



Termes de référence :

Cartographie de l'aléa inondation et submersion marine
dans les départements des Nippes et du Sud (Haïti)

SOMMAIRE

1	CONTEXTE	3
2	OBJECTIFS	4
3	PROCEDURE D'ELABORATION	5
3.1	CARTOGRAPHIE DES PHENOMENES NATURELS INONDATION ET MOUVEMENTS DE TERRAIN	5
3.1.1	Définition :	5
3.1.2	Collecte et analyse des données existantes	6
3.1.3	Approche	7
3.1.4	Principe de cartographie des aléas inondations	7
3.1.5	Principe de cartographie de l'aléa submersion marine	9
3.1.5.1	Submersion marine d'origine cyclonique	9
3.1.5.2	Submersion marine par tsunami	10
3.1.6	Les différentes étapes de travail	11
3.1.6.1	Analyse historique	11
3.1.6.2	Photo-interprétation	12
3.1.6.3	Relevés de terrain	12
3.1.6.4	Analyse et synthèse	12
3.1.6.5	Mise en forme des données	12
3.1.6.6	Le rendu cartographique	12
3.1.6.7	Validation	13
3.1.6.8	Diffusion	13
3.2	IMPLICATION DES INSTITUTIONS NATIONALES ET TRANSFERT DE COMPÉTENCES	13
4	LIVRABLES	14
5	PARTICIPANTS	14
6	ATTRIBUTION DU CONTRAT	15
7	SEANCES DE TRAVAIL AVEC LES ACTEURS	15
8	CALENDRIER ET ORGANISATION DU TRAVAIL	16
9	Répartition Décaissement Cartographie des aléas inondation et submersion marine des départements des Nippes et du Sud (Haïti)	17

1 CONTEXTE

Les évènements de ces dernières années montrent que les aléas naturels n'épargnent aucun pays. Du tsunami de l'océan indien aux ouragans et cyclones dévastateurs des États-Unis, en passant par les grandes inondations d'Europe et d'Asie, des centaines de milliers de personnes ont péri et des millions d'autres ont perdu leurs moyens de subsistance dans des catastrophes provoquées par des aléas naturels. Cette situation est susceptible de s'aggraver avec le changement climatique qui pourrait augmenter la fréquence et l'intensité des événements hydrométéorologiques extrêmes, mais également avec l'intensification des activités humaines couplée à la croissance démographique. Les désastres qui ont frappé Haïti ces dernières années, tels que les inondations de Gonaïves en 2008, le séisme de 2010 et plus récemment le cyclone Mathieu d'octobre 2016, ont démontré la vulnérabilité particulière du territoire haïtien. En effet, les catastrophes liées aux conditions météorologiques à elles seules, auraient entraîné des dommages et des pertes estimés annuellement à environ 2 % du PIB de 1975 à 2012¹. Récemment, le cyclone Mathieu a causé de lourds dommages estimés à 2,8 milliards de dollars américains².

Ces désastres ont aussi fait ressortir des faiblesses de gouvernance territoriale et du système de gestion des catastrophes qui souffre de son caractère très sectoriel et d'un manque de prise en considération de la dimension de la prévention dans la préparation aux désastres en général et dans les politiques d'occupation du sol, d'aménagement du territoire et de la construction en particulier. Face à ces risques connus qui exposent le pays à des vulnérabilités chroniques, l'Etat Haïtien s'est engagé dans une vaste politique de réduction des risques en prenant part aux engagements au niveau mondial tels que le cadre d'Action de Sendai adopté en mars 2015³ et la Conférence Mondiale sur le changement climatique (COP 21)⁴. Ces engagements se reflètent au niveau national dans le Plan Stratégique de Développement d'Haïti (PSDH) qui vise une opérationnalisation de la réduction des risques par une meilleure connaissance des vulnérabilités et par un renforcement de la gouvernance.

Le département du Sud, objet de cet appel d'offre, compte parmi les départements les plus vulnérables aux catastrophes naturelles, dont notamment les inondations, la submersion marine/tsunami, les cyclones, les mouvements de terrain, la sécheresse et les tremblements de terre au regard de la faille de la Presqu'île du Sud ou d'Enriquillo-Plantain-Garden qui les traversent de part en part. Associées aux vulnérabilités importantes causées par la dégradation environnementale, le changement climatique (se traduisant notamment par une intensification et une récurrence accrue des cyclones et des périodes de forte sécheresse) et une gouvernance faible, ces menaces naturelles sont la cause d'une importante précarité pour la population de ces départements.

Les défis en termes d'intégration de la réduction des risques dans l'aménagement du territoire et la planification communale en Haïti sont divers :

1. Capacités limitées au niveau des cadres techniques communaux dans la gestion du territoire ;
2. Faible connaissance des facteurs de causalités des risques, des moyens de prévention et d'atténuation des risques, faible identification typologique de l'occupation du sol ;
3. Faible application des outils réglementaires en matière d'aménagement (application des normes de construction, permis de construire etc.) ;
4. Manque de vision stratégique et de compétences techniques dans le domaine de la prévention des risques, de l'aménagement et de la gestion du territoire ;

Les dommages occasionnés par les catastrophes peuvent toutefois être évités ou réduits à travers une politique de prévention s'appuyant sur des plans d'occupation du sol et, plus largement sur les documents stratégiques en matière de développement territorial à l'image

¹ À l'échelle mondiale, Haïti est le troisième pays le plus touché par les événements climatiques, selon l'index mondial sur le changement climatique : Germanwatch, *Global Climate Risk Index*, 2016, 32p.

² MPCE, Post Disaster Needs Assessment (PDNA), Janvier 2017.

³ L'Etat Haïtien s'est engagé dans une vaste politique de réduction des risques en prenant part aux engagements au niveau mondial tels que le cadre d'Action de Sendai adopté en mars 2015 avec 185 autres pays du Système des Nations Unies. Ce cadre vise la réduction des risques de catastrophe sur 15 ans (2015-2030) par une approche multirisque et multi-acteurs et une attention particulière portée à l'intégration de la prévention des risques dans les politiques publiques.

⁴ Haïti a pris part, en Décembre 2015, à la Conférence Mondiale sur le changement climatique (COP 21) visant à atténuer les risques de désastres et les pertes humaines et économiques associées.

des plans communaux de développement (PCD) prenant en compte les risques naturels et le contexte socio-économique et environnemental. Ainsi, la mise en œuvre d'une politique de prévention guidera la gestion raisonnée de l'espace en limitant entre-autre l'urbanisation dans les zones à haut risques.

Ce projet financé par les Gouvernements de la Norvège et du Canada, consiste à approfondir la connaissance sur les différents risques naturels, en particulier dans les départements du Sud et des Nippes. L'objectif étant de produire des cartographies multirisques qui permettront d'informer et d'orienter les projets actuels et futurs, ainsi que de fournir les éléments nécessaires à la programmation des actions de prévention et de gestion de l'occupation du sol.

Cette action s'inscrit dans le projet de relèvement post-catastrophe mis en œuvre par le PNUD et conduit dans les départements du « Grand Sud » en réponse au cyclone Mathieu, projet développant une approche combinant la connaissance des risques naturels, la planification du territoire, le renforcement des capacités des élus et des cadres techniques, l'autonomisation et l'inclusion de la société civile.

2 OBJECTIFS

L'objectif principal de cet appel d'offre est de produire des cartographies multirisques qui serviront pour la gestion et la prévention des risques naturels qui soient facilement compréhensibles et utilisables par des ingénieurs et architectes, aménageurs et urbanistes, collectivités territoriales et la protection civile, décideurs et partenaires techniques et financiers et qui serviront de base pour donner les orientations d'une occupation du sol durable.

Le présent appel d'offre a pour but de réaliser sur les départements des Nippes (1 268 km² - 311 497 habitants, recensement par estimation de 2009 - IHSI⁵) et du Sud (2 654 km² - 704 760 habitants, recensement par estimation de 2009 - IHSI) - voir figure ci-après - les cartographies informatives au 1/25.000^e des phénomènes naturels à risques : crues torrentielles inondations et submersion marine.

Le mode de réalisation devra permettre une appropriation par les acteurs locaux afin de faire de cette cartographie un outil de référence qui permet d'informer, d'orienter les projets et de fournir les éléments nécessaires à la programmation des actions de prévention. Pour cela, les services de l'Etat ainsi que les autorités locales seront associés aux différentes phases de réalisation de ces supports techniques, notamment par la valorisation et la prise en compte de leurs connaissances des phénomènes.

Le réalisation de cette étude doit, par conséquent, être mise en place avec le concours de représentants des autorités locales ainsi que les institutions nationales concernées par les risques d'inondation et de submersion marine, leur prévention et leur prise en compte dans l'aménagement du territoire et l'urbanisme. Ces supports seront en effet conçus pour donner aux services de l'Etat, une bonne connaissance des risques auxquels ils sont soumis et des moyens de s'en prémunir et d'organiser l'occupation du sol. D'autre part, ces cartes doteront les opérateurs et les projets d'aménagement, de logements et d'infrastructures d'outils techniques permettant d'assurer la réduction de la vulnérabilité de leurs investissements.

⁵ IHSI - Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique.

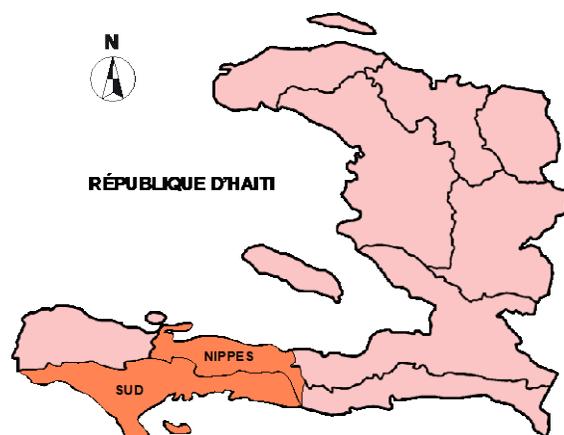


Fig. 1 : Localisation et étendue de la zone d'Étude (zone en orange foncé)

3 PROCEDURE D'ELABORATION

3.1 CARTOGRAPHIE DES PHENOMENES NATURELS INONDATION ET MOUVEMENTS DE TERRAIN

Elle comprend la réalisation, sur l'intégralité des départements des Nippes et du Sud, d'un inventaire et d'une synthèse destinés à dresser un état de connaissance globale et une cartographie des phénomènes naturels à risques (crues torrentielles, inondations et submersion marine par cyclone ou par tsunami), dégageant une vue d'ensemble des phénomènes actifs et présumés conformément au « guide méthodologique de réduction des risques naturels en zones urbaines en Haïti » ainsi que le guide de la « cartographie informative des phénomènes à risques » en annexe⁶.

3.1.1 Définition :

La terminologie utilisée dans le domaine de la cartographie des risques naturels distingue et définit les notions de phénomène et d'aléa. Ces notions ne sont pas nécessairement pertinentes pour l'utilisateur « grand public » qui les cartes sont des documents informatifs de localisation des « risques ». Toutefois, elles sont par contre importantes pour les partenaires professionnels et les bureaux d'études qui sont habitués à les utiliser. Il convient, par conséquent, de préciser la définition des notions de « phénomène » et d' « aléa ».

Ainsi, la cartographie informative n'est pas une cartographie des risques naturels (bien que le terme « multirisques » soit utilisé pour désigner l'opération) mais est une cartographie des phénomènes naturels, c'est à dire des secteurs de "manifestation, spontanée ou non, d'un agent naturel" perturbateur (destiné à atteindre un niveau de connaissance permettant d'informer, d'orienter les projets et fournissant les éléments nécessaires pour les actions de prévention et la gestion de l'espace). Il s'agit, en outre, d'une cartographie simplifiée des aléas, qui hiérarchise « à dire d'experts » principalement les données en trois niveaux (faible, moyen et fort) à partir de notions d'occurrence et d'intensité. La carte informative des phénomènes naturels est une carte restituant sur un fonds topographique (orthophotos ou google-earth) la manifestation des phénomènes significatifs, c'est-à-dire leur type et leur extension, en fonction des observations qui peuvent en être faites ou de données historiques.

Un « guide méthodologique de la cartographie informative des phénomènes à risques »⁷ est fourni en annexe. Ce guide a pour but de formuler les principales questions qui se posent pour orienter le processus de cartographie réalisé dans le cadre de ce projet et qui concerne principalement :

- Le choix et la définition des phénomènes naturels à cartographier ;
- La délimitation des zones d'étude ;

⁶ <http://mpce.gouv.ht/fr/guide-methodologique-reduction-des-risques-naturels-en-zone-urbaine-en-haiti>

⁷ Cette méthode a été définie à partir d'une expérience menée dans la Grand'Anse. Elle se propose de fournir un cadrage méthodologique indispensable pour permettre une homogénéité entre données et garantir le niveau de qualité attendu dans le cadre du projet.

- L'opportunité de disposer de plusieurs niveaux d'analyse et d'échelle de rendu selon les secteurs ;
- La définition des principales étapes à suivre ;
- La qualification et l'homogénéité des données sur les phénomènes.

La démarche générale se résume comme suit :

3.1.2 Collecte et analyse des données existantes

Elle a pour but de rassembler l'ensemble des informations existantes sur le contexte de la zone d'étude et les événements historiques, et s'appuie sur le dépouillement d'archives et des études existantes. Cette étape, qui nécessite des compétences spécifiques, sera menée préalablement à la cartographie des phénomènes à risques. Une compilation de l'ensemble des études et données existantes concernant directement ou indirectement les phénomènes naturels à risques (crues torrentielles, inondations et submersion marine) affectant la zone d'étude, sera effectuée. Dans la mesure du possible toutes les informations suivantes sont à rechercher :

- Les connaissances de base ou d'ordre général nécessaires à la caractérisation de la zone d'étude et à la cartographie : cartes géologiques, fond topographiques, BD Ortho, BD Alti, BD topo, MNT, ouvrages généraux et travaux de recherche, etc.
- Photographies aériennes, imageries satellitaires etc.
- Les autres données et études disponibles au niveau des services de l'Etat et des collectivités locales (SNGRD⁸, CST-RNH⁹, MICT¹⁰/DPC¹¹, MTPCE¹²/LNBTP¹³ & BME¹⁴, MPCE¹⁵, UCLBP¹⁶, CIAT¹⁷, EPPLS¹⁸, ONEV¹⁹, MANDR²⁰, MCI²¹, MT²², SEMANAH²³, CNIGS²⁴, CRH²⁵, délégation départementale, mairies, etc.) ; des organisations internationales et ONG, bureau d'études, universitaires²⁶ etc.
- Banques de données nationale et/ou internationale.
- Les résultats de l'évaluation des méthodologies existantes et la base documentaire associée élaborée par le BRGM (2014), pour le compte du CIAT-PNUD/BM (Haïti).
- Une compilation des événements historiques ayant affectés la zone d'étude à partir de l'exploitation des archives publiques (archives départementales, archives nationales, archives municipales etc.); archives administratives (administrations de l'État, établissements publics etc.) ; sources bibliographiques (bibliothèques encyclopédiques, bibliothèques spécialisées bibliothèques universitaires) ; études disponibles et en cours ; presse ; archives orales etc.
- Autres.

L'ensemble des données ainsi collectées sera synthétisé et analysé (tri, organisation, numérisation et intégration des données pertinentes dans une base de données sous SIG).

Pour rappel, la carte informative des phénomènes naturels est une carte restituant, sur un fond ortho-photo au 1/25 000^e, la manifestation des phénomènes naturels significatifs, c'est-à-dire leur type et leur extension, en fonction des observations qui peuvent en être faites ou des données historiques. Il s'agit d'une cartographie des phénomènes naturels, c'est à dire des secteurs de "manifestation, spontanée ou non, d'un agent naturel" perturbateur (destiné à atteindre un niveau de connaissance permettant d'informer, d'orienter les projets et

⁸ SNGRD : Système National de Gestion des Risques et des Désastres

⁹ CST-RNH : La Coordination Scientifique et Technique pour les Risques Naturels en Haïti

¹⁰ MICT : Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Territoriales

¹¹ DPC : Direction de la Protection Civile

¹² MTPTEC : Ministère des Travaux Publics

¹³ LBTP : Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics

¹⁴ BME : Bureau des Mines et de l'Energie

¹⁵ MPCE : Ministère de la Planification et de la Coopération Externe

¹⁶ UCLBP : Unité de Construction des Logements et des Bâtiments Publics

¹⁷ CIAT : Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire

¹⁸ EPPLS : Entreprise Publique de Promotion des Logements Sociaux

¹⁹ ONEV : Ministère de l'Environnement/Observatoire National de l'Environnement et de la Vulnérabilité

²⁰ MANDR : Ministère de l'Agriculture et des Ressources Naturelles et du Développement Rural

²¹ MCI : Ministère du Commerce et de l'Industrie

²² MT : Ministère du Tourisme

²³ SEMANAH : Service Maritime et de Navigation d'Haïti

²⁴ CNIGS : Centre National d'Information Géo-Spatiale

²⁵ CRH : Croix Rouge Haïtienne

²⁶ Universités : Universités d'Etat d'Haïti (UEH / FDS et FAMV) et Universités

fournissant les éléments nécessaires pour les actions de prévention et de la gestion de l'espace).

3.1.3 Approche

Deux approches sont conseillées pour la cartographie des phénomènes naturels :

1. Étudier un thème après l'autre, en s'appuyant sur les spécialistes de chacun des phénomènes à cartographier. Cette approche peut être intéressante lorsque les sites à cartographier sont facilement identifiables et lorsque les sources de données sont spécifiques.
2. Aborder conjointement sur une zone donnée tous les phénomènes retenus et notamment les phénomènes mouvements de terrain et crue torrentielle. Dans le cas des zones de montagne, une approche multi-phénomènes est plus appropriée en raison de la présence sur un même territoire de divers phénomènes :
 - Imbriqués à des degrés divers et pouvant avoir des interférences entre eux ;
 - Concernant, à priori, l'ensemble de la zone d'étude (étude exhaustive des surfaces concernées et non de linéaires).

L'approche multi-phénomènes est de nature à réduire de manière importante les coûts : les sources de données historiques sont le plus souvent communes, le travail de photo-interprétation et les visites de terrain peuvent être menées simultanément sur les divers phénomènes (sous réserve cependant que les experts soient pluridisciplinaires, ce qui suppose de disposer de critères méthodologiques précis). L'autre intérêt de cette approche est son exhaustivité, importante dans une optique d'information préventive :

- D'une part ceci oblige à étudier des phénomènes pouvant être considérés comme mineurs, ou des zones jugées secondaires si l'on se focalise que sur un seul phénomène ;
- D'autre part, l'appropriation de l'information par les responsables locaux et l'ensemble des personnes concernées est facilitée par une vision d'ensemble sur les phénomènes qui obéissent à des logiques comparables de localisation et de prévention.

3.1.4 Principe de cartographie des aléas inondations

La cartographie des risques d'inondation, bien qu'il s'agisse du risque naturel dominant en Haïti n'a, malheureusement, été engagée que récemment. Elle bénéficie d'observations historiques et hydrométriques pas très anciennes sur de nombreux cours d'eaux. De plus, la chronique historique et notamment les témoignages ou traces des événements passés (ex : relevés de plus hautes eaux connues (PHEC) » est généralement inexistante, insuffisamment riche et le plus souvent imprécise, pour pouvoir délimiter les zones inondables des principaux cours d'eau. L'approche recommandée, pour la présente étude, est une approche dite « intégrée » qui se base sur deux méthodes complémentaires : la méthode hydro-géomorphologique et la modélisation hydrologique et hydraulique (cf. guide méthodologique national de réduction des risques naturels en Haïti) .

Cette expertise, basée sur une analyse fine du terrain, et si nécessaire sur les modèles hydrauliques, doit être confiée à des experts pluridisciplinaires ou un groupe d'experts spécialisés dans les pratiques morpho-dynamique, morpho-sédimentaire, hydrologique et hydraulique à l'utilisation (Télédétection, SIG, modélisation numérique et/ou analogique, etc.).

Pour rappel :

a. La méthode dite hydro-géomorphologique sur la totalité de la zone d'étude :

L'approche hydro-géomorphologique s'appuie sur le fait que le cours d'eau a façonné, au cours du temps et crue après crue, son lit mineur, son lit moyen et son lit majeur. Ainsi une lecture attentive et experte du relief qui entoure le cours d'eau permet de distinguer et de cartographier ces différents lits et de déterminer l'emprise totale de la zone inondable. Cette analyse se fait par interprétation de photographies aériennes (vision stéréoscopique) et à partir des visites et reconnaissances du terrain.

La cartographie est établie par 2 à 3 types d'investigations indissociables :

1) Analyse stéréoscopique et photo-interprétation appliquée au risque inondation

Permettant, un tracé des limites morphologiques des cours d'eaux (lits mineurs, moyens et majeurs) et des organes hydrauliques (cône de déjection, axes de débordements/écoulements, ...) sur support informatique en utilisant :

- Les images satellites ou photographies aériennes géo-référencées.
- Les plans topographiques éventuellement disponibles ou les relevés Lidar.
- Les courbes de niveau générées à partir du MNT obtenu après traitement du relevé LIDAR.

2) Des analyses de terrain

L'analyse hydrogéomorphologique implique une reconnaissance exhaustive du terrain sur le plan morphodynamique et morphosedimentaire des cours d'eau et de leurs bassins versants.

3) Des calculs hydrauliques simples

Dans le cas particulier des zones urbanisées ou encore des talwegs et ravines encaissés et en zones à fort enjeu, des calculs hydrauliques simples viendront compléter les investigations précédentes. Ces calculs permettront de déterminer, à partir de tous ces éléments (débits, sections, pentes) la capacité du talweg/ravine par un calcul ponctuel d'écoulement en régime critique ou en régime uniforme. (Il ne s'agit pas d'une modélisation hydraulique à proprement dit mais l'application de formules hydrauliques qui permettent une vérification en quelques points que la capacité du talweg est suffisante ou non).

b. La modélisation hydrologique et hydraulique sur les zones a fort enjeu

L'application de la modélisation hydraulique reste forcément limitée à cause du coût de sa mise en œuvre (nécessite une topographie précise, la construction d'un modèle mathématique complexe) et est donc réservée aux secteurs à enjeux et/ou qui ne peuvent pas être traités uniquement avec une analyse hydro-géomorphologique. Dans le cas présent, nous disposons d'une couverture Lidar de haute définition sur la totalité de la zone d'étude. Cette donnée sera mise à la disposition du prestataire pour servir de base aux calculs hydrauliques.

Les résultats des modélisations doivent également être traités avec précaution car les limites de celles-ci sont nombreuses au regard du contexte haïtien :

- De fortes incertitudes sur l'évaluation des crues centennales (crues de référence) en l'absence de chroniques pluviométriques et, surtout, débit-métriques suffisamment longs.
- Peu d'études hydrologiques et souvent trop anciennes ou sous-estimant le phénomène de saturation.
- De fortes évolutions récentes de l'urbanisation ayant modifiées sensiblement les coefficients de ruissellement.
- Des difficultés à prendre en compte le transport solide (évolution du fond du lit fortement influencée par la déforestation massive des bassins versants) et les phénomènes d'embâcles (phénomènes très complexes difficilement modélisables).

Comme indiqué dans les paragraphes précédents, l'analyse hydro-géomorphologique de tout le linéaire du cours d'eau est une étape préalable indispensable dans le présent cas :

- Cette étape permet d'identifier et de délimiter les secteurs qui devront être modélisés, soit parce que la méthode hydro-géomorphologique ne s'applique pas, soit parce que la présence d'enjeux (présents ou futurs) nécessite une précision supérieure et l'introduction de la notion de période de retour.
- Le recueil de données, la recherche d'éléments sur les crues historiques, les témoignages des riverains, la visite et la reconnaissance de terrain, réalisés dans le cadre de l'analyse hydro-géomorphologique, sont indispensables dans les phases de

construction et de calage du modèle ainsi que pour l'élaboration et la validation des cartes d'aléas.

3.1.5 Principe de cartographie de l'aléa submersion marine

La submersion marine peut être liée à deux phénomènes distincts :

- Un événement cyclonique qui va induire trois types de surélévations liés :
 - À la dépression (surcote atmosphérique)
 - Au vent
 - À la houle
- Un tsunami, raz de marée qui déferle sur le rivage et dont la cause est, en général sur Haïti, un tremblement de terre.

3.1.5.1 Submersion marine d'origine cyclonique

L'objectif est de cartographier et de caractériser l'aléa de submersion marine à partir des scénarios retenus. Sur le bassin de risque, les hauteurs d'eau (m), les vitesses d'écoulement (m/s) et la rapidité de submersion (m/min) doivent être quantifiées ou qualifiées.

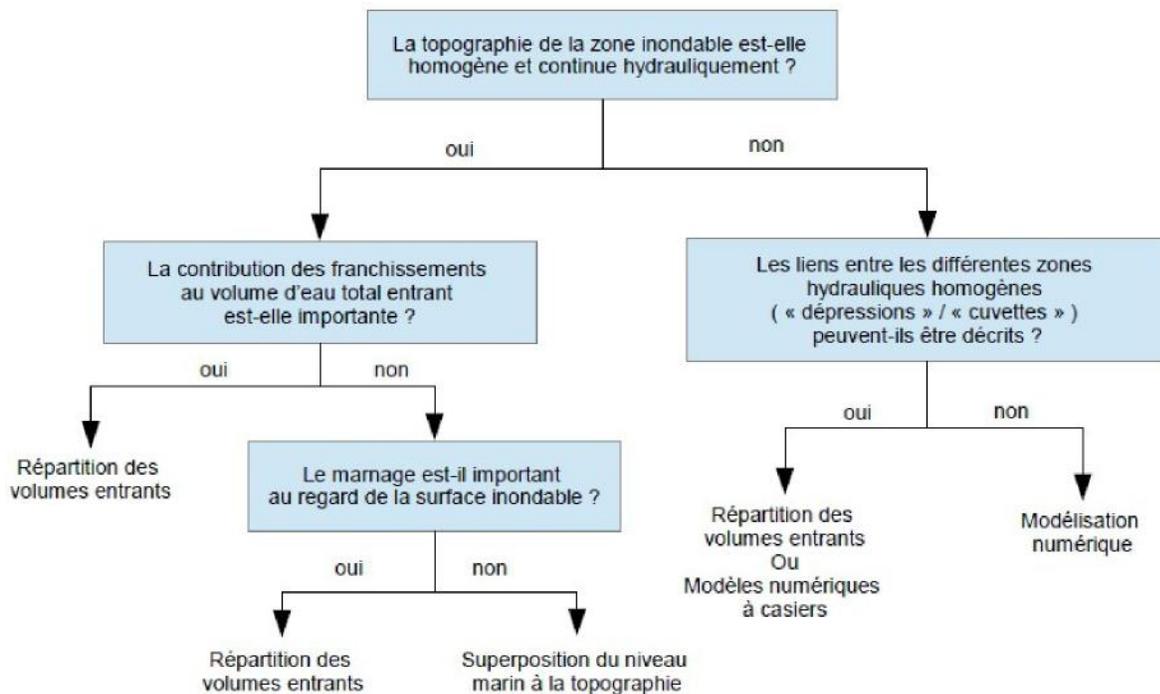
Il convient, dans un premier temps, de déterminer les scénarios à étudier et leurs caractéristiques. Dans le cadre de l'élaboration de la cartographie informative du phénomène submersion marine, les scénarios suivants sont à considérés :

- Le scénario de référence est déterminé à partir de l'événement naturel de référence (intégrant une élévation du niveau moyen de la mer liée à l'impact du changement climatique à court terme soit + 20 cm) aboutissant à la cartographie de l'aléa de référence. Il s'agit soit de l'événement centennal théorique calculé sur le littoral soit de l'événement historique le plus fort connu si celui-ci est supérieur.
- Le scénario à échéance 100 ans est déterminé à partir de l'événement de référence prenant en compte l'élévation du niveau de la mer à échéance 100 ans (changement climatique), aboutissant à la cartographie de l'aléa à échéance 100 ans. Il correspond à une surcote de +40 cm par rapport au scénario de référence.
- Un scénario basé sur un événement fréquent, de forte probabilité, mais d'intensité moindre.
- Un scénario extrême (exemple Irma), basé sur un événement extrême, de faible probabilité, supérieur à l'événement de référence. Ce scénario est décrit en fin de chapitre, à travers le phénomène de submersion marine par tsunami.

Puis, dans un deuxième temps d'évaluer l'aléa submersion marine. Plusieurs types de méthodes sont possibles pour déterminer les caractéristiques de l'aléa :

- La superposition du niveau marin de référence à la topographie ;
- La répartition des volumes entrants sur la topographie ;
- L'utilisation de modèles numériques.

Le choix de la méthode dépend principalement des caractéristiques du site et des données disponibles. La démarche menant à ce choix, présentée de manière simplifiée ci-après, est détaillée dans le guide méthodologique nationale. Notons que la connaissance des événements historiques et géographiques (étape 1) est essentielle pour effectuer ces choix. Pour chacune des méthodes, une succession d'étapes d'analyse et de mise en œuvre d'outils permet d'atteindre cet objectif.



3.1.5.2 Submersion marine par tsunami

Dans les cas de tsunamis, les hauteurs d'eau atteintes se révèlent souvent très importantes et la fréquence d'apparition de ces phénomènes rares reste aujourd'hui mal définie pour la région d'étude.

La méthodologie retenue consiste en général à :

1. La compréhension de la source du risque sur un site donné est essentielle pour une bonne définition de ce risque et notamment de l'aléa :

- Quelles sont les sources de tsunamis pouvant impacter le site ?
- Quelle est le risque connu et constaté ?
- Quels sont les facteurs aggravants ?

Les réponses à ces trois questions sera fournie par l'étude consacré au risque sismique réalisée sur la zone d'intervention et qui seront fournis par le PNUD au prestataire et dirigeront la suite de l'évaluation.

2. Déterminer les scénarios à étudier et leurs caractéristiques :

Les événements « tsunamis » sont caractérisés par leur intensité et leur probabilité. Il n'est pas tenu compte d'une échéance pour les besoins de ce type d'évènement. Pour la caractérisation cartographique de l'aléa tsunami, un seul scénario est utilisé et fait l'objet de cartographies. Ce scénario de référence est déterminé à partir du tsunami présentant la magnitude la plus importante parmi toutes les sources traitées en TMP (Tsunami Maximum Probable) et connues par rapport au site et dont la période de retour peut être estimée de l'ordre de la centaine d'année ou du moins inférieur au millénaire.

3. La méthode de caractérisation est la méthode mise en œuvre pour connaître les caractéristiques de la submersion à terre (hauteur d'eau, vitesse d'écoulement, vitesse de montée des eaux...) pour des scénarios donnés :

- **Analyse des sources, détermination du TMP**

L'analyse des caractéristiques des sources sismiques a pour objet de déterminer leur capacité à générer un tsunami et de quelle magnitude. Cela dépend de sa géographie, sa géologie et de la caractéristique du matériau de chaque plan de faille (rigidité). La méthode d'Okada (1985) permet ainsi de calculer la déformation du fond de l'océan causée par le séisme et l'élévation de la surface libre qui en résulte : le départ du tsunami.

La génération de tsunami implique un grand nombre d'incertitudes. Quand un tsunami apparait, les éléments générateurs sont retrouvés par comparaison avec les observations de la génération et la propagation du tsunami, ceci permettant, à posteriori, de décrire le phénomène survenu. Dans la démarche préconisée par le guide méthodologique national de réduction des risques naturels en Haïti, cette approche ne peut pas s'appliquer tel quel. En

effet, même si une côte a subi un tsunami, il n'est pas dit qu'une autre source puisse générer un tsunami plus important. On introduit alors une notion probabiliste dénommée TMP (Tsunami Maximum Probable) :

- Pour une source donnée, on définit l'ensemble des paramètres probables et leurs incertitudes selon l'état de l'art (caractéristique du matériau, orientation des plans de faille etc.).
- On applique ensuite les méthodes de génération précitées et on calcule les élévations en parcourant l'ensemble des cas probables. Parmi tous les cas possibles, on identifie le cas (scénario) qui engendre le tsunami le plus important et qui est orienté vers le site d'étude, c'est le TMP.

Cette méthode signifie que sur une même côte, selon le site d'étude, le TMP, pour une faille donnée peut être différent si les sites sont un peu éloignés. A partir de cette base, les caractéristiques de la faille et de l'historique que la période retour de l'évènement va être estimée. Cette période de retour va caractériser le tsunami TMP. Cette notion reste, cependant, très imprécise et doit être perçue comme un ordre de grandeur pour comparer les différentes sources possibles principalement (période de retour de l'ordre de 100 ans ou de l'ordre de 1000 ans, ou largement supérieure à 10000 ans).

Cette notion de TMP permet de définir le risque maximal pour une zone donnée d'être touchée par un tsunami important pour une source donnée (faille, glissement de terrain, volcan) et pour une probabilité de retour identique.

- **Propagation du TMP**

Pour chaque source, le TMP doit être propagé jusqu'à la côte étudiée. Ceci est fait exclusivement par modélisation spécifique par des spécialistes mais les méthodes et outils sont aujourd'hui très fiables. A l'arrivée sur les côtes, il est possible de définir par le résultat de la modélisation la hauteur de vague et donc la magnitude du tsunami selon par exemple l'échelle d'Imamura (1942). Elle est calculée à partir de la hauteur maximum de la vague au niveau de la côte, selon la formule $m = \log_2 (H)$. Ainsi un tsunami de hauteur 10 m est de magnitude 3,3 (pour mémoire, le tsunami de 2004 dans l'océan indien était de magnitude 4 à Sumatra et « seulement » de 2 en Thaïlande). Le niveau du tsunami est la cote atteinte par la crête du tsunami au-dessus du niveau moyen. Cette notion est différente de la hauteur de la vague qui se compte à partir du creux de vague.

- **Déferlement et aléa côtier du TMP**

Les vagues arrivant à la côte vont déferler comme une submersion marine. Selon le tsunami et la configuration géographique du site, la première vague peut être la plus importante ou la seconde ou la troisième. Rarement les vagues suivantes sont les plus importantes.

La compréhension des phénomènes mise à jour sur le secteur concerné contribue fortement aux choix de caractérisation de la submersion.

4. L'aléa submersion marine par tsunami, est qualifié de faible à très fort selon les caractéristiques de la submersion. Les méthodes préconisées pour l'évaluation de l'aléa submersion marine peuvent s'appliquer pour évaluer l'aléa tsunami.

3.1.6 Les différentes étapes de travail

Quatre étapes (aboutissant à la mise en forme) sont à retenir : analyse historique, photo-interprétation, relevés de terrain, analyse et synthèse. Ces dernières sont fortement imbriquées, avec une mise au point progressive faite d'« aller-retour » successifs par une équipe d'experts maniant des savoir-faire comparables, le photo-interprète a besoin de caler sa vision sur les réalités de terrain, celui qui définit un contour le saisit de plus en plus directement sur informatique. Ces étapes doivent donc être confiées à un même prestataire (pour une zone d'étude donnée).

3.1.6.1 Analyse historique

Préalablement à la mise en œuvre des différentes étapes de l'analyse, il conviendra de rassembler toutes les données disponibles sur l'ensemble de la zone d'étude. La connaissance des événements passés est précieuse pour la cartographie, ceux-ci se reproduisant souvent dans les mêmes secteurs. Les sources de données sont multiples. Les données historiques sont essentiellement qualitatives : description générale d'un événement, date, lieu-dit, victimes et dégâts. Elles ne permettent pas de dresser une carte de localisation au 1/25000^e du phénomène qui s'est produit, et donnent au mieux quelques repères permettant d'en apprécier l'extension. Dans quelques cas trop rares, on dispose d'archives photographiques. Le recueil de témoignages oraux est à rattacher à l'analyse historique, les interlocuteurs privilégiés étant les acteurs locaux (délégation, mairie, DPC, police nationale, ONG etc.) et les habitants de longue date. Cette source de données concerne surtout les événements les plus récents, la fiabilité de la mémoire humaine et de la transmission orale étant sujette à caution.

3.1.6.2 Photo-interprétation

La photo-interprétation constitue une étape incontournable du travail de cartographie, en aidant à localiser la plupart des phénomènes à étudier (mouvements de terrain, crues torrentielles, failles, ...). Dans certains cas, ces données sont, pour l'expert, la source initiale d'informations (pas d'événements répertoriés, pas d'indices lors d'un premier examen de terrain), permettront alors une autre vision lors de la confrontation avec le terrain.

3.1.6.3 Relevés de terrain

Quel que soit le type de phénomène à localiser, le parcours des sites à cartographier fournit quantité d'indices nécessaires à l'expertise que le seul examen des photographies aériennes ne permet pas de déceler. Chaque phénomène a ses indices spécifiques : par exemple : laisses de crues (transports solides) pour les crues torrentielles, fracturation des falaises ou présence de blocs isolés sur les versants pour les chutes de blocs, zones de décrochement ou venues d'eau pour les glissements de terrain, type d'occupation par la végétation pour les éboulements rocheux ou coulées boueuses etc. Le guide méthodologique de cartographie multirisques dresse le type d'indices intéressants à relever, qu'ils soient ponctuels et spécifiques ou concernant une interprétation du paysage.

3.1.6.4 Analyse et synthèse

L'étape suivante consiste à confronter les données issues des trois approches (historique, photo-interprétation, terrain), en les analysant à la lumière des critères à prendre en compte. Elle aboutit à la production de premières délimitations cartographiques. Lorsque des documents cartographiques thématiques (phénomène par phénomène) existent, il convient de tirer parti de leurs données souvent très riches en les soumettant à une analyse critique, en les adaptant à la méthodologie définie et en les complétant si nécessaire. Le processus est itératif, amenant l'expert à se poser des questions, à retourner sur le terrain pour vérifier ses premières conclusions, à faire réagir des interlocuteurs et à en débattre avec des experts de disciplines différentes. La synthèse faite est une délimitation assortie des critères particuliers ayant abouti à la prise en compte et à la cartographie du phénomène.

3.1.6.5 Mise en forme des données

La mise au point des contours cartographiques des emprises des phénomènes recensés bénéficie des techniques d'informatique graphique, permettant les ajustements progressifs lors des phases d'analyse et de validation. La saisie dans un Système d'Information Géographique (SIG) permet, en outre, d'associer des données à ces emprises et de les diffuser sous forme numérique après validation. Les différentes couches d'information à créer (à priori une par classe de phénomènes retenus, mais aussi des données d'étape comme par exemple les informations historiques) sont définies dans le guide méthodologique.

3.1.6.6 Le rendu cartographique

L'analyse et la délimitation des phénomènes étant effectuée et validée au 1/50 000^e en zone naturelle, au 1/25 000^e en zones rurales, au 1/10 000^e en zones urbanisées et au 1/5000^e sur les secteurs à forts enjeux.

Le 1/25 000^e est l'échelle intermédiaire qu'il convient d'adopter pour la plupart des rendus cartographiques. Pour la diffusion des cartes, sous forme numérique ou papier, il conviendra

de s'affranchir des découpages faits par commune ou arrondissement. S'agissant de phénomènes pouvant concerner tout le territoire d'étude, une vision de continuité s'impose. Le format A3 apparaît le plus commode pour la diffusion d'atlas papier (photocopies ou imprimés). La lisibilité des cartes et la compréhension des informations fournies conduit à s'orienter vers un taux conséquent (de l'ordre de 20 % pour fixer les idées) de recouvrement d'une feuille à l'autre.

Toutes ces cartes seront à fournir sur les emprises suivantes, aux formats (PDF pour tirage papier) et échelles aux suivants :

- Sur l'ensemble des départements des Nippes au 1/50 000^e.
- Sur l'ensemble des départements du Sud au 1/50 000^e.
- Sur les 29 communes (11 communes pour les Nippes et 18 communes pour le Sud) du territoire d'étude au 1/25 000^e avec zoom au 1/10 000^e à 1/5 000^e sur les zones à forts enjeux.
- Sous forme d'atlas papier au format A3 sur l'ensemble des départements des Nippes et du Sud au 1/25000^e.

L'orientation prise consiste donc à conserver sous forme numérique une information aussi détaillée que possible et à publier sous forme papier des cartes de synthèse multi-phénomènes.

3.1.6.7 Validation

La validation des données (cartographiées et associées) constitue une étape importante et nécessaire à différents titres :

- Vérification de la conformité du travail au cahier des charges et au guide méthodologique de cartographie multirisques, pour la zone d'étude.
- Homogénéité de la qualité de l'information d'un bassin de risque à l'autre.
- Double regard permettant de déceler d'éventuelles omissions.
- Suivi des travaux et la validation des données recueillies en veillant à la cohérence du programme sur l'ensemble du territoire haïtien.
- Participation au suivi et à la validation des services locaux et des partenaires financiers, dans le cadre du comité départemental pour la gestion des risques et des désastres des Nippes et du Sud, en vue d'assurer une critique, un enrichissement et une appropriation des données.
- Validation des documents finaux (rapports, cartes, fiches, bases de données etc.) par la coordination Scientifique et Technique pour les Risques Naturels (CST-RNH).

La Coordination Scientifique et Technique sur les Risques Naturels en Haïti (CST-RNH) et le comité départemental de gestion des risques et des désastres des Nippes et du Sud, seront en charge du suivi de l'évolution de l'étude et de la validation des livrables.

3.1.6.8 Diffusion

L'étape finale est la diffusion des données (cartes et données associées) dans un double objectif :

- Informer un public aussi large que possible.
- Donner aux gestionnaires concernés les outils nécessaires à la prise en compte du risque.

La mise en forme numérique des données permettra de réaliser les éditions papier et/ou la mise à disposition de fichiers numériques.

3.2 IMPLICATION DES INSTITUTIONS NATIONALES ET TRANSFERT DE COMPÉTENCES

Cette étude vise également à renforcer les capacités techniques des institutions nationales qui seront, à terme, dépositaires de la méthodologie et chargées de la définition et/ou de la maîtrise d'ouvrage d'études similaires dans le futur. Dans le cadre de la stratégie de renforcement des capacités nationales à mettre en œuvre dans le cadre du projet, les principales expertises nécessaires pour l'élaboration des cartes sont :

- Pour les inondations : analyse hydro-géomorphologique, hydrologique et hydrogéologique et modélisation hydrologique et hydraulique ;

- Pour la submersion marine : analyse météorologique, océanographique et modélisation hydraulique ;

Dans cet objectif, les experts en charge de la réalisation des études spécifiques de caractérisation et de cartographie seront accompagnés sur le terrain par 4 à 6 cadres nationaux (qui seront sélectionnés par le PNUD préalablement au démarrage de l'étude) dans un souci de formation et d'appropriation de la démarche. Les prestataires doivent fournir, dans l'offre technique, une stratégie de formation adéquate et évaluer le temps nécessaire ainsi que le contenu de cet exercice de formation dans leurs prestations. Ils doivent également prévoir un exercice d'évaluation en début et en fin de l'étude afin d'établir un bilan de la pertinence de cet exercice et du niveau d'appropriation de la démarche par les acteurs locaux. Il faut également prévoir une restitution des résultats cartographique par binômes ou trinômes (nationaux et internationaux).

Remarque :

A noter que les frais de participation des cadres nationaux sur le terrain, ainsi que les frais d'organisation des ateliers de formation seront pris en charge par le PNUD.

4 LIVRABLES

Les livrables comporteront au minimum les éléments suivants :

1. Rapport de synthèse de la cartographie multirisques : une note de synthèse de l'ensemble de l'étude, qui rappelle la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles, compte tenu de l'état des connaissances. La démarche et outils de leurs identification, qualification et cartographie etc.
2. Documents graphiques :
 - Une carte séparée des menaces suivantes telle que définie dans le guide méthodologique pour chacun des 2 départements sera réalisée :
 - Inondations
 - Submersion marine par cyclone et par tsunami
 - Une carte synthétique intégrant les inondations et la submersion marine, tels que définis ci-dessus sera réalisée.
3. Transferts de compétences : rapport sur le contenu et les modalités de transfert de compétence et processus d'évaluation des cadres ayant bénéficié du renforcement des capacités.
4. Séances de travail avec les acteurs : Des séances de travail seront réalisées avec les responsables du projet ainsi que les acteurs locaux pour expliciter les cartes produites et orienter les décisions d'urgence du projet.

5 PARTICIPANTS

- Ce processus est ouvert aux participants (firme, groupe d'experts, bureau d'études, ...etc.) aussi bien nationaux qu'internationaux.
- La langue de travail sera obligatoirement le créole et le français.
- Les candidatures de firmes / experts nationaux sont encouragées.

La firme ou groupe d'experts devra :

- Avoir une expérience documentée dans le domaine de la qualification/quantification et de la cartographie des aléas naturels (crue torrentielles, inondation, submersion marine par cyclone et par tsunami) ;
- Avoir une bonne expérience dans l'élaboration des cartographies et des atlas multirisques ;
- Avoir une expérience documentée dans le domaine de la synthèse des éléments physiques (aléas), socio-économiques et institutionnels pour la définition des risques ;

- Avoir une bonne expérience dans le domaine de l'élaboration des documents d'informations préventives ;
- Avoir une expérience documentée dans le domaine de formation et renforcement des capacités.
- Avoir l'expérience d'interagir avec des collectivités locales de manière participative/concertation-communication ;
- Avoir l'expérience de projets similaires réalisés dans des pays en voie de développement ;
- Avoir, si possible, une expérience de travail en Haïti sur la problématique des risques naturels et de l'aménagement urbain et du territoire, et avec les institutions nationales ;
- Avoir suffisamment de ressources humaines et techniques pour assurer cette étude et notamment la livraison des livrables dans un délai cohérent avec les exigences du projet et le besoin des acteurs locaux ;

6 ATTRIBUTION DU CONTRAT

Attribution du marché à des groupes d'experts, firmes et consortium sous forme d'un seul et ou plusieurs lots.

7 SEANCES DE TRAVAIL AVEC LES ACTEURS

Des séances de travail seront réalisées avec les responsables du projet ainsi que les acteurs locaux. Les candidats doivent présenter un programme de réunions de travail le plus cohérent possible avec les exigences des processus de concertation, d'information et de formation des acteurs locaux en lien avec le déroulement et la mise en place des différentes étapes de l'étude. Il faut assurer à minima :

1. Au démarrage pour:

1 réunion de démarrage général au niveau central (Port au Prince) + 1 réunion au niveau du département des Nippes + 1 réunion au niveau du département du Sud : pour la présentation de la stratégie de travail et du planning de travail du prestataire.

2. À mi-parcours:

8 réunions de validation à mi-parcours (5 pour le Sud et 3 pour les Nippes) se feront avec les acteurs de chacun des 8 arrondissements des départements des Nippes et du Sud.

- a) Cartes informatives des phénomènes inondations pour chacun des 2 départements des Nippes et du Sud au 1/25000^e à 1/10000^e sur les zones à forts enjeux.
- b) Cartes informatives des phénomènes submersion marine pour chacun des 2 départements des Nippes et du Sud au 1/25000^e à 1/10000^e sur les zones à forts enjeux.
- c) Cartes de synthèses des aléas inondation et submersion marine pour chacun des 2 départements au 1/25000^e à 1/10000^e sur les zones à forts enjeux.

3. À la fin de l'étude :

1 réunion au niveau central (Port au Prince) + 3 réunions (1/arrondissement) au niveau du département des Nippes + 5 réunions (1/arrondissement) au niveau du département du Sud : pour la validation des résultats de l'ensemble de l'étude version complète/finale.

8 CALENDRIER ET ORGANISATION DU TRAVAIL

Les participants (firme, groupe d'experts, bureau d'études, etc.) doivent fournir au niveau de l'offre technique un chronogramme général de mise en œuvre des différentes composantes de l'étude en spécifiant la quantité et répartition du temps de travail de chaque intervenant en fonction de sa spécialité et des différentes tâches à accomplir entre :

- Réunions de travail
- Ateliers de concertation
- Travail au bureau
- Travail de terrain
- Transfert de compétences/formations

NB. Au regard du manque de connaissances et des données en Haiti dans le domaine de l'étude, des travaux exhaustives de terrain sont indispensables. Aussi, 60% à 70 % du temps de travail devrait être dédié aux prospections et/ou validation de terrain

L'ensemble de l'étude doit être réalisé dans un délai de 10 mois maximum selon un calendrier cohérent avec l'exemple suivant :

MOIS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. LA CARTOGRAPHIES INFORMATIVES AU 1/50,000e DES PHENOMENES NATURELS A RISQUES										
1.1. Cartographie informative du phénomène inondation										
1.2. Cartographie informative du phénomène submersion cyclonique										
1.3. Cartographie informative du phénomènes tsunami										
1.4. Cartographie de synthèse des phénomènes inondation, submersion cyclonique et tsunami										
1.5. Transferts de compétences										
2. LIVRABLES										
2.1. Livraison intermédiaire des cartes informatives des phénomènes inondation										
2.2. Livraison finale des cartes informatives des phénomènes inondation										
2.3. Livraison intermédiaire des cartes informatives des phénomènes submersion marine										
2.4. Livraison des cartes de synthèse des aléas inondation et submersion marine										
2.5. Rapport sur le contenu et les modalités de transferts de compétence et processus d'évaluation des cadres ayant bénéficiées du renforcement des capacités										
2.6. Rapport de présentation et de synthèse de l'ensemble de l'étude et atlas des risques associé										
Facturation										

9 REPARTITION DECAISSEMENT CARTOGRAPHIE DES ALEAS INONDATION ET SUBMERSION MARINE DES DEPARTEMENTS DES NIPPES ET DU SUD (HAÏTI)

Les décaissements se feront comme suit :

Livrables	%
Collecte et analyse des données	20
Cartographie des enjeux inondation et submersion marine et élaboration des cartes de l'aléa inondation et submersion marine par croisements des cartes des facteurs naturels intrinsèques du milieu	50
Validation des cartes de l'aléa inondation et submersion marine par approche participative/concertation et restitution finale (cartes + rapports + formation)	30
Total	100