en Haïti.



La menace SECHERESSE

Des projets de plus en plus nombreux pour réduire l'impact de la sécheresse sur les populations

En exemple, dans le cadre de ses projets agricoles, SOS Enfants Sans Frontières met en place des structures innovantes d'aménagement de bassins versants. Les ouvrages réalisés permettent une meilleure gestion des eaux de ruissellement et améliorent la production agricole des agriculteurs. Ces ouvrages concernent, en particulier, la réalisation de :

- micro retenues dans les ravines ;
- puits ;
- citernes familiales ;
- bandes de roulement pour désenclaver la zone.

Les seuils et bassins construits permettent de stocker de l'eau, créant ainsi des réserves au-delà de la saison des pluies. Ils favorisent l'infiltration de l'eau dans les terres en amont, les rendant plus fertiles et permettant le développement de cultures vivrières et maraîchères dans les fonds frais.

Le plateau de Rochebois, dans le département de Nippes, qui bénéficie ainsi de ces aménagements depuis déjà près de 4 décennies est devenue l'une des principales zones de production maraîchère du pays.



Seuils et bassins dans la ravine Fonds dégâts
(Chaîne des Matheux)

Atlas des menaces naturelles en Haïti

Principales études d'évaluation et de cartographie des risques naturels réalisées en Haïti



Liste des principales études de cartographie des risques naturels réalisées en Haïti

Plusieurs études relatives à l'évaluation et à la cartographie des risques naturels ont été réalisées depuis une quinzaine d'années en Haïti. Certaines couvrent l'ensemble du territoire, d'autres sont plus localisées. Certaines sont mono-thématiques, d'autres encore peuvent concerner plusieurs types de phénomènes naturels. Le tableau ci-dessous liste les principales études. La carte qui suit localise les secteurs d'étude.

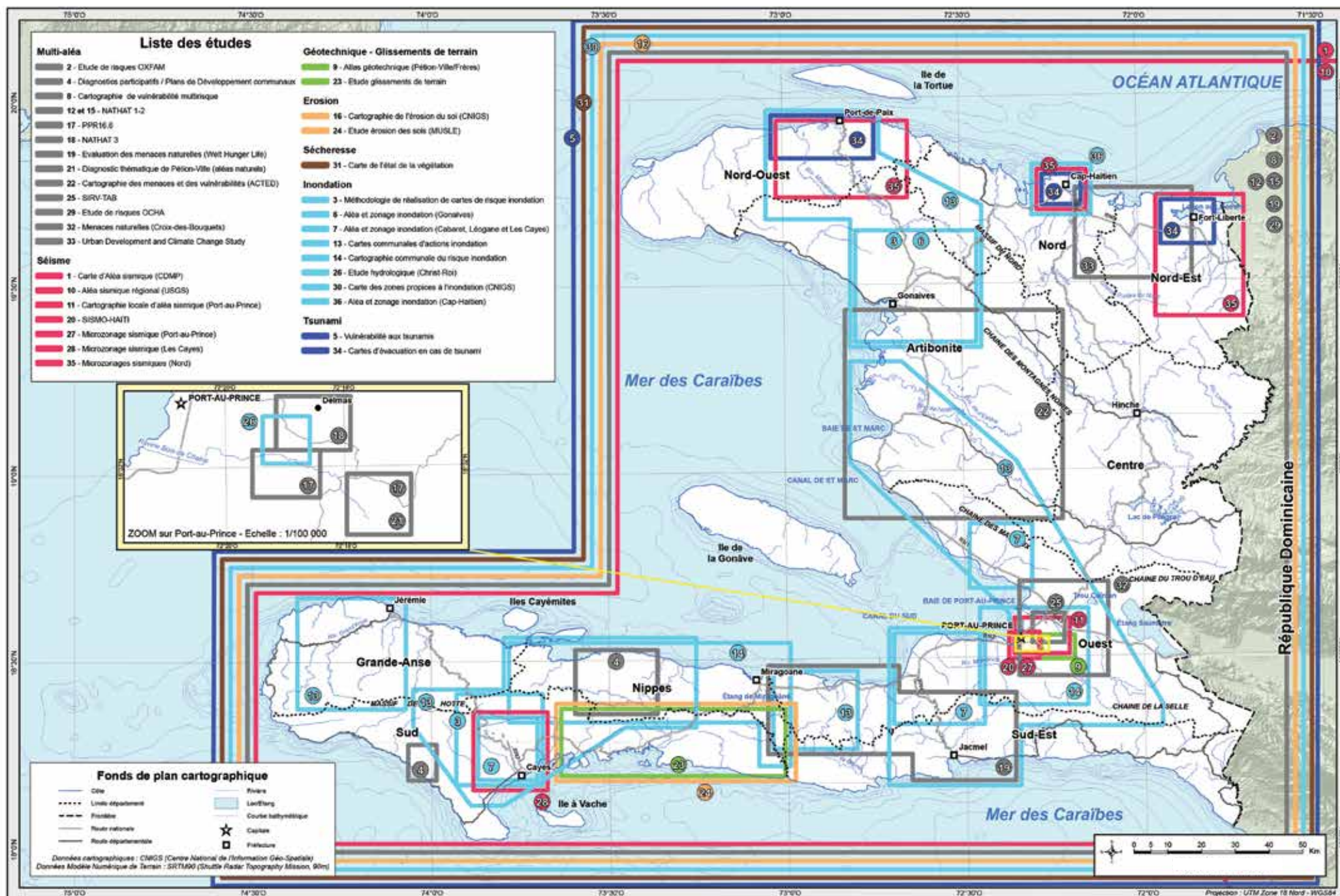
Index	Aléa	Etude	Auteur	Financier/ Client	Date
01	Séisme	Carte d'Aléa sismique d'Haïti The Caribbean Disaster Mitigation Project (CDMP)		OAS, USAID	1999
02	Multi-aléa	Cartes et étude de risques, de la vulnérabilité et des capacités de réponse en Haïti	Equipe d'experts	OXFAM	2002
03	Inondation	Consultation pour la définition d'une méthodologie de réalisation de cartes de risque inondation en Haïti et élaboration d'un prototype	Richard Guillande	PNUD, DPC et UTSIG	2005
04	Multi-aléa	Programme de Développement Local (PDL) Diagnostics participatifs communaux et Plans de Développement communautaires	Collectif	FAES, BID UTSIG, IHSI et MARNDR	2006-2007
05	Cyclones	Etude rapide de la vulnérabilité des zones desservies par le FAES et touchées par les cyclones Fay, Gustav, Hanna et Hike ; Guide méthodologique	FAES	FAES	2008
06	Inondation	Appui technique à la réalisation de cartographies de risque d'inondation sur des zones d'Haïti Volet cartographie d'aléa et zonage de danger de type Plans de Prévention des Risques Inondation (PPRI) ; Aléa et zonage de la commune des Gonaïves	R. Guillande (Géosciences Consultants)	MPCE et CNIGS	2009
07	Inondation	Appui technique à la réalisation de cartographies de risque d'inondation sur des zones d'Haïti ; Volet cartographie d'aléa et zonage de danger de type Plans de Prévention des Risques Inondation (PPRI) ; Cartographie d'aléa et de zonage de danger vis-à-vis de l'inondation : Aléa et zonage des communes de Cabaret, Léogane et Les Cayes	R. Guillande (Géosciences Consultants)	MPCE et CNIGS	2009

Index	Aléa	Etude	Auteur	Financier/ Client	Date
08	Multi-aléa	Cartographie de vulnérabilité multirisque	CNSA / FEWSNET	CNIGS, DPC et MSPP	2009
09	Mouvements de terrain	Atlas géotechnique de la zone Pétion-Ville / Frères	Université d'Etat d'Haïti (Urgéo-UEH) ; Université Catholique de Louvain (UCL, Belgique)	Commission Universitaire pour le Développement, (CUD, Belgique)	2010
10	Séisme	Aléa sismique régional d'Haïti	USGS	USGS	2010
11	Séisme	Cartographie d'aléa sismique locale de Port-au-Prince	Université Texas, Arkansas, GEER, USGS, Fugro	FRH, PNUD	2010
12	Multi-aléa	NATHAT	Equipe d'experts	Banque mondiale, BID et UNESCO	2010
13	Inondation	Plans communaux d'alerte et d'évacuation Cartes d'actions inondation	Prédicit	PNAP, MICT, BID et MARNDR	2010
14	Inondation	Projet d'Urgence et de Gestion des Risques et des Désastres (PUGRD) Cartographie communale du risque inondation	Comités Communaux de Protection Civile	DPC, Banque mondiale et OXFAM	
15	Multi-aléa	NATHAT 2	Equipe d'experts	Banque mondiale / GFDRR	2011

Index	Aléa	Etude	Auteur	Financier/ Client	Date
16	Erosion	Cartographie nationale de l'érosion du sol	CNIGS	CNIGS	2011
17	Multi-Aléa	PPR16.6 Plan de Prévention des Risques Naturels des quartiers 16/6 Port-au-Prince	IMSRN/SOGREAH	PNUD et UCLBP	2012
18	Multi-aléa	NATHAT 3 Analyse géotechnique, hydrologique et hydraulique des menaces naturelles à Delmas 32	Equipe d'experts	Banque mondiale, GFDRR	2012
19	Multi-Aléa	Evaluation technique des menaces naturelles des communes de Jacmel, Petit Goâve, Grand Goâve	Welt Hunger Hilfe	Programme DIPECHO CNIGS, BME, DPC ...	2012
20	Séisme	SISMO-HAITI Evaluation de l'aléa et du risque sismique en Haïti dirigée vers la conception parasismique	UPM et ONEV UCM, CSIC, UA, UAL, RSPR et ISU	UPM et AECID	2012
21	Multi-aléa	Diagnostic thématique intermédiaire (aléas naturels, voirie/déplacements, eau/assainissement/déchets) Pétion-Ville: quartiers de Morne Lazzare, Nérette et Morne Hercule	ONU Habitat et Architectes de l'Urgence	Fonds de Reconstruction d'Haïti / MTPTC	2012
22	Multi-aléa	Programme de mise en place d'un mécanisme de réponse rapide dans le Bas-Artibonite et le Plateau Central ; Cartographie communautaire des menaces et des vulnérabilités	ACTED	UNICEF DPC	2012
23	Glissements de terrain	Unité hydrographique Aquin-Saint Louis du Sud ; Etude sur les glissements de terrain		MDE PNUD, Norvège	2012

Index	Aléa	Etude	Auteur	Financier/ Client	Date
24	Erosion	Unité hydrographique Aquin-Saint Louis du Sud Rapport de l'étude sur l'érosion des sols MUSLE		MDE PNUD, Norvège	2012
25	Multi-aléa	SIRV-TAB Système d'information sur les ressources et les vulnérabilités pour la gestion des crises et la gestion préventive de Tabarre	COOPI / IRD Collaboration : CNIGS, DPC	ECHO Mairie de Tabarre	2013
26	Inondation	Etude hydrologique du quartier Christ-Roi		Fondation des Architectes de l'Urgence	2013
27	Séisme Mouvement de terrain	Microzonage sismique de Port-au-Prince	BRGM/LNBTP/BME	MPCE et MTPTC	2013
28	Séisme	Microzonage sismique de la ville des Cayes (Haïti)	B. Jeudy	Université de Sherbrooke (Canada) LNBTP	2014
29	Multi-aléa	OCHA Cartographie Multirisques		WFP, OCHA, CNIGS	2014
30	Inondation	Carte nationale des zones propice à l'inondation	CNIGS	CNIGS	2014
31	Sécheresse	Bulletin de l'Observatoire Global du Territoire	CNIGS	CNIGS	2014

Index	Aléa	Etude	Auteur	Financier/ Client	Date
32	Multi-Aléa	Menaces naturelles de la commune de Croix-des-Bouquets	Equipe d'experts italiens+ LNBTP/URGEO/ BME/CNIGS	OXFAM	2014
33	Multi-Aléa	Northern Development Corridor, Haiti Urban Développement and Climate Change Study	Environmental Resources Management (ERM)	BID Emerging and Sustainable Cities Initiative (ESCI)	2014
34	Tsunami	Cartes communales d'évacuation en cas de tsunami	ARTELIA	UNESCO, ECHO, DPC	2014
35	Séisme Mouvement de terrain	Microzonages sismiques - Plan de Prévention Séisme pour le Grand Nord d'Haïti.	BRGM/LNBTP/BME	MPCE MTPTC PNUD	2014-2015
36	Inondation	Appui technique à la réalisation de cartographies de risque d'inondation sur des zones d'Haïti Volet cartographie d'aléa et zonage de danger de type Plans de Prévention des Risques Inondation (PPRI) ; Cartographie d'aléa et de zonage de danger vis-à-vis de l'inondation à Cap-Haïtien	R. Guillande (Signalert)	MPCE et CNIGS	2014-2015



Références citées dans le texte :

Agroconsult Haïti S.A. (2009) - PAN-LCD (Programme d'Action National de Lutte contre la Désertification), Rapport du Ministère de l'Environnement.

Belvaux, M., Noury, G., Auclair, S., Vanoudheusden, E. & Bertil, D. avec la collaboration de Bastone, V., Bialkowski, A., Bitri, A., Cochery, R., Génée, S., Gilles, R., Jean, B., Jean, P., Jean-Baptiste, M., Jean-Philippe, J., Jean-Paix, C., Nachbaur, A., Prépetit, C., Roullé, A., Samyn, K., Sylvain, R. & Terrier, M. (2013) – Microzonage sismique de Port-au-Prince, Haïti : Effets de site et Liquéfaction. Rapport BRGM/RC-63102-FR, 142 p., 73 fig., 22 tab., 6 ann. (vol. séparé).

Bertil D., Prépetit, C., Belvaux, M., Noury, G. (2013) – Microzonage sismique de Port-au-Prince, Haïti : Rapport BRGM/RC-63100-FR, 69 p., 31 fig., 8 tab., 6 pl. h.t.

Bertil D., Prépetit, C., Roullé, A., Noury, G. avec la collaboration de Auclair, S., Bastone, V., Bialkowski, A., Cochery, R. de Martin, F., Duhaupelle, J., Gilles, R., Jean, P., Jean-Baptiste, M., Jean-Philippe, Montheil, J., Nachbaur, A., Samyn, K., Sylvain, R. & Terrier, M. (2014) – Microzonage sismique de Cap-Haïtien, Haïti : Rapport BRGM/RC-63513-FR, 69 p., 31 fig., 7 tab., 6 pl. h.t.

Bureau des Mines et de l'Energie d'Haïti (avril 2015) - Plaquette « Connaissons mieux les glissements de terrain ». Information disponible sur <http://www.bme.gouv.ht/risques%20geologiques/Les%20glissements%20de%20terrain.pdf>

Brochet, M. (1993) - Les stratégies de lutte contre l'érosion et l'aménagement des bassins- versants en Haïti. Revue du Tiers Monde, p. 34.

Caribbean Disaster Mitigation Project (2000) – <http://www.oas.org/en/cdmp>

Code National du Bâtiment d'Haïti (2013) - Ministère des Travaux Publics, des Transports et des Communications (MTPTC). ISBN : 978-99935-7-455-2.

CTESP-SPGRD/UNESCO (2013) - Ti Joel nan plaj : Ti koze sou sounami / Ti Joël à la plage parle du tsunami, bande dessinée de sensibilisation au tsunami, publication UNESCO SPO/ HT/2013/SC/1.

Development Workshop, the ten key principles of cyclone resistant construction (2015) - <http://www.dwf.org/en/content/ten-key-principles-cyclone-resistant-construction>

Flores C.H., Ten Brink U.S. & Bakun W.H. (2011) - Accounts of Damage from Historical Earthquakes in the Northeastern Caribbean, to Aid in the Determination of their Location and Intensity Magnitudes. USGS Open-File Report 2011-1133.

Frankel, A., Harmsen, S., Mueller, C., Calais, E. & Haase, J. (2010) - Documentation for Initial Seismic Hazard Maps for Haiti. USGS Open-File Report 2010-1067.

Fritz H.M., Hillaire J.V., Molière E., Wei Y. & Mohammed F. (2010) - Twin Tsunamis Triggered by the 12 January 2010 Haiti Earthquake. Pure Appl. Geophys., 170 (2013), 1463-1474., DOI 10.1007/s00024-012-0479-3.

GIEC (2014) - <http://www.ipcc.ch/>

Guillande R. (2009a) - Appui technique à la réalisation de cartographies de risque d'inondation sur des zones d'Haïti - Volet cartographie d'aléa et zonage de danger de type Plan de Prévention des Risques Inondation, Rapport Géosciences Consultants Sarl n° REP-CNIGS-GONAIVES-0509002.

Guillande R. (2009b) - Appui technique à la réalisation de cartographies de risque d'inondation sur des zones d'Haïti - Volet cartographie d'aléa et zonage de danger de type Plan de Prévention des Risques Inondation – Rapport de la troisième mission (septembre 2009), Cartographie d'aléa sur les zones de Cabaret, Léogane et Les Cayes, Rapport Géosciences Consultants Sarl n° REP CNIGS-ARTOALEA-09090032.

Guillande R. (2015) - Caractérisation et cartographie du risque d'inondation et de submersion marine sur l'agglomération de Cap-Haïtien, SIGNALERT Sarl, rapport n°rep-CIAT – 04-15-001v3.

Green, R. A., Olson, S. M., Cox, B. M., Rix, G. J., Rathje, E. M., Bachhuber, J., French, J., Lasley, S., & Martin, N. (2011) - Geotechnical aspects of failures at Port-au-Prince seaport during the 12 January 2010 Haiti earthquake, Earthquake Spectra, Volume 27, No. S1, pp S43-S65.

Haïti-Référence, Liste des Catastrophes naturelles, Informations disponibles sur internet <http://www.haiti-reference.com/general/plan.php>

Hough S.E., Altidor J.R., Anglade D., Given D., Janvier M.G., Maharrey J.Z., Zeremonte M., Mildor B.S.-L., Prépetit C. & A. Yong (2010) - Localized damage associated with topographic amplification during the 12 January 2010 M7.0 Haiti earthquake. Nature Geoscience 3, pp 778-782.

Hornbach M.J., Braudy N., Briggs R.W., Cormier M.-H., Davis M.B., Diebold J.B., Dieudonne N., Douilly R., Frohlich C., Gulick S.P.S., Johnson III H.E., Mann P., McHugh C., Ryan-Mishkin K., Prentice C.S., Seeber L., Sorlien C.C., Steckler M.S., Symithe S.J., Taylor F.W. & Templeton, J. (2010) - High tsunami frequency as a result of combined strike-slip faulting and coastal landslides. Nature Geoscience, Vol. 3, November 2010, DOI: 10.1038/NGEO975.

IBTrACS/NOAA, International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS), <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ibtracks>

Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (2007) - Projections de population totale, urbaine, rurale et économiquement active, Rapport IHSI – CELADE – CEPAL.

Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (2009) - Objectifs du Millénaire pour le développement – Etat, Tendances et perspectives. Rapport IHSI, décembre 2009.

Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (2013) - Les comptes économiques en 2013, publication annuelle de l'IHSI du 19 avril 2013.

Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (2014) - Les comptes économiques en 2014 (estimations préliminaires), publication annuelle de l'IHSI du 21 décembre 2014.

IMRSN & SOGREAH (2012) - PROJET PPR16.6, Note de présentation - Quartiers de Morne Hercule, Morne Lazard et Nérètte & Bas Canapé Vert, Bois Patate, Jean Baptiste, Morne Ebo et Morne/Villa Rosa - Règlement et cartes, PNUD, Dossier n° : 2012/M2/99/0145.

INESA (2008) - Impact socio-économique de la dégradation des terres en Haïti et interventions pour la réhabilitation du milieu cultivé, Rapport disponible sous <http://www.cepal.org/dmaah/noticias/paginas/9/35479/degradacion-final.pdf>

Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) - Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse, ONM & PNUE.

Jean, Ph., Jean-Baptiste M. & Terrier M. (2015) - Microzonage sismique de Port-de-Paix et de Saint-Louis-du-Nord, Haïti : Carte de l'aléa mouvements de terrain. Rapport BRGM/BME RC-64648.

Le risque sismique en Région Provence – Alpes – Côte d'Azur, France (décembre 2006) - Coédition Région PACA, BRGM, DIREN-PACA, avec la collaboration du CETE Méditerranée.

Lilin, C. (2007) - Site Internet « Le traitement des ravines en Haïti », http://charles.lilin.free.fr/Ha%Efti_ravines.htm

Louis R. (2003) - Présentation synthétique des études de vulnérabilité et d'adaptation aux conditions climatiques extrêmes en Haïti et dans la Caraïbe, Rapport pour le ministère de l'Environnement, programme de changements climatiques, Sous-Programme du Plan National d'Adaptation (PANA, Coopération Technique GEF / PNUE / GF / 2724-03-4654.

McCann W.R. (2007) - Estimating the threat of tsunamigenic earthquakes and earthquake induced-landslide tsunami in the Caribbean, American Geophysical Union, Spring Meeting 2007.

Mercier de Lépinay, B., Deschamps, A., Klingelhoefer, F., Mazabraud, Y., Delouis, B., Clouard, V., Hello, Y., Crozon, J., Marcaillou, B., Graindorge, D., Vallée M., Perrot J., Bouin M.P., Saurel J.M., Charvis, P. & Saint-Louis M. (2011) - The 2010 Haiti earthquake: A complex fault pattern constrained by seismologic and tectonic observations. *Geophysical Research Letters*, 38(22).

Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Territoriales, Direction de la Protection Civile (2001) - Plan National de Gestion des Risques et des Désastres, Rapport de février 2001, Haïti.

Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural, Haïti (2010) - Programme National pour le Développement de l'Aquaculture en Haïti 2010-2014, Rapport de juillet 2010, information disponible sur http://agriculture.gouv.ht/view/01/IMG/pdf/Texte_Aquaculture_-_MARNDR_2010.pdf

Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, France (2004) - Collection : Les risques naturels majeurs, dossier d'information : Les inondations, disponible sous <http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/EXPLOITATION/ACCIDR/accueil-risques-majeurs.aspx> (Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, France).

Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, France (2012) - Collection : Prévention des risques naturels : Les séismes.

Mora-Castro S., Saborio J., Asté J.-P., Prépetit C., Joseph V. & Matera, M. (2012) - Slope instability hazard in Haiti: Emergency assessment for a safe reconstruction, In *Landslides and Engineered Slopes: Protecting Society through*, ISBN 978-0- 415-62123-6, pp 153-172.

Miyamoto H.K., Gilani A. S. J., & Wong, K. (2011) - Massive damage assessment program and repair and reconstruction strategy in the aftermath of the 2010 Haiti earthquake, *Earthquake Spectra* 27, S219–S237, doi: 10.1193/1.3631293.

Nachbaur A., Terrier M., Jean Ph. & Jean-Baptiste, M. (2014) - Microzonage sismique de Cap-Haïtien, Haïti : Carte de l'aléa mouvements de terrain. Rapport BRGM/RC-63387-FR, 93 p., 32 fig., 1 ann.

NATHAT 1 (2010) - Analysis of Multiple Natural Hazards in Haiti. Report prepared by the Government of Haiti, with support from the World Bank, the Inter-American Development Bank, and the United Nations System.

NATHAT 2 (2011) – Analyse des menaces naturelles multiples. Rapport préparé pour le gouvernement d'Haïti, avec l'appui du Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (Groupe Banque mondiale).

OCDE (2009) - Adaptation au changement climatique et coopération pour le développement : document d'orientation – Rapport OCDE, ISBN 978-92-64-05597-1.

Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) & Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR), République d'Haïti (2007) - Assistance à l'Amélioration de la Préparation Locale face aux Urgences et Catastrophes de Nature Agricole dans les Pays de la Caraïbe Hautement Exposés aux Dégâts Associés aux Cyclones - Bonnes pratiques pour la gestion des risques et des désastres dans l'agriculture, Résumé du rapport concernant Haïti. FAO et Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural, République d'Haïti. <http://www.fao.org/docrep/011/ak178f/ak178f00.htm>.

Organisation pour la Réhabilitation de l'Environnement (2005) - Camp Perrin submergé par le cyclone Lili, Haïti, septembre 2002, Rapport disponible sur internet : <http://www.oreworld.org/flood/campperrinloodsfrench.pdf>, 23 p.

OXFAM (2002) - Cartes et étude de risques, de la vulnérabilité et des capacités de réponse en Haïti.

PNUD (2006) - La réduction des risques de catastrophes : un défi pour le développement, 1 vol., 146 p. - ISBN 92-1-126160-0.

Roose E. (1994) - Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). FAO, 420 p.

Sexton J., Johnson. C & Blewett S. (2011) - Tsunami: Teacher Notes and Student Activities. 2nd ed. Record 2011/27, Geoscience Australia, Canberra.

Smolikowski B. (1993) - La gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES) : une nouvelle stratégie de lutte antiérosive en Haïti. Cahiers de l'ORSTOM, sér. Pédol., 28, 2 : 229- 252.

Terrier, M. & Nachbaur, A. (2013) - Microzonage sismique de Port-au-Prince, Haïti : Carte de l'aléa mouvements de terrain. Rapport BRGM/RC-62440-FR, 93 p., 32 fig., 1 ann.

UNISDR (2009) - Terminologie pour la prévention des risques de catastrophe, Rapport de UN International Strategy for Disaster Reduction.

UNOSAT/UNITAR (2010) - Cartes et atlas de dommages du séisme d'Haïti. Programme opérationnel d'applications satellite de l'United Nations Institute for Training and Research (UNITAR).

Valet S., Le Coustumer Ph. & Sarr P.S. (2004) - Techniques antiérosives de contrôle du ruissellement et de gestion du report hydrique pour assurer la séquestration du carbone en Afrique. Colloque International Centre Agropolis BP 5045, 34032, Montpellier, (IRD & CIRAD Edit.) : Gestion de la biomasse, Erosion et Séquestration du carbone, 23-28 sept. 2002, vol. 2, pp : 601-661.

Weather Underground (compagnie privée d'informations météorologiques sur internet) : <http://www.wunderground.com>

Zahibo N. (2012) - Vulnérabilité des côtes haïtiennes au tsunami. Atelier de travail pour le développement des procédures normalisées d'opération d'alerte aux tsunamis, Port-au-Prince, Haïti, 26-27 janvier 2012.

Informations consultables sur Internet :

<http://www.ihsi.ht/produits.htm> : Informations statistiques, économiques, démographiques, sociales d'Haïti.

<http://haitidata.org/> : Données cartographiques sur Haïti en libre accès.

<http://wcatwc.arh.noaa.gov/> : Centre d'alerte aux tsunamis, NOAA. Ce site donne des informations en temps réel sur la menace de tsunami.

<http://mtptc.gouv.ht/> : Site du Ministère des Travaux Publics, Transports et Communications d'Haïti ; nombreux documents disponibles notamment ceux relatifs aux guides de construction et de réparation/Code National du Bâtiment, ainsi qu'aux microzonages sismiques.

<http://www.bme.gouv.ht/plan/index.html> : Plusieurs publications disponibles sur la géologie d'Haïti.

<http://changementclimatique.ht/co/home/> : Site dédié à la problématique du changement climatique en Haïti.

http://ioc3.unesco.org/itic/categories.php?category_no=4, International Tsunami Information Center : Informations sur les tsunamis contemporains, bulletins d'alerte pour les tsunamis.

www.prim.net Portail de la prévention des risques naturels du ministère chargé de l'écologie, France.

<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/> : Site de l'USGS, informations sur les caractéristiques des derniers séismes enregistrés dans le monde.





REPUBLIQUE D'HAÏTI
PRIMATURE
Comité Interministériel
d'Aménagement du Territoire
Secrétariat Technique

CIAT



Géosciences pour une Terre durable
brgm



GFDRR
Global Facility for Disaster Reduction and Recovery



GROUPE DE LA BANQUE MONDIALE