



**PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT
HAITI
TERMES DE RÉFÉRENCE**

I. Information sur l'offre

Projet : RENFORCEMENT DE LA PRÉVENTION DES RISQUES NATURELS ET DE LA GOUVERNANCE TERRITORIALE

Étude à réaliser pour le département du Sud : Cartographie préliminaire et finale de l'aléa inondation et submersion marine.

45 jours de terrain

75 jours de bureau

Total de 120 jours sur une durée de 6 mois

Bureau : PNUD/ HAITI

Home-based avec visites de terrain

Supervision : Chef de l'Unité Résilience et Conseiller Technique GRD

II. Contexte organisationnel

Les désastres qui ont frappé Haïti ces dernières années, tel 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. Ils ont aussi fait ressortir des faiblesses 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 construction en particulier.

La misère humaine et les pertes économiques occasionnées par les catastrophes peuvent toutefois être évitées ou réduites à travers une politique de prévention s'appuyant sur des plans d'occupation du sol et d'urbanisation tenant compte les risques et le contexte socio-économique et environnemental. La mise en œuvre d'une politique de prévention guidera à la gestion raisonnée et intelligente de l'espace en limitant l'urbanisation dans les zones à risques, et des terrains agricoles ou naturels sans accès aux infrastructures de base et aux services publics, contribuant ainsi à l'amélioration de la sécurité alimentaire et sanitaire des individus.

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

- Manque de connaissance des facteurs de causalités des risques et des moyens de prévention et de mitigations de ces risques ;
- Faible application des outils réglementaires en matière d'aménagement (application des normes de construction, permis de construire etc.) ;
- 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 : Plans de Prévention des risques, schéma d'aménagement de bassin versant multisectoriel et multirisque ;
- Manque de moyens pour l'opérationnalisation de ces outils quand ils existent ;
- Manque de vision stratégique et de compétences dans le domaine d'intégration des risques dans la planification territoriale et l'aménagement urbain ;
- Faible gouvernance et absence de coordination des activités de réduction des risques et d'occupation du sol ;

- Capacités limitées au niveau des cadres techniques institutionnels au niveau central, départemental et communal dans la prévention des risques et la gestion du territoire ;
- Manque de main-d'œuvre qualifiés dans le domaine de la définition et la mise en œuvre de parades techniques de mitigation des risques et de la construction parasismique et anticyclonique ;
- Absence d'une démarche rationnelle d'évaluation de la structure du bâti ;
- Absence d'intégration systématique des résultats des études de réduction de risque naturel dans les travaux de planification régionale et urbaine ;
- Manque de suivi et de coordination des initiatives de planification.

Pour contrer cette réalité, le PNUD s'est engagé à appuyer le gouvernement haïtien dans le développement d'une méthodologie nationale pour la réduction des risques naturels incluant un exercice de cartographie des risques en Haïti, tout en sensibilisant et renforçant les acteurs locaux pour son application systématique dans les projets d'aménagement du territoire et de développement urbain.

Toutefois, une des leçons apprises de l'exercice de cartographie des risques est l'importance de favoriser l'intégration de ces supports techniques dans les documents de planification territoriale. En effet, cet arrimage contribue non seulement à la cohérence entre les différents supports (plan de réduction des risques, plan de développement / aménagement) mais aussi au renforcement de capacités des élus locaux et des cadres techniques. En outre, ce lien technique entre connaissance des risques et planification territoriale permet aux décideurs d'interagir de manière opérationnelle sur les actions à entreprendre pour la gestion durable de leur territoire.

Ainsi, le PNUD à travers un financement de la Norvège, est actuellement en charge de la mise en œuvre d'un projet de prévention de risque et de gouvernance territoriale sur le département du Sud. Ce projet vise à réduire l'impact des catastrophes naturelles sur cette région, et par conséquent sur les moyens de subsistances de la population, à travers une réorientation de l'occupation du sol basée sur la prise en compte des risques et des potentialités environnementales et économiques de l'espace. Ce projet devrait permettre d'approfondir la connaissance sur les différents risques naturels affectant cette zone d'étude à travers la production des cartographies informatives multirisques qui permettront d'informer, d'orienter les projets actuels et futurs, et de fournir les éléments nécessaires à la programmation des actions de prévention et de gestion de l'occupation du sol.

III. Objectifs

L'objectif principal de cet appel d'offre est de produire des cartographies de risques qui serviront à la gestion et la prévention des risques naturels et qui soient facilement compréhensibles et utilisables par des agronomes, ingénieurs et architectes, aménageurs et urbanistes, collectivités territoriales et par la protection civile, décideurs et bailleurs.

S'intégrant dans une démarche intercommunale, le présent appel d'offre, a pour but de réaliser sur le département du Sud (2 654 km² - 774 976 habitants) – voir figure ci-après – la cartographie préliminaire et finale au 1/25.000e du phénomène **inondation**, et **submersion marine** par **cyclone** ou par **Tsunami**.

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'État seront associés aux différentes phases de réalisation notamment par la valorisation et la prise en compte de leurs connaissances des phénomènes.

Ces prestations doivent donc, être mises en place avec le concours de représentants des autorités locales ainsi que les institutions nationales et locales concernées par les risques naturels, leur prévention, et leur prise en compte dans l'aménagement du territoire et l'urbanisme. Ces prestations seront en effet conçues, d'une part, pour donner aux services décentralisés de l'état,

une bonne connaissance et une prise de conscience des risques auxquels ils sont soumis et des moyens de s'en prémunir et d'organiser l'occupation du sol. D'autre part, de doter les opérateurs et les projets d'aménagement, de logements et d'infrastructures de véritables outils techniques permettant d'assurer la réduction de la vulnérabilité de leurs investissements.

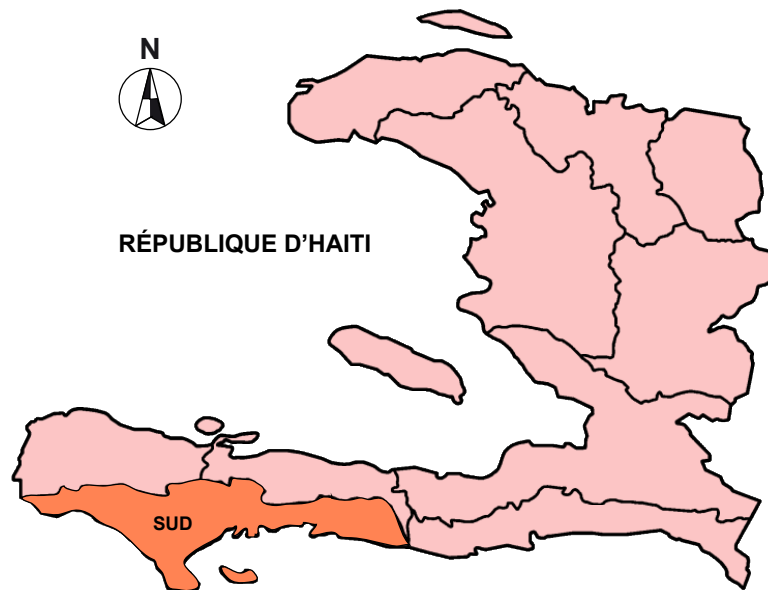


Fig. 1 : Localisation et étendue de la zone d'Étude (zone en orange foncé)

IV. Procédure d'élaboration de la cartographie préliminaire et finale des phénomènes inondation et submersion marine par cyclone ou par tsunami –

45 jours de terrain

75 jours de bureau

Total de 120 jours sur une durée de 6 mois

IV.-1 Cartographie des Phénomènes inondation et submersion marine par cyclone ou par Tsunami

Elle comprend la réalisation sur l'intégralité du département du Sud d'une **synthèse** destinée à dresser un état de connaissance globale et une cartographie préliminaire et finale des **phénomènes inondation 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** » (<http://mpce.gouv.ht/fr/guide-methodologique-reduction-des-risques-naturels-en-zone-urbaine-en-haiti>) ainsi que le guide de « **la Cartographie informative des phénomènes à risques** ».

IV.-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 d'étude préliminaire, qui nécessite des compétences spécifiques, sera préalablement élaborée et mise à disposition de la cartographie finale.

Une compilation de l'ensemble des études et données existantes concernant directement ou indirectement les phénomènes naturels à risques (**inondation, crues torrentielles et submersion marine par cyclone ou par Tsunami**) affectant la zone d'étude, sera également réalisée au cours de cette étude.

Dans la mesure du possible toutes les informations suivantes sont à rechercher :

- ➔ Les connaissances de base ou d'ordre générale 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, ...
- ➔ Les autres données et études disponibles au niveau des services de l'état et des collectivités locales (SNGRD¹, CST-RNH², MICT³/DPC⁴, MTPC⁵/LNBTP⁶ & BME⁷, MPCE⁸, UCLBP⁹, CIAT¹⁰, EPPLS¹¹, ONEV¹², MARNDR¹³, MCI¹⁴, MdT¹⁵, SEMANAH¹⁶ CNIGS¹⁷, CRH¹⁸, Délégation, Mairies, ..., etc.) ; des organisations internationales et ONG, bureau d'études, Universités¹⁹, ...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, archives paroissiales, ...) ; Archives administratives (administrations de l'État, établissements publics) ; Sources bibliographiques (bibliothèques encyclopédiques, bibliothèques spécialisées bibliothèques universitaires) ; Études disponibles et en cours ; Presse ; Archives orales ; etc.
- ➔ etc., ...

L'ensemble des données ainsi collectées sera synthétisé et analysé (tri, organisation, numérisation et intégration des données intéressantes 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 de données historiques. Il s'agit d'une cartographie de phénomène naturel, 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 de la gestion de l'espace).

La cartographie informative sur le département du Sud :

- N'est pas une cartographie des risques naturels (bien que le terme **multirisque** soit, par facilité, utilisé pour désigner l'opération)

¹ SNGRD : Système National de Gestion des risques des désastres

² CST-RNH : La Coordination Scientifique et technique pour les Risques naturels en Haïti

³ MICT : Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Territoriales

⁴ DPC : Direction de la Protection Civile

⁵ MTPTC : Ministère des Travaux Publics, Transports et Communications

⁶ LBTP : Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics

⁷ BME : Bureau des Mines et de l'Énergie

⁸ MPCE : Ministère de la Planification et de la Coopération Externe

⁹ UCLBP : Unité de Construction des Logements et des Bâtiments Publics /Primature

¹⁰ CIAT : Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire

¹¹ EPPLS : Entreprise Publique de Promotion de Logements Sociaux

¹² ONEV : Ministère de l'Environnement/Observatoire National de l'Environnement et de la Vulnérabilité

¹³ MARNDR : Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural

¹⁴ MCI : Ministère du Commerce et de l'Industrie

¹⁵ MdT : Ministère du Tourisme

¹⁶ SEMANAH : Service Maritime et de Navigation d'Haïti

¹⁷ CNIGS : Centre National d'Information Géo-Spatiale

¹⁸ CRH : Croix Rouge Haïtienne

¹⁹ Universités : Université d'Etat d'Haïti (UEH / FDS et FAMV) et Universités privées de qualité.

- Mais une cartographie simplifiée des aléas, qui implique une hiérarchisation '**à dire d'experts**' les données en 3 niveaux (faible, moyen et fort) à partir de notions d'occurrence et d'intensité.

Le « **Guide méthodologique de la Cartographie informative des phénomènes à risques**²⁰ » a pour but de formuler les principales questions qui se posent pour orienter le processus de cartographie qu'il est prévu de réaliser sur le département du Sud dans le Cadre de ce Projet.

Ce cadrage concerne principalement :

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

IV.-3 Principe de cartographie des aléas inondations

La cartographie des risques d'inondations, bien qu'il s'agisse du risque naturel dominant en Haïti et où il concerne tous les départements du territoire métropolitain, n'a malheureusement été engagée que récemment. Elle bénéficie d'observations historiques et hydrométriques pas trop anciennes sur de nombreux cours d'eaux. De plus la chronique historique et notamment les témoignages ou traces des événements passés, et les levés 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 recommande pour la présente étude est une approche dite « intégrée » qui se base sur deux méthodes complémentaires : la méthode **hydrogéomorphologique** et la **modélisation hydrologique et hydraulique** (voir « **Guide méthodologique de la Cartographie informative des phénomènes à risques** », en annexe et Guide méthodologique National de Réduction des Risques Naturels en Haïti - <http://mpce.gouv.ht/fr/guide-methodologique-reduction-des-risques-naturels-en-zone-urbaine-en-haiti>) .

Cette expertise, basée sur une analyse fine du terrain, et si nécessaire sur les modèles hydrauliques doit être confiée à des experts pluridisciplinaires rompus aux 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 hydrogéomorphologique sur la totalité de la zone d'étude :

L'approche hydrogéomorphologique 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 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

²⁰ 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.

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 géoréférencées.
- 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 à 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 hydrogéomorphologique. 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 dans le 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 longues.
- Peu d'études hydrologiques et souvent trop anciennes ou sous-estimant le phénomène de saturation.
- De fortes évolutions récentes de l'urbanisation ayant modifié 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 hydrogéomorphologique 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 hydrogéomorphologique 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

hydrogéomorphologique, sont indispensables dans les phases de construction et de calage du modèle ainsi que pour l'élaboration et la validation des cartes d'aléas.

IV.-4 Principe de cartographie des aléas submersion marine :

a. Approche

Deux approches sont conseillées pour la cartographier 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 submersion marine par cyclone ou par tsunami. Dans ce cas, 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 a 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 l'expert soit pluridisciplinaire, 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 ne se focalisait que sur un seul phénomène ;
- D'autre part l'appropriation de l'information par les responsables locaux et toutes les personnes concernées est facilitée par une vision d'ensemble sur les phénomènes qui obéissent à des logiques comparables de localisation et de prévention.

b. Principe et outils de qualification et de cartographie des aléas 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.

c. 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.

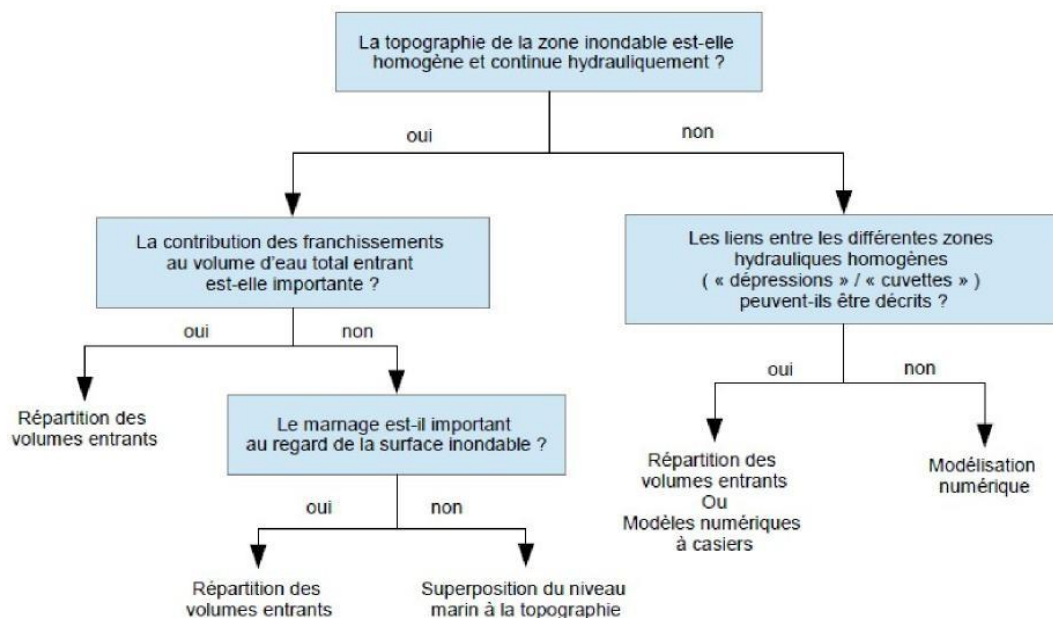
Il convient dans un premier temps, de déterminer les scénarios à étudier et leurs caractéristiques. Dans le cadre de l'élaboration de la cartographie informative du phénomène submersion marine, les scénarios suivants sont à considérés :

- **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.



d. 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 gros 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 de cette même région 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 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.

Comme on peut le constater, la génération de tsunami implique un grand nombre d'incertitudes. Quand un tsunami apparaît, les éléments générateurs sont retrouvés par comparaison avec les observations de la génération et la propagation du tsunami **ce qui permet a 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, ...).
- 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.

C'est sur la base des caractéristiques de la faille et de l'historique que la période retour de l'évènement peut être estimée à dire d'expert. C'est cette

période de retour qui caractérise 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 (faille, glissement de terrain, volcan) donnée et pour une probabilité de retour identique.

→ **Propagation du TMP**

Pour chaque source, le TMP doit être propagée 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 mises en jeux 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.

V. Les différentes étapes de travail

Cartographie préliminaire et finale des aléas inondation et submersion marine

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'allers-retours successifs par des 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).

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 (voir Guide de Cartographie Multirisques).

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 (voir Guide de Cartographie Multirisques). 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 1/25000e 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 ...) 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 pour les plus lointains.

Photo-interprétation

La photo-interprétation constitue une étape incontournable du travail de cartographie, en aidant à localiser la plupart des phénomènes à étudier (inondation, submersion marine, ...). Dans certains cas, c'est même pour l'expert la source initiale de données (pas d'événements répertoriés, pas d'indices lors d'un premier examen de terrain), qui permettra alors une autre vision lors de la confrontation avec le terrain.

Relevés de terrain

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.

Le Guide de Cartographie Multirisques développe le type d'indices intéressants à relever pour l'étude des aléas inondation et submersion marine, qu'ils soient ponctuels et spécifiques ou concernant une interprétation du paysage.

Analyse et synthèse

Cette étape 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.

VI. La 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** 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 (a 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 de Cartographie Multirisques**.

VII. Le rendu cartographique

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

Le **1/25 000e** est l'échelle 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.

Pour la zone d'étude il faut également prévoir de produire l'information finale par familles de phénomènes dans un premier temps (selon le calendrier proposé du présent document) puis de manière globale (Cartes et Atlas) à la fin de l'étude.

En effet, cette question, a été dressée en fonction du destinataire de l'information :

- S'agissant de partenaires professionnels et des services en charge de la gestion du risque, on constate une évolution très rapide vers l'utilisation de données numériques ; il est alors intéressant d'établir des informations dissociées par type de phénomène, voire de consigner à part des données cartographiques d'étape (ex. carte historique).

Toutes les cartes seront à fournir au format SIG (.TAB et/ou .Shape), KML et KMZ, PDF, Jpeg, etc.

- la très grande majorité des responsables municipaux et le grand public souhaitent plutôt disposer d'une information de synthèse et facilement compréhensible, permettant de visualiser d'un même coup d'œil l'ensemble des phénomènes; ceci évite en outre la confusion avec les cartes thématiques qui peuvent exister (avalanches, inondations) et qui par nature offrent une information plus détaillée; la lecture des cartes est alors riche d'enseignements (exhaustivité, interférences ou recouvrements entre phénomènes), mais oblige à ne pas trop détailler l'information et à rendre les cartes attractives (travail graphique sur les modalités de représentation).

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

- ✓ Sur l'ensemble du département du Sud au 1/50 000e.
- ✓ Sur les 18 communes du territoire d'étude au 1/25 000e avec zoom au 1/10 000e à 1/5 000e sur les zones à forts enjeux.
- ✓ Sous forme d'Atlas papier au format A3 sur l'ensemble du département du Sud au 1/25000e.

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.

VIII. La 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 Désastre du Sud, en vue d'assurer une critique, un enrichissement et une appropriation des données.

IX. Livrables : Cartographie préliminaire et finale des aléas inondation et submersion marine

Les livrables comporteront au minimum les éléments suivants :

- 1. Rapports de synthèse de la cartographie préliminaire et finale des phénomènes inondation et submersion marine par cyclone ou tsunami** : 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 pour le département du Sud, pour chacune des menaces suivantes telle que définie dans le **Guide Méthodologique Nationale de Réduction des Risques Naturels en zones urbaines en Haïti** :
 - Une carte séparée par scénarii (au moins 3 scénarii sont à considérer) pour la submersion cyclonique ;
 - Une carte séparée par scénarii (au moins 2 scénarii (une source proche et une source lointaine), sont à considérer pour la submersion par tsunami ;
 - Une carte synthétique intégrant les deux types de submersions ;
 - Une carte inondation et crues torrentielles.

X. Compétences requises et Expériences

Attribution de la Cartographie préliminaire et finale des aléas inondation et submersion marine

- La langue de travail est le français.

Le consultant devra :

- Avoir une expérience documentée dans le domaine de la qualification/quantification et de la cartographie des aléas naturels inondation, submersion marine par cyclone ou par tsunami ;
- Avoir une bonne expérience dans l'élaboration des cartographies inondation et submersion marine ;
- Avoir une expérience documentée dans le domaine la synthèse des éléments physiques (aléas), socio-économiques et institutionnels pour la définition des risques ;
- Souhaité : Avoir l'expérience d'interagir avec des collectivités locales de manière participative/Concertation-Communication ;
- Souhaité : Avoir l'expérience de projets similaires réalisés dans des pays en voie de développement ;
- Souhaité : Avoir, si possible, une expérience de travail en Haïti sur la problématique des risques naturels et de l'aménagement urbain, et avec les institutions nationales ;

XI. Modalité de paiement

Livrables	Échéance de soumission	Modalités de Paiement
Rapport de démarrage	Mois 1	Versement de 20% après validation du Rapport de démarrage
Livraison des Cartes préliminaires des phénomènes inondation et submersion marine.	Mois 2 et 3	Versement de 30% après livraison des cartes préliminaires
Livraison des Cartes finales des phénomènes inondation et submersion marine.	Mois 4 et 5	Versement de 30% après livraison et validation des cartes finales
Rapport de présentation et de synthèse de l'ensemble de l'étude des phénomènes inondation et submersion marine	Mois 6	Versement de 20% à la fin de l'étude (après livraison et validation du rapport de présentation)