



**HAL**  
open science

# État des lieux des phénomènes hydrauliques du littoral de la Seine-Maritime préalable à la création d'une structure de gouvernance GEMAPI et du trait de côte : modélisation du risque submersion marine sur la commune de Fécamp

Julien Ferrage

## ► To cite this version:

Julien Ferrage. État des lieux des phénomènes hydrauliques du littoral de la Seine-Maritime préalable à la création d'une structure de gouvernance GEMAPI et du trait de côte : modélisation du risque submersion marine sur la commune de Fécamp. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2018. dumas-03542127

**HAL Id: dumas-03542127**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03542127v1>**

Submitted on 25 Jan 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur ENGEES

École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement  
Formation Ingénieur Par Apprentissage  
Spécialité : Hydrosystèmes – Eaux de surface

# ÉTAT DES LIEUX DES PHÉNOMÈNES HYDRAULIQUES DU LITTORAL DE LA SEINE-MARITIME PRÉALABLE À LA CRÉATION D'UNE STRUCTURE DE GOUVERNANCE GEMAPI ET DU TRAIT DE CÔTE

MODÉLISATION DU RISQUE SUBMERSION MARINE SUR LA COMMUNE DE FÉCAMP



Julien FERRAGE  
Promotion Freiburg 2015 – 2018  
Septembre 2018

Tuteur Pédagogique : Sylvain WEILL  
Maître d'Apprentissage : Fara CARRA-RANAIVOARISON



## Remerciements

---

Ces 3 années d'apprentissage réalisées au sein du Service Ouvrages Littoral et Seine (SOLS) du Département de la Seine-Maritime ont représenté pour moi une première expérience très formatrice dans le domaine de la Gestion du risque inondation fluviale et maritime.

Je tiens tout d'abord à remercier Madame **Caroline LABOUCARIÉ**, Directeur de la Direction de l'Environnement pour m'avoir accueilli chaleureusement.

Je souhaite tout particulièrement exprimer ma gratitude à Madame **Fara CARRA-RANAIVOARISON**, Chef de service du SOLS, qui fût ma maître d'apprentissage durant ces 3 années et qui a toujours veillé à la qualité et au suivi de ma formation tant au sein de la collectivité qu'à l'ENGEES. Sa disponibilité et son écoute m'ont permis de profiter de son expérience et de ses précieux conseils dans la réalisation de mon travail et de conforter mon projet professionnel dans le domaine de l'hydraulique fluviale et maritime.

Je remercie Madame **Christelle DUVAL**, Chef de service du SEDDE (Service Eau, Développement Durable et Énergie) et Madame **Agnès THIOU**, Chef de service du SDRAF (Service Déchets, Risques et Aménagement Foncier) pour leur aide et leur disponibilité durant mon apprentissage.

Je remercie également Messieurs **Loïck LE LOUARGANT**, **Yann LABISTE**, **Matthieu HEITZ**, **Baptiste ISSINDOU**, Mesdames **Laurence HEBERT**, **Myriam LE JACQUES**, mes collègues de service, pour m'avoir bien intégré dans l'équipe, pour leur disponibilité et leur implication tout au long de ces 3 années.

Je souhaite également adresser des remerciements particuliers à mon tuteur école Monsieur **Sylvain WEILL**, qui a toujours pris de son temps pour suivre mon apprentissage. Je remercie Messieurs **Rémi BARBIER** et **Nicolas KREIS**, professeurs à l'ENGEES pour leur aide et leurs conseils.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de cette étude. Je pense notamment à Madame **Albane GUIGNARD-MARTIN**, chargée de projets au sein de la Direction de l'Environnement et Monsieur **Arnaud DOUDOUX**, hydraulicien au sein de la cellule hydraulique de la Direction des Routes du Département de la Seine-Maritime. Je souhaite remercier Monsieur **Rémy TOURMENT**, ingénieur sénior à l'IRSTEA, Président du groupe de travail européen « Dignes et systèmes de défense » d'EUCOLD et membre du comité technique sur les Dignes d'ICOLD (International Commission on Large Dams), grâce à qui j'ai pu notamment effectuer mon stage auprès de l'organisme ELY-Keskus en Finlande, et Monsieur **Jean-Philippe LEMOINE** hydraulicien au Groupement d'Intérêt Publics Seine-Aval que j'ai sollicité durant mon TFE.

J'ai une pensée pour mes anciens collègues de bureau, Madame **Virginie FEMEL** et Messieurs **Xavier GRICOURT** et **Nicolas TIERCELIN** pour nos échanges professionnels et personnels.

Je remercie également mes autres collègues de la Direction de l'Environnement qui ont su m'encourager et me soutenir durant ma période d'apprentissage. Je pense, entre autres, à Mesdames **Vinciane MARTIN**, **Julie FABRE**, **Sophie ROBERT**, **Brigitte VIAULT**, **Marie-Pierre CORMIER**, **Francine LEVILLAIN**, **Aminata DANSOKO**, **Sonia HOUZARD** et Messieurs **Hervé PLUSQUELLEC**, **Romain CHODZKO**, **Fabien TRUY**, **Daniel DEJONGHE**, **Abdel SADIK**, **Stéphane LEMIERE**, **Grégory EVERAERT** et **Damien THIEBAULT**.

Enfin, un grand merci à ma famille et à mes amis pour leur soutien indéfectible et leur conseils.

## Résumé

---

### ÉTAT DES LIEUX DES PHÉNOMÈNES HYDRAULIQUES DU LITTORAL DE LA SEINE-MARITIME PRÉALABLE À LA CRÉATION D'UNE STRUCTURE DE GOUVERNANCE GEMAPI ET DU TRAIT DE CÔTE :

#### MODÉLISATION DU RISQUE SUBMERSION MARINE SUR LA COMMUNE DE FÉCAMP

Un **séminaire territorial fondateur** a été organisé le 17 janvier 2018 à l'initiative de la Préfète et du Président du Conseil Départemental de Seine-Maritime. Ce séminaire qui a réuni l'ensemble des élus et acteurs locaux a été **l'opportunité de les fédérer autour d'un projet visant à créer une structure de coordination et de gestion du risque inondation, des milieux aquatiques et du trait de côte sur la frange littorale de la Seine-Maritime.**

Le Département de la Seine-Maritime tient un rôle historique en matière de gestion des milieux aquatiques et de prévention des inondations sur son territoire par le biais de sa Direction de l'Environnement. Avec l'appui de ses partenaires, il a eu la volonté de porter ce projet sur la période 2018-2019.

Des rencontres territoriales entre le Département et les acteurs locaux ont eu lieu et ont permis d'identifier correctement les besoins et les attentes de chacun avant la réalisation du Cahier des Charges de ce projet visant à l'émergence d'une future structure unique de gouvernance du littoral.

En parallèle, le **Service Ouvrages Littoral et Seine qui est rattaché à la DE, a mené en interne une étude technique** préalable, objet du présent rapport qui a eu pour objectif de **délimiter un premier périmètre d'action** (longitudinal et vertical) de la structure, tenant compte de l'influence maritime au droit de la frange littorale de la Seine-Maritime.

Cette étude technique a consisté en premier lieu à définir un **état des lieux des phénomènes hydrauliques, des ouvrages hydrauliques présents et de la dynamique du littoral seino-marin.**

Puis dans une deuxième phase, elle a proposé la mise en place d'une méthodologie de délimitation du périmètre d'action de la future structure. Cette démarche technique s'est appuyée sur une **modélisation hydraulique du risque de submersion marine sur Fécamp** pour des scénarii de tempêtes tels que rencontrés dans les Plans de Prévention des Risques (PPR). Les résultats ont permis d'obtenir une cartographie de l'aléa submersion marine sur Fécamp puis sur le littoral de la Seine-Maritime par association des données issues des PPR du Havre et de Dieppe.

Ainsi, l'étude réalisée permettra aux acteurs locaux de d'établir le périmètre de la structure en tenant compte des volets techniques, économiques et politiques.

## Abstract

---

### HYDRAULIC PHENOMENONS STATE ON COASTAL SEINE-MARITIME PRIOR TO THE CREATION OF A GEMAPI AND COASTLINE GOVERNANCE STRUCTURE :

#### MODELLING OF THE MARINE SUBMERSION RISK FOR THE CITY OF FÉCAMP

A **founding territorial seminar** has been organized on the 17th January 2018 on the initiative of the president of the departmental council and the prefect of Seine-Maritime. This seminar which brought all of the local elected representatives and actors, was an **opportunity to federate them around a project which creates a coordination and flood risk, aquatic systems, coastline management structure on coastal Seine-Maritime.**

The Seine-Maritime departmental council has a historical role on flood risk and aquatic systems management on its territory thanks to the action of the Environment department. With the support of his partners, he had the will to lead this project on the 2018-2019 period.

Territorial meetings between the departmental council and local actors have been organized to identify precisely the needs and expectations of everyone before to writing the specifications of this project which aims at creating a coastal governance single structure.

At the same time, the **flood risk service (Service Ouvrages Littoral et Seine)** has carried-out an **internal technical study**, covered by this report. The aim of this report was to establish an **action perimeter** (longitudinal and vertical) of the structure taking into account the maritime influence on the coastal Seine-Maritime.

First of all, this technical study has consisted in **defining the hydraulic phenomenoms, levees and the dynamic coastal state of Seine-Maritime.**

Secondly, this study has presented the methodology used to establish the action perimeter of the new structure. This technical approach was based on a **hydraulic modelling of the marine submersion risk** in case of storm scenarios as the ones expected in the Risks prevention plans (PPR) on Fécamp. The results were used to produce marine submersion risk maps on Fécamp, then on the coastal Seine-Maritime by using data from PPR of Le Havre and Dieppe.

Thus, this study will enable local actors the mean to establish the structure perimeter taking into account the technical, economic and political aspects.

## Liste des abréviations et des sigles

---

**AESN** : Agence de l'Eau Seine-Normandie

**BM** : Basse-Mer

**BRGM** : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

**CATEP** : Cellule d'Animation Technique en Eau Potable et pluviale

**CATER** : Cellule d'Assistance Technique à l'Entretien des Rivières

**CCP** : Cahier des Clauses Particulières

**CD76** : Conseil Départemental de la Seine-Maritime

**CEREMA** : Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (anciennement CETMEF)

**CETMEF** : Centre d'Études Techniques Maritimes et Fluviales

**CLIN** : Commission Locale d'Information Nucléaire

**CM** : Coefficient de Maré

**CMH** : Côte Maritime du Havre (NGF + 4,378 m)

**CNRC** : Conseil National de Recherches Canada

**CODAH** : Communauté de l'Agglomération Havraise

**COP 21** : 21<sup>ème</sup> Conférence des Parties sur le changement climatique en 2015 à Paris

**DE** : Direction de l'Environnement du Département de la Seine-Maritime

**DGPR** : Direction Générale de la Prévention des Risques

**DGS** : Directeur Général des Services

**DICRIM** : Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs

**EDD** : Études de Danger

**EDF** : Électricité de France

**EMQ** : Écart Moyen Quadratique

**ENGEEES** : École National du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg

**ENS** : Espace Naturel Sensible

**EPCI** : Établissement Public de Coopération Intercommunale

**EUCOLD** : European Commission On Large Dams

**GEMA** : Gestion des Milieux Aquatiques

**GEMAPI** : Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations

**GES** : Gaz à Effet de Serre

**GIEC** : Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat - en anglais *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) ;

**GIPSA** : Groupement d'Intérêt Public Seine-Aval

**ICOLD** : International Commission On Large Dams

**IGN** : Institut National Géographique

**INSEE** : Institut National de la Statistique et des Études Économiques

**IRSTEA** : Institut national de Recherche en Sciences et en Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

**LNHE** : Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement (EDF)

**Loi MAPTAM** : Loi de Modernisation de l'Action Publique Territoriale et d'Affirmation des Métropoles

**Loi MOP** : Loi relative à la Maîtrise d'Ouvrage Publique

**ME** : Morts Eaux

**MNT** : Modèle Numérique de Terrain

**NGF** : Nivellement général de la France

**ONML** : Observatoire National de la Mer et du Littoral

**PAPI** : Plan d'Action de Prévention des Inondations

**PCET** : Plan Climat et Énergie Territorial

**PCS** : Plan Communal de Sauvegarde

**PLU** : Plan Local d'Urbanisme

**PM** : Pleine-Mer

**PPR** : Plan de Prévention des Risques

**PPRI** : Plan de Prévention des Risques d'Inondation

**PPRN** : Plan de Prévention des Risques Naturels

**RCE** : Restauration de la Continuité Écologique

**RCP** : *Representative Concentration Pathway* (Profil représentatif d'évolution de concentration)

**ROLNP** : Réseau d'Observation du Littoral Normand et Picard

**SATESE** : Service d'Assistance Technique d'Exploitation des Stations d'Épuration

**SEDDE** : Service Eau, Développement Durable et Énergie

**SDIS** : Service Départemental d'Incendie et de Secours

**SDRAF** : Service Déchets, Risques et Aménagement Foncier

**SGEN** : Service Gestion des Espaces Naturels

# RAPPORT

État des lieux des phénomènes hydrauliques du littoral de la Seine-Maritime préalable à la création d'une structure de gouvernance GEMAPI et du trait de côte

**SHOM** : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

**SIG** : Système d'Information Géographiques

**SLGRI** : Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation

**SOLS** : Service Ouvrages Littoral et Seine

**TFE** : Travail de Fin d'Étude

**VE** : Vives Eaux

**VTA** : Visites Techniques Approfondies

## Table des illustrations

### Liste des figures

FIGURE 1 : HÔTEL DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE-MARITIME (SOURCE : SEINEMARITIME.FR).....	11
FIGURE 2 : GESTION DES OUVRAGES LITTORAUX (SOURCE : JULIEN FERRAGE / CD76) .....	14
FIGURE 3 : MISSIONS RELEVANT DE LA COMPÉTENCE GEMAPI.....	20
FIGURE 4 : VARIATION DU NIVEAU MOYEN MARIN POUR LES PÉRIODES 1986-2005 ET 2081-2100 – GIEC (2014).....	24
FIGURE 5 : VALLEUSE DU TILLEUL (CD76) .....	25
FIGURE 6 : LE HAVRE, ESTUAIRE DE LA SEINE (P. BOULEN) .....	25
FIGURE 7 : VALLÉE DRAINÉE D'ÉTRETAT (JULIEN FERRAGE).....	25
FIGURE 8 : COURBE DE MARÉE DE TYPE SEMI-DIURNE, PRÉDICTION SUR 24H À FÉCAMP (MANCHE) LORS DU PASSAGE DE LA TEMPÊTE ELEANOR (3.01.2018) (JULIEN FERRAGE) – DONNÉES DU MARÉGRAPHE DE FÉCAMP (SHOM).....	26
FIGURE 9 : INFLUENCE DE LA LUNAISON SUR LE MARNAGE (SCHÉMA JULIEN FERRAGE).....	27
FIGURE 10 : SCHÉMA DE LA SURCOTE LIÉE AUX VAGUES, "WAVE SET-UP" (SOURCE : JULIEN FERRAGE).....	28
FIGURE 11 : SCHÉMA D'UNE SUBMERSION MARINE PAR DÉBORDEMENT (SOURCE : CARIOLET, 2011) .....	29
FIGURE 12 : SUBMERSION MARINE PAR DÉBORDEMENT À ST. VALÉRY-EN-CAUX SUITE À LA TEMPÊTE ÉLÉANOR (SOURCE : CD76, JANVIER 2018).....	29
FIGURE 13 : SCHÉMA D'UNE SUBMERSION MARINE PAR FRANCHISSEMENT (SOURCE : CARIOLET, 2011) .....	29
FIGURE 14 : SUBMERSION MARINE PAR FRANCHISSEMENT DU SYSTÈME D'ENDIGUEMENT DE VEULETTES-SUR-MER LORS DE LA TEMPÊTE ÉLÉANOR (SOURCE : CD76, JANVIER 2018).....	29
FIGURE 15 : SCHÉMA D'UNE SUBMERSION PAR BRÈCHE PUIS RUPTURE TOTALE D'UN CORDON DUNAIRE (SOURCE : CARIOLET, 2011).....	30
FIGURE 16 : RUPTURE DE LA DIGUE DE QUIBERVILLE-SUR-MER (SOURCE : CD76, 1978) .....	30
FIGURE 17 : FALAISES À PLATE-FORME D'ÉROSION, ENCOCHE DE SAPEMENT, ÉTRETAT, 1995 (© STÉPHANE COSTA).....	31
FIGURE 18 : DYNAMIQUE LITTORALE DE LA SEINE-MARITIME (SOURCE : ROLNP) .....	32
FIGURE 19 : ÉVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE DE LA SEINE-MARITIME (SOURCE : ROLNP) .....	32
FIGURE 20 : VUE DU SYSTÈME DE PROTECTION DU FRONT DE MER D'ÉTRETAT (SOURCE : CD76) .....	34
FIGURE 21 : VUE DU SYSTÈME DE PROTECTION DU FRONT DE MER DE VEULETTES-SUR-MER ET PALUEL (SOURCE : CD76).....	35
FIGURE 22 : VUE DU SYSTÈME DE PROTECTION DU FRONT DE MER DE SAINT-AUBIN-SUR-MER (SOURCE : CD76).....	36
FIGURE 23 : VUE DU SYSTÈME DE PROTECTION DU FRONT DE MER DE QUIBERVILLE/ST-MARGUERITE-SUR-MER (SOURCE : CD76) .	37
FIGURE 24 : VUE DU SYSTÈME DE PROTECTION DE FRONT DE MER DE POURVILLE-SUR-MER (SOURCE : CD76).....	38
FIGURE 25 : SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT DE LA PLAGE (LCHF 1979) .....	39
FIGURE 26 : CRIEL-SUR-MER JANVIER 2015 (SOURCE : CD76).....	39
FIGURE 27 : VUE DE FÉCAMP (SOURCE : GEOPORTAIL.GOUV.FR) .....	41
FIGURE 28 : SYNTHÈSE DES DONNÉES TOPOGRAPHIQUES ET BATHYMÉTRIQUES SUR FÉCAMP .....	49
FIGURE 29 : LOGIGRAMME DU TRAITEMENT DES DONNÉES SOUS ARCMAP .....	50
FIGURE 30 : MAILLAGE DU MODÈLE BIDIMENSIONNEL ET LOCALISATION DE LA CONDITION AUX LIMITES .....	51
FIGURE 31 : ALTIMÉTRIE EN MÈTRES DU MODÈLE LITTORAL HYDRAULIQUE.....	52
FIGURE 32 : LOGIGRAMME DE LA CONSTRUCTION DU MAILLAGE SOUS BLUEKENUE .....	53
FIGURE 33 : LOGIGRAMME DE LA SIMULATION HYDRAULIQUE NUMÉRIQUE SOUS TELEMAR-2D .....	54
FIGURE 34 : LOGIGRAMME DE LA CARTOGRAPHIE DES EMPRISES INONDABLES AVEC ARCMAP .....	55
FIGURE 35 : EMPRISE INONDABLE MAXIMALE POUR UNE SUBMERSION MARINE DE RÉFÉRENCE (XYNTIA) SUR FÉCAMP (T+4H36) RÉALISÉE SOUS FUDAA-PREPRO .....	56
FIGURE 36 : EMPRISE INONDABLE MAXIMALE POUR UNE SUBMERSION MARINE CENTENNALE SUR FÉCAMP (T+4H36) RÉALISÉE SOUS FUDAA-PREPRO .....	57
FIGURE 37 : CARTE DES ACTEURS DU LITTORAL (SOURCE : JULIEN FERRAGE) .....	61

## Liste des graphiques

GRAPHIQUE 1 : OBSERVATIONS DES NIVEAUX MARINS EXTRÊMES DE 1954 - JUIN 2018 .....	44
GRAPHIQUE 3 : AJUSTEMENT STATISTIQUE PAR LA LOI DE GUMBEL .....	46
GRAPHIQUE 4 : AJUSTEMENT PAR LA LOI DE GUMBEL DES HAUTEURS AVEC INTERVALLE DE CONFIANCE 90.....	47
GRAPHIQUE 5 : HAUTEUR D'EAU LORS DE LA TEMPÊTE XYNTHIA DU 28 FÉVRIER 2010 .....	47
GRAPHIQUE 6 : HAUTEUR D'EAU EN FONCTION DU TEMPS.....	58

## Liste des tableaux

TABLEAU 1 : VALEURS DES NIVEAUX MARINS EXTRÊMES CALCULÉES SUR DIEPPE .....	46
TABLEAU 2 : VALEURS DES NIVEAUX MARINS EXTRÊMES SUR DIEPPE DU SHOM.....	46

## Avant-Propos

Le présent mémoire fait suite au **Travail de Fin d'Étude** (TFE) réalisé au sein de ma structure d'apprentissage, le **Département de la Seine-Maritime**. En intégrant le **Service Ouvrages Littoral et Seine** (SOLS) de la Direction de l'Environnement, j'ai approfondi une autre thématique de mon métier : la **Gestion du risque inondation** qui s'exerce dans un contexte multithématique sur un territoire étendu.

Par ailleurs, ce travail vient valoriser mon expérience professionnelle et mes connaissances acquises tout au long de mes trois années de formation d'ingénieur par apprentissage à l'ENGEES.

### 1. Présentation de la structure d'accueil : le Département de la Seine-Maritime

#### 1.1. Origine historique

Apparu en pleine période révolutionnaire, les 83 Départements français sont issus de la nouvelle délimitation de l'organisation territoriale de 1790 visant à unifier l'ensemble de leur territoire. La promulgation de la Loi du 10 Août 1871 définit les Départements comme des **collectivités territoriales**.

Les collectivités territoriales sont des personnes morales de droit public distinctes de l'État. Pour cette raison, elles disposent d'une autonomie juridique et patrimoniale dans la limite de leurs compétences définies par la Loi. L'article 72 de la Constitution de la V<sup>ème</sup> République prévoit une libre administration des collectivités par des conseils élus et lui attribue uniquement des **compétences administratives**.

Ce processus de transfert des compétences administratives de l'État vers les collectivités territoriales est établi par les lois de décentralisation de 1982 et 1983 (lois Defferre).

#### 1.2. Organisation et fonctionnement

Le **Conseil Départemental** ou **assemblée délibérante de la Seine-Maritime** est constitué de 70 conseillers départementaux élus au suffrage universel direct pour une durée de 6 ans, nouveauté introduite par la loi n°2013-403 du 17 mai 2013.

Chaque canton est représenté par un binôme mixte de conseillers départementaux.

Le Conseil Départemental règle par ses délibérations les affaires du Département et vote le budget et les politiques qui seront mis en œuvre sur la Seine-Maritime.



Figure 1: Hôtel du Département de la Seine-Maritime (source : seinemaritime.fr)

Depuis, le 2 avril 2015, Monsieur **Pascal MARTIN** est le Président du Conseil Départemental qui exerce un pouvoir exécutif. Ainsi, il prépare et applique les délibérations du Conseil. Il est également le Président de la Commission Permanente qui traite des affaires courantes de la collectivité.

## 1.3. Les compétences

La Loi du 27 janvier 2014 sur la Modernisation de l'Action Publique territoriale et d’Affirmation des Métropoles (MAPAM) confère au Département les compétences suivantes :



**L'action sociale** : Action obligatoire et majeure des Départements, elle se traduit par la mise en place de différentes aides ou actions visant à améliorer les conditions de vie de ses habitants ;

*Exemples* : l'Aide Sociale à l'Enfance ; la Protection Maternelle et Infantile ou encore le soutien aux familles en situation précaire, les aides aux personnes âgées et handicapées.



**L'équipement et les transports** ;

*Exemples* : Aménagement et entretien des voiries départementales et des ports maritimes de pêche ; Transports scolaires pour les enfants handicapés.



**L'aide aux communes** : Elle se traduit par des aides à l'investissement, à l'équipement et au financement de projets urbains ;

*Exemples* : Investissement dans de nombreux domaines : alimentation en eau potable, assainissement, voiries, équipements communaux (églises, mairies, gendarmeries, centre de secours).



**L'éducation, la culture, le patrimoine** ;

*Exemples* : Construction, entretien et équipement des collèges ; gestion du personnel « Techniques Ouvriers et de Service » (TOS) des collèges ; subventions de rencontres culturelles ou de création et de gestion des bibliothèques départementales ; services d'archives départementales.

*Remarque* : La prise de compétence au niveau de la culture est une volonté politique du Département.



**Le développement économique et social** : La collectivité mène des opérations en faveur des PME/PMI et de l'artisanat ; elle contribue à la modernisation de l'agriculture, à l'installation de nouveaux agriculteurs et favorise le développement d'équipements de recherche ;

*Exemples* : Politique agricole (aide et soutien aux éleveurs), valorisation de l'artisanat.



**L'environnement, le tourisme** ; L'action départementale vise à préserver les milieux naturels et à prévenir les risques naturels et technologiques. Elle valorise également le tourisme à l'aide ou d'opérations découvertes de son territoire ;

*Exemples* : Action en faveur de la préservation des espaces naturels sensibles (ENS), de la gestion de l'eau, des déchets et des risques naturels ou technologiques. Aménagement des itinéraires de promenade et de randonnée.



**Le Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS)**. Le SDIS est chargé de la protection contre les incendies et gère les sapeurs-pompiers du département. C'est un établissement public et autonome dirigé par un directeur départemental soumis à une double autorité : celle du Préfet pour la direction des activités opérationnelles et celle du Conseil d'Administration (CASDIS) pour les questions de financement et d'administration de l'établissement.

*Remarque* : Suite à la loi NOTRe, la clause de compétence générale est supprimée pour les Départements et les Régions qui n'ont donc plus la capacité d'intervention générale. Leur champ de compétences est ainsi défini par la Loi.

## 2. La Direction de l'Environnement

En 2018, l'administration de la Seine-Maritime compte 4 493 agents (*Rapport sur l'État de la collectivité du 28 Juin 2018 – CD76*).

Dirigés par le Directeur Général des Services (DGS), ces derniers sont répartis en quatre pôles, chacun placé sous l'autorité d'un Directeur Général Adjoint.

- ❖ Le pôle : **Aménagement et Mobilités** ;
- ❖ Le pôle : Attractivité et Développement ;
- ❖ Le pôle : Solidarités ;
- ❖ Le pôle : Ressources et Moyens ;

La **Direction de l'Environnement** (DE) relève du pôle « Aménagement et Mobilités » et comprend quatre services.

### 2.1. Le Service Eau, Développement Durable et Énergie (SEDDE)

Ce service assure un accompagnement technique et financier des maîtres d'ouvrages compétents en matière de politique de l'eau. Il se compose de 3 cellules :

- La **cellule d'Animation Technique en Eau Potable et pluviale** (CATEP) : Préservation et protection de la ressource en eau ; Aménagement du territoire face au risque d'inondation ;
- La cellule **Service d'Assistance Technique à l'Exploitation des Stations d'Épuration** (SATESE) : Soutien et apport de conseils techniques gratuits aux exploitants et maîtres d'ouvrages des stations d'épuration des collectivités locales de la Seine-Maritime. Le SATESE contribue à améliorer le fonctionnement des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées.
- La cellule **Développement Durable et Énergie** : Animation du Plan Climat et Énergie Territorial (PCET) du Département, réalisation des Bilan Gaz à Effet de Serre (GES) des activités départementales, conseil en énergie partagé aux communes, réflexion d'une politique Développement Durable au sein de la collectivité.

### 2.2. Le Service Gestion des Espaces Naturels (SGEN)

Le SGEN met en œuvre les politiques départementales concernant la protection et le développement de la biodiversité. Il comprend :

- ❖ Une cellule **Espace Naturel Sensible** (ENS) ;

Elle agit en faveur de la gestion et de la valorisation des Espaces Naturels Sensibles (ENS) et participe à la réhabilitation de sentiers du littoral. De plus, elle est opératrice et animatrice du réseau Natura 2000 sur son territoire. Des opérations de sensibilisation au développement durable sont également menées.

- ❖ Une **Cellule d'Assistance Technique à l'Entretien des Rivières** (CATER).

Cette cellule se concentre sur la coordination, l'animation et le suivi des actions de préservation et de restauration des cours d'eau et des milieux aquatiques.

## 2.3. Le Service Déchets, Risques et Aménagement Foncier (SDRAF)

Ce service s'organise en 3 cellules distinctes :

- ❖ La cellule **Déchets** : Suivi d'opération d'insertion axée sur le nettoyage de la Seine, mise en œuvre de politique de soutien financier aux collectivités (instruction de dossiers de subvention) ;
- ❖ La cellule **Risques** : Mise en œuvre des dispositifs d'intervention départementale en matière de risques naturels et technologiques et soutien aux associations agissant dans le domaine de l'environnement. Cette cellule comprend aussi la Commission Locale d'Information Nucléaire (CLIN) chargée du suivi, de l'information et de la concertation en matière de sûreté nucléaire.
- ❖ La cellule **Aménagement Foncier** : Application des procédures d'aménagement foncier engagées sur le Département.

## 2.4. Le Service Ouvrages, Littoral et Seine (SOLS)

Le Conseil Départemental de la Seine-Maritime (CD76) est à la fois le propriétaire et le gestionnaire de **100 km linéaires de digues sur les berges de Seine** depuis 1959, dont **71 km sont classés** au titre de la sécurité hydraulique suite au décret du 11 décembre 2007. Sur le littoral, on compte **200 ouvrages de défense contre la mer** depuis 1920, dont **6 systèmes d'ouvrages classés**.

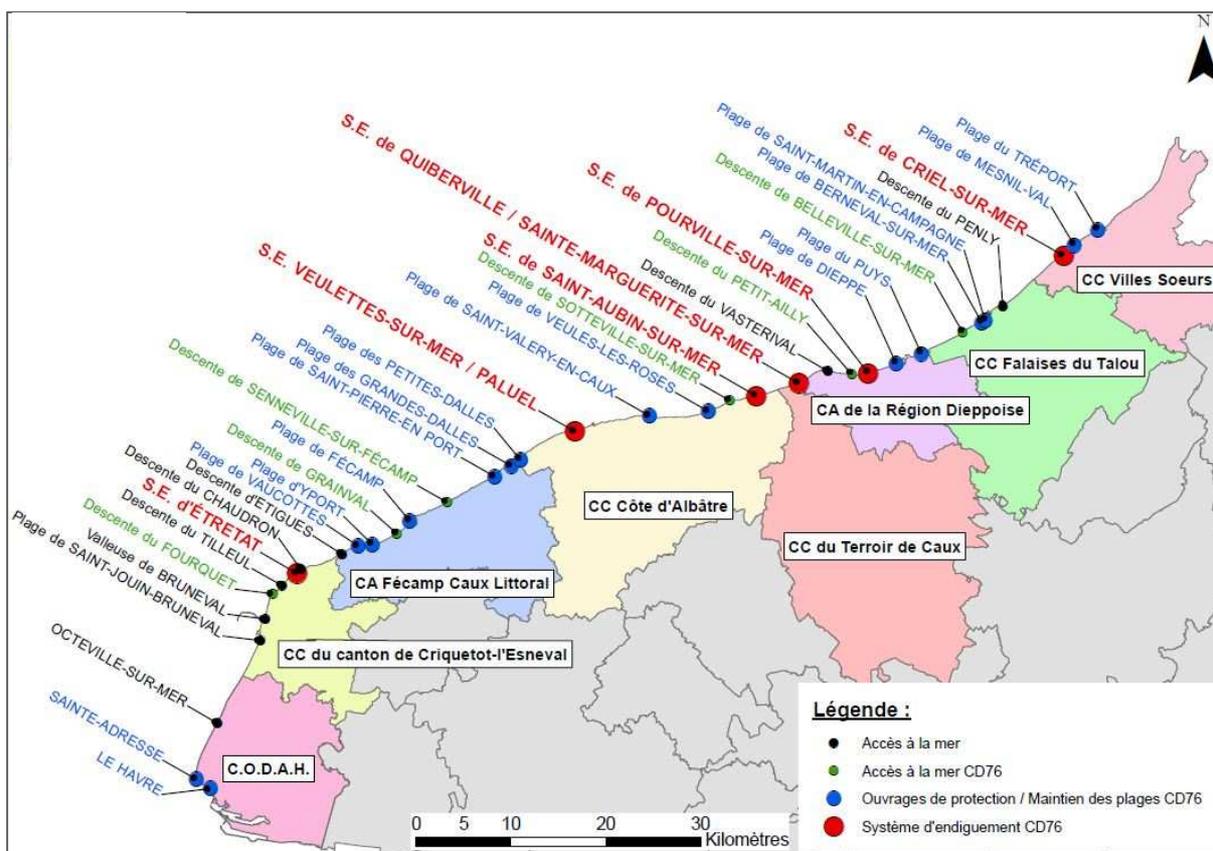


Figure 2 : Gestion des ouvrages littoraux (source : Julien Ferrage / CD76)

Sur la carte ci-dessus, la nature des différents ouvrages hydrauliques départementaux est représentée. Les 6 systèmes d'endiguement classés (digues, épis) (en rouge) représentent 35 % du linéaire des 200 ouvrages de défense contre la mer, dont les ouvrages de protection et de maintien des plages (en bleu).

Dans ce contexte, le SOLS doit assurer le bon fonctionnement de ces ouvrages hydrauliques et garantir, pour ceux qui sont classés, leur rôle contre les inondations ou la submersion marine aussi bien sur les berges de Seine que sur le littoral seino-marin. Il dispose :

- ❖ D'une cellule **administrative** (finances et marchés) ;
- ❖ D'une cellule **technique** (maîtrise d'Ouvrage) gérant les opérations :
  - De travaux structurants ponctuels soumis à loi de la Maîtrise d'Ouvrage Publique (MOP)  
*Exemples : Études préalables, études réglementaires, maîtrise d'œuvre externe.*
  - De travaux de réparations courantes réalisés par une entreprise externe choisie à l'issue d'une consultation et donnant lieu à un marché à bons de commandes.
- ❖ D'une **équipe en régie** opérant sur les berges de Seine.
  - Elle traite des travaux « légers » comme le colmatage de brèches et la gestion de la végétation sur les digues réalisés par l'équipe en régie.

Le service mène également des opérations de surveillance et d'entretien sur les digues en régie. Il assure une gestion écologique de la Seine par l'emploi de génie végétal ou de techniques alternatives comme le développement de l'éco-pâturage suite à l'arrêt de l'utilisation des produits phytosanitaires.

Enfin, en application du décret digue du 11 décembre 2007 puis du décret du 12 mai 2015 (suite à la loi MAPTAM), le SOLS est en charge de la réalisation des prescriptions réglementaires telles que les Visites Techniques Approfondies (VTA), les Études De Danger (EDD) ou encore les consignes de surveillances. Ces missions sont assurées dans la perspective de la mise en œuvre de la compétence « **Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations** » (GEMAPI) et du **transfert des ouvrages** du Département aux nouvelles autorités compétentes.

### 3. Objectif du Travail de Fin d'Étude

Dernière étape du cursus ingénieur, le **Travail de Fin d'Étude** est l'occasion pour moi de concrétiser mes acquis pédagogiques et mon expérience professionnelle développée durant mon apprentissage.

Mon intégration au SOLS et dans ses missions s'est faite de manière progressive.

- ❖ La première année a été une découverte de **l'organisation et du fonctionnement d'une collectivité territoriale** (*Dossier Connaissance Entreprise 1*). Ainsi, j'ai pris conscience du **cadre multidisciplinaire** dans lequel j'ai évolué (*Dossier Connaissance Entreprise 2*). De plus, j'ai complété mes connaissances et amélioré mes compétences dans des domaines divers comme :
  - Les marchés publics et le génie civil lors de travaux d'entretien ou d'urgence sur les digues départementales ;
  - La législation concernant la gestion du Risque inondation (Directive Cadre Inondation, GEMAPI) ;
  - La réglementation des ouvrages hydrauliques classés avec notamment les lois, les décrets relatifs à la sécurité hydraulique des ouvrages et le suivi des études VTA sur la Seine et le littoral.

- ❖ La deuxième année m'a permis d'apporter davantage à mon service en appliquant mes connaissances théoriques acquises à l'ENGEES et en mobilisant de plus en plus mes compétences.
  - Réalisation d'un **Plan de Gestion de la Végétation sur les digues de Seine** (*Projet Management*) avec l'élaboration d'une méthodologie de travail et de suivi de la végétation. Ce projet m'a permis de travailler en Mode Projet et d'utiliser de manière intensive l'outil d'analyse et de cartographie de Système d'Information Géographique (SIG).
  - Mon stage (*Projet Réseaux*) au sein du bureau d'étude Suez Consulting (anciennement SAFEGE) m'a permis de découvrir un autre mode de fonctionnement et de gestion de projet. J'ai pu faire de la modélisation de réseaux d'assainissement et d'eau pluviale. Cette expérience m'a permis de développer mon **esprit critique vis-à-vis des résultats de mes études hydrauliques** (Étude de préfiguration des Systèmes d'Endiguement sur la Seine, EDD) ;
- ❖ La troisième année a été encore plus formatrice pour moi car j'ai pu travailler sur des objectifs à long terme au sein de mon service.
  - Tout d'abord j'ai réalisé sur une étude de faisabilité de modélisation hydraulique du risque inondation par débordement de rivière à Criel-sur-Mer (*Projet Libre*). Ce projet a été formateur en vue de mon TFE notamment au niveau de l'analyse des données hydrauliques et de la préparation de la pré-modélisation.
  - Ensuite, j'ai travaillé durant un mois à ELY-Keskus en Finlande et plus précisément à Hämeenlinna durant ma mobilité Internationale (*Poster MI*). ELY-Keskus est un organisme public finlandais de contrôle et de suivi d'ouvrages hydrauliques (digues et barrages). Ce stage a été formateur sur de nombreux points (humain, professionnelle, ...). En effet, j'ai découvert une autre façon de gérer le risque inondation (études des textes réglementaire finlandais, visites réglementaires d'ouvrages hydrauliques classés de type digues et barrage) avec des problématiques différentes au niveau local (Finlande) et international (Union Européenne et États-Unis). De plus, cette expérience a été enrichissante dans l'avancement et les réflexions de mon TFE.

Enfin, j'ai piloté le volet hydraulique d'une étude d'aide à la création d'une structure de gouvernance, de gestion des milieux aquatiques et de prévention des inondations sur la frange littorale de la Seine-Maritime.

Ce projet d'ingénieur a ainsi constitué mon sujet de TFE au cours duquel j'ai approfondi le thème de la **gestion du risque inondation par submersion marine** et défini une démarche analytique personnelle pour mener à bien mon étude.

Les **attentes concernant mon travail** étaient **doubles** :

- ❖ Réalisation d'un **rapport valorisant mon travail de fin d'étude** pour l'école ;
- ❖ Production d'une **étude technique hydraulique** en vue de la création de la nouvelle structure de gouvernance, mise en place d'une **méthodologie d'analyse d'événements extrêmes** et d'un **modèle hydraulique** pour le Département de la Seine-Maritime.

## Sommaire

---

Remerciements .....	3
Résumé .....	4
Abstract .....	5
Liste des abréviations et des sigles .....	6
Table des illustrations .....	9
<b>Avant-Propos</b> .....	<b>11</b>
1. Présentation de la structure d'accueil : le Département de la Seine-Maritime .....	11
1.1. Origine historique .....	11
1.2. Organisation et fonctionnement .....	11
1.3. Les compétences .....	12
2. La Direction de l'Environnement .....	13
2.1. Le Service Eau, Développement Durable et Énergie (SEDDE) .....	13
2.2. Le Service Gestion des Espaces Naturels (SGEN) .....	13
2.3. Le Service Déchets, Risques et Aménagement Foncier (SDRAF) .....	14
2.4. Le Service Ouvrages, Littoral et Seine (SOLS) .....	14
3. Objectif du Travail de Fin d'Étude .....	15
<b>Introduction</b> .....	<b>20</b>
<b>1. Méthodologie de travail</b> .....	<b>22</b>
1.1. Les attentes de l'étude .....	22
1.2. Identification et organisation des objectifs .....	22
1.2.1. Bibliographie .....	22
1.2.2. Rencontres territoriales et entretien .....	22
1.2.3. Choix d'une modélisation du risque Submersion Marine .....	23
<b>2. État des lieux des phénomènes hydrauliques du littoral seino-marin</b> .....	<b>24</b>
2.1. Dynamique et risques côtiers de la Seine-Maritime .....	25
2.1.1. Définition des aléas côtiers .....	25
2.1.2. Les forçages météo-océaniques de la submersion marine .....	25
2.1.3. Les différents types de submersion .....	29
2.1.3.1. La submersion par débordement .....	29
2.1.3.2. La submersion par franchissement .....	29
2.1.3.3. La submersion par rupture .....	29

2.2.	La dynamique hydro sédimentaire du littoral.....	30
2.2.1.	Caractéristique morphologique .....	30
2.2.2.	Hydrodynamique littorale et transport sédimentaire.....	31
2.2.3.	L'érosion côtière.....	32
2.2.4.	Vers une gestion intégrée du trait de côte.....	33
2.3.	Les ouvrages hydrauliques sur les côtes seino-marines.....	33
2.3.1.	Les ouvrages hydrauliques classés selon le décret digue 2007.....	33
2.3.1.1.	Étretat.....	34
2.3.1.2.	Veulettes-sur-Mer / Paluel .....	35
2.3.1.3.	Saint-Aubin-sur-Mer .....	36
2.3.1.4.	Quiberville / Sainte-Marguerite-sur-Mer .....	37
2.3.1.5.	Pourville-sur-Mer.....	38
2.3.1.6.	Criel-sur-Mer .....	39
2.3.2.	L'évolution des ouvrages départementaux suite à la GEMAPI .....	40
<b>3.</b>	<b>Modélisation du risque submersion marine sur Fécamp.....</b>	<b>41</b>
3.1.	Présentation du site de l'étude .....	41
3.1.1.	Enquête Gestion et Culture du Risque sur Fécamp.....	41
3.1.1.1.	Gestion du risque .....	42
3.1.1.2.	Culture du Risque .....	42
3.1.2.	Historique des tempêtes .....	42
3.1.3.	Données collectées.....	42
3.1.4.	Analyse des PPRN .....	43
3.2.	Étude des tempêtes extrêmes.....	44
3.2.1.	Analyse statistique des niveaux d'eau extrêmes .....	44
3.2.2.	Définition des scénarii retenus.....	47
3.2.2.1.	Scénario de référence .....	47
3.2.2.2.	Scénario centennal .....	48
3.3.	Construction du modèle.....	48
3.3.1.	Choix du logiciel de modélisation.....	48
3.3.2.	Construction du maillage sous Blue Kenue .....	49
3.3.2.1.	Préparation des données sous ArcMAP (ArGIS).....	50
3.3.2.2.	Réalisation du maillage.....	51
3.3.3.	Modélisation sous Telemac - 2D .....	54
3.3.4.	Cartographies avec ArcMAP .....	55

3.4.	Résultats sur Fécamp.....	55
3.4.1.	Simulation de l'aléa marin de référence .....	55
3.4.2.	Simulation de l'aléa marin centennal.....	57
3.4.3.	Limites et incertitudes des résultats .....	59
3.4.3.1.	Analyse statistique des évènements extrêmes .....	59
3.4.3.2.	Modèles numériques de terrain.....	59
3.4.3.3.	Limite de la modélisation hydraulique de l'étude.....	59
3.4.4.	Analyse critique de l'utilisation du logiciel de modélisation TELEMAC-2D.....	60
<b>4.</b>	<b>Détermination du périmètre d'action du futur établissement .....</b>	<b>61</b>
4.1.	Définition de la future structure de gouvernance du littoral.....	61
4.1.1.	Les acteurs du littoral .....	61
4.1.2.	Les compétences et actions de la future structure .....	63
4.2.	Proposition d'un périmètre d'action latéral de la structure littorale .....	63
4.2.1.	Présentation de la méthodologie pour le tracé du périmètre .....	63
4.2.2.	Périmètre d'action de la structure littorale.....	64
<b>Conclusion</b>	.....	<b>65</b>
<b>Bibliographie</b>	.....	<b>67</b>
<b>Table des annexes</b>	.....	<b>71</b>

## Introduction

La compétence GEMAPI a été instaurée en 2014 suite à la promulgation de la loi de Modernisation de l'Action Publique et d’Affirmation des Métropoles (MAPTAM). Elle répond à un besoin précis de replacer les réflexions sur l'aménagement du territoire à une échelle de gestion adaptée. Elle définit les communes et les établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) à fiscalité propre comme seules autorités responsables de la GEMAPI au 1er janvier 2018. Les collectivités qui le souhaitent peuvent décider dès maintenant d'anticiper la prise de compétence ou au plus tard d'ici le 1<sup>er</sup> Janvier 2020.

Les missions relevant de la compétence GEMAPI couvrent quatre champs d'intervention définis au 1°, 2°, 5°, 8° du I de l'article L. 211-7 du code de l'environnement.

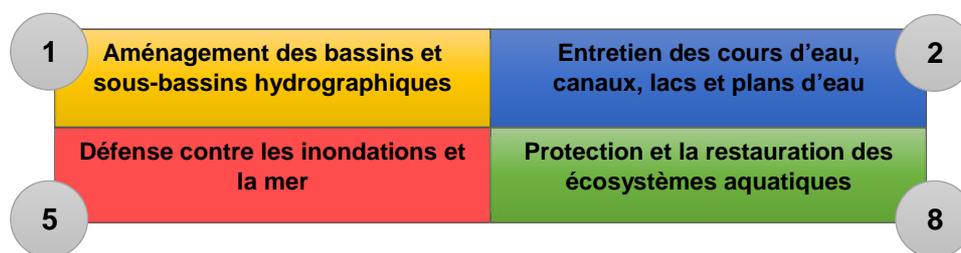


Figure 3 : Missions relevant de la compétence GEMAPI

Par ailleurs, cette réforme implique également une **solidarité territoriale** car elle incite au regroupement des communes ou des EPCI à fiscalité propre au sein de structures dédiées. Les collectivités de la Seine-Maritime s'impliquaient déjà fortement dans la Gestion des milieux aquatiques et la Prévention des inondations avant l'instauration de cette nouvelle compétence. Cette solidarité s'exerçait au travers des Syndicats de Bassins Versant mais également avec l'action du Département de la Seine-Maritime qui gère l'ensemble des ouvrages de défense contre la mer sur le littoral. De plus, au 1<sup>er</sup> Janvier 2020, le SOLS perdra la gestion et la maîtrise de tous les ouvrages classés sur la Seine et le littoral.

Cependant, la **Loi Fesneau du 30 Décembre 2017** a amendé la Loi MAPTAM et prévoit que les Départements historiquement impliqués dans la thématique GEMAPI, comme le Département de la Seine-Maritime peuvent toutefois poursuivre leurs interventions en collaborant avec les communes et EPCI à fiscalité propre.

En Seine-Maritime, le Département est actuellement le seul gestionnaire de l'ensemble des 200 ouvrages de défense contre la mer, qui contribuent à la protection contre la submersion marine (35% des ouvrages) et/ou à la gestion du trait de côte (65 % des ouvrages). La GEMAPI a eu pour effet de morceler les compétences sur l'ensemble du littoral, qui seront désormais assurées par les communautés de communes.

Le 17 janvier dernier s'est tenu un séminaire important auquel l'ensemble des élus et des acteurs locaux de la Seine-Maritime ont participé. Au cours de ce séminaire, l'opportunité et la nécessité de créer une **structure unique de gouvernance du littoral**, souhaitée par Monsieur Pascal MARTIN, Président du Conseil Départemental et Madame Fabienne BUCCIO, Préfète de la Seine-Maritime.

Le Département et la Préfecture de Seine-Maritime ont voulu proposer aux élus et acteurs locaux une réflexion autour d'une organisation commune, associant l'ensemble des acteurs concernés par la

GEMAPI et par la gestion du trait de côte. De plus, les échanges établis lors de cette réunion ont convergé sur la pertinence d'une organisation collective et concertée, agissant sur l'ensemble de la façade littorale et disposant de moyens adaptés, mutualisés et coordonnés dès l'année 2019.

Cette étude a donc débuté en Septembre 2018 et elle a pour objectifs de :

- ❖ Formuler des **propositions de gouvernance**
  - Étude spécifique des conditions et des modalités de gouvernance de la structure pour identifier ses missions, son périmètre d'action, ses clés de financement, ... ;
- ❖ **Accompagner le territoire** dans la création de la structure tenant compte du contexte littoral ;
- ❖ **Intégrer une vision à moyen terme** des travaux et des études à réaliser.

Des **rencontres territoriales** avec les acteurs locaux ont été organisées entre mars et avril dernier auxquelles j'ai assisté pour échanger sur les projets et les attentes de l'ensemble des acteurs. Elles ont permis d'identifier et d'élaborer les besoins de la future structure qui ont été transcrits dans le cahier des charges de l'étude.

Cette étude de gouvernance littorale est actuellement menée par le groupement LANDOT & associés / Challenge Publics / SETEC HYDRATEC qui ont respectivement un rôle d'expertise juridique, financière et technique.

En appui à ce projet, j'ai été missionné pour réaliser une **étude technique interne** au SOLS. Mon projet de **Travail de Fin d'Étude** a pour ambition d'**améliorer l'état des connaissances des phénomènes hydrauliques** sur la frange littorale et d'**orienter les priorités** de la future structure de gouvernance en définissant son périmètre d'action. Mon travail doit être par la suite repris par le groupement pour l'étude principale.

Pour mener à bien mon projet, j'ai commencé par définir tout d'abord une méthodologie de travail intégrant une vision à long terme des objectifs à accomplir. Puis, j'ai réalisé un état des lieux des phénomènes hydrauliques sur la frange littorale en présentant le contexte hydro sédimentaire dans lequel la future structure travaillera. Ensuite, j'ai mené une étude maritime afin de construire un modèle hydraulique et modéliser des scénarii de tempête extrêmes dont j'ai estimé les limites et les incertitudes. Enfin, les résultats obtenus m'ont permis d'aboutir à la définition d'un périmètre d'action de la structure.

## 1. Méthodologie de travail

---

### 1.1. Les attentes de l'étude

Une des attentes au niveau de l'étude technique réside dans la définition du périmètre d'action de la future structure de gouvernance littorale. Le périmètre longitudinal est connu. Il correspond à minima à l'intégralité de la frange littorale du Havre au Tréport tout en prenant en compte la limite de la cellule hydrosédimentaire Picarde et celle des communautés de communes, nouvelles autorités compétentes de la GEMAPI. Après une discussion en interne (SOLS) et suites aux rencontres territoriales, il a été décidé d'estimer le territoire soumis à l'influence maritime comme périmètre latéral. Pour cela, une première étape préliminaire de bibliographie a été effectuée.

### 1.2. Identification et organisation des objectifs

#### 1.2.1. Bibliographie

Ma première mission a été de réaliser un travail de recherche sur les phénomènes hydrauliques sur le littoral de la Seine-Maritime. Cet état des lieux a été nécessaire pour comprendre l'origine de l'influence maritime et de saisir l'impact de ces phénomènes en terme d'aléa, de vulnérabilité du territoire, de gestion du trait de côte et par conséquent de gestion du risque.

#### 1.2.2. Rencontres territoriales et entretien

En parallèle, des **rencontres territoriales** ont lieu entre Avril et Mai 2018 avec les élus locaux et le Département de la Seine-Maritime. Ces réunions ont permis :

- ❖ D'échanger directement avec les acteurs sur leurs projets de territoire et leurs attentes sur les missions de la future structure ;
- ❖ D'identifier les nouveaux enjeux liés au littoral de la côte d'Albâtre qui pourraient fédérer l'ensemble des acteurs en vue d'un portage par la future structure ;
- ❖ De traduire dans le projet d'étude de gouvernance, les besoins et contraintes des différents acteurs en matière de compétences, de mode de fonctionnement et d'organisation, de calendrier, ... ;
- ❖ De finaliser la rédaction du Cahier des Clauses Particulières (CCP) de l'étude.

Le compte de rendu de ces réunions est disponible en **annexe 1**.

Lors de la phase 1 du TFE de définition de l'état des lieux des phénomènes hydrauliques du littoral seino-marin, une rencontre a été organisée entre le Département de la Seine-Maritime et le Syndicat Baie de Somme et Grand Littoral Picard. Au cours de cet entretien, Messieurs **Florian BOUTHORS**, directeur du Service Aménagement et **Renaud WANECQUE**, chargé de mission PAPI ont exposé le contexte historique de leur territoire, de la création aux évolutions du Syndicat. Il m'a été transmis des synthèses de l'étude hydraulique du risque submersion marine menée par le bureau d'études ARTELIA en 2014, ayant servi à définir le périmètre d'action de leur structure. Ces documents m'ont été utiles dans la réalisation de mon projet.

### 1.2.3. Choix d'une modélisation du risque Submersion Marine

Après ces échanges, il a été retenu par le SOLS qu'une modélisation du risque Submersion Marine serait réalisée sur un secteur du littoral. Après analyses des différents Plans Prévisionnels des Risques Naturels (PPRN) du littoral et de la discussion eue avec Madame Mélissa DELAVIE, Direction Départementale des Territoires et de la Mer de la Seine-Maritime (DDTM76), la basse vallée de Fécamp a été retenue comme site d'étude. En effet, le PPRN de Fécamp, pour le risque inondation par submersion marine, se base sur une projection des plus hauts niveaux marins sur la côte induisant de fortes incertitudes sur les résultats.

Le planning prévisionnel de ces tâches est en **annexe 2**.

## 2. État des lieux des phénomènes hydrauliques du littoral seino-marin

Le **réchauffement climatique** est sans équivoque et **les accords de Paris sur le climat** signés lors de la COP 21 témoignent d'une volonté de contenir l'élévation de la température moyenne de la planète en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels. Des changements sans précédent comme l'augmentation des températures atmosphériques et océaniques, la diminution de la couverture neigeuse et glacière ont ainsi contribué à l'élévation du niveau marin. Le GIEC (2014) a estimé qu'entre 1901 et 2010, le niveau moyen des mers à l'échelle du globe s'est élevé de 0,19 m [0,17 à 0,21] et il prévoit selon les projections une **augmentation du niveau marin de 0,63 m** [0,45 à 0,82] pour le scénario extrême RCP8,5 (degré de confiance moyen) entre 2081 et 2100.

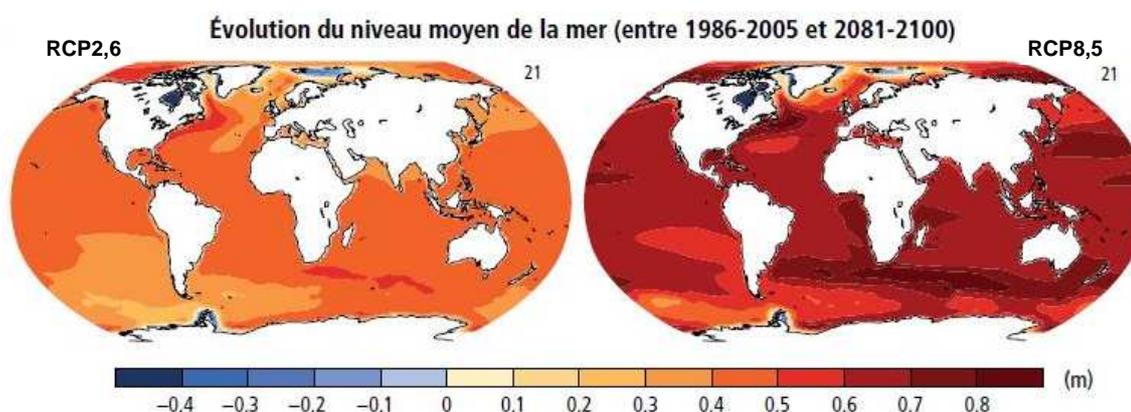


Figure 4 : Variation du niveau moyen marin pour les périodes 1986-2005 et 2081-2100 – GIEC (2014)

*Remarque : Le profil représentatif d'évolution de concentration (RCP) (Representative Concentration Pathway) est un scénario comprenant les séries chronologiques des émissions et des concentrations de l'ensemble des gaz à effet de serre (GES) et aérosols et de gaz chimiquement actifs, ainsi que l'utilisation des terres et de la couverture terrestre (Moss et al., 2008). Le scénario RCP8,5 est un profil haut dans lequel le forçage radiatif est de 8,5 W m<sup>-2</sup>. Le forçage radiatif correspond à la variation du flux énergétique causée par un facteur, il s'exprime en watts par mètre carré (W m<sup>-2</sup>).*

Au changement climatique s'ajoutent des **pressions anthropiques**. En effet, le développement des espaces littoraux et sublittoraux en termes de démographie, d'urbanisation ou encore d'activités économiques ont considérablement augmenté les enjeux. En 2008, la densité moyenne de population des communes littorales du département de la Seine-Maritime est de 620 habitants par km<sup>2</sup> (ROLNP, 2013). Même si la densité de population des communes littorales dans l'ancienne région « Haute-Normandie » tend à se réduire (en 1994 : 644 hab.km<sup>-2</sup>, en 2010 : 606 hab.km<sup>-2</sup> – INSEE, ONML) avec une baisse de 5,9 %, le littoral normand reste l'un des plus denses de France. Les enjeux restent donc forts tant au niveau humain que matériel.

De plus, la **dynamique côtière** actuelle confronte d'une part le développement socio-économique du littoral avec notamment des enjeux humains de plus en plus présents près du bord de mer. À l'évolution du trait de côte, qui recule vers l'intérieur des terres (Hellequin et al., 2013) d'autre part. Ainsi, cette dynamique est difficilement compatible avec les impératifs de prévention de risques fixés aux autorités compétentes par la GEMAPI.

## 2.1. Dynamique et risques côtiers de la Seine-Maritime

La côte d'Albâtre, longue de 130 km, constitue la quasi-totalité du littoral seino-marin auquel s'ajoute un linéaire de 25 km entre Dieppe et Le Tréport. Bordé par la Manche orientale au nord, le domaine côtier de la Seine-Maritime présente des caractéristiques morpho structurales variées avec notamment ses falaises de craies de 70 m d'altitude en moyenne, ses valleuses (vallées suspendues), ses vallées drainées ou encore ses baies et estuaires (Augris, 2004).



Figure 5 : Valleuse du Tilleul (CD76)



Figure 7 : Vallée drainée d'Étretat (Julien Ferrage)



Figure 6 : Le Havre, estuaire de la Seine (P. Boulén)

### 2.1.1. Définition des aléas côtiers

L'aléa **submersion marine** désigne une inondation temporaire de la zone côtière par la mer lors d'événements météorologiques et marégraphiques sévères. Ce phénomène s'explique par une élévation extrême du niveau marin qui a une cote supérieure à l'altimétrie des basses vallées côtières. L'origine de cette élévation est due à la combinaison de divers facteurs tels que la marée, les surcotes, la houle ou encore la variation lente du niveau marin (ou eustatisme).

L'aléa recul du trait de côte correspond à l'érosion des falaises du littoral et à l'élargissement corrélatif du platier rocheux à leurs bases. Le littoral de la Seine-Maritime est un système hydro-sédimentaire dynamique qui fluctue selon le transit sédimentaire. Le déplacement des sédiments est produit par l'action latérale des houles, des courants et du vent, on parle alors de dérive littorale ; par l'érosion des falaises à l'arrière de la plage et entre le large et la côte (Augris, 2004).

### 2.1.2. Les forçages météo-océaniques de la submersion marine

#### 2.1.2.1. La marée

La notion de marée fait référence aux variations prédites du niveau d'eau marin. Elle comprend la marée astronomique et la marée dite « radiationnelle ». Cette dernière est difficilement perceptible car elle est cachée par la marée astronomique.

De plus, la mer monte (flux ou flot) et descend (reflux ou jusant) une fois en 12h 25 min environ en raison de la rotation de la Terre. On appelle l'étale la période d'une courte durée (quelques minutes) où la mer ne semble ni monter ni descendre.

#### La marée astronomique :

La marée astronomique est une variation régulière et quasi-périodique du niveau de la mer qui s'explique par l'influence gravitationnelle de la lune et du soleil sur la Terre. En effet, les prédictions des marées se font par l'étude du mouvement des astres qui peuvent être calculés avec précision sur des centaines, voire des milliers d'années (Simon, 2007).

## La marée « radiationnelle » :

On distingue la marée radiationnelle par l'action thermique du rayonnement solaire sur l'atmosphère et les océans (dont les mers). Les alternances cycliques entre le jour et la nuit ont des effets sur les eaux de surfaces marines qui se dilatent. Ce sont les phases de réchauffement ou de refroidissement des eaux qui influent sur le niveau d'eau marin.

Par ailleurs, la marée radiationnelle est très faible devant la marée astronomique.

## Type et marnage de la Manche :

Selon sa localisation, la marée peut avoir un type et un marnage différent. Le marnage correspond à la différence de hauteur entre la pleine mer (PM) et la basse mer (BM).

Pour le littoral seino-marin, la marée de la Manche est de type semi-diurne. La courbe de marée ci-dessous, figure 8, est issue d'une prédiction sur 24 heures de la marée à Fécamp du SHOM. Le graphique révèle quatre extremums : Les deux minimums de la courbe représentent la basse mer (BM) et les deux maximums sont la pleine mer (PM).

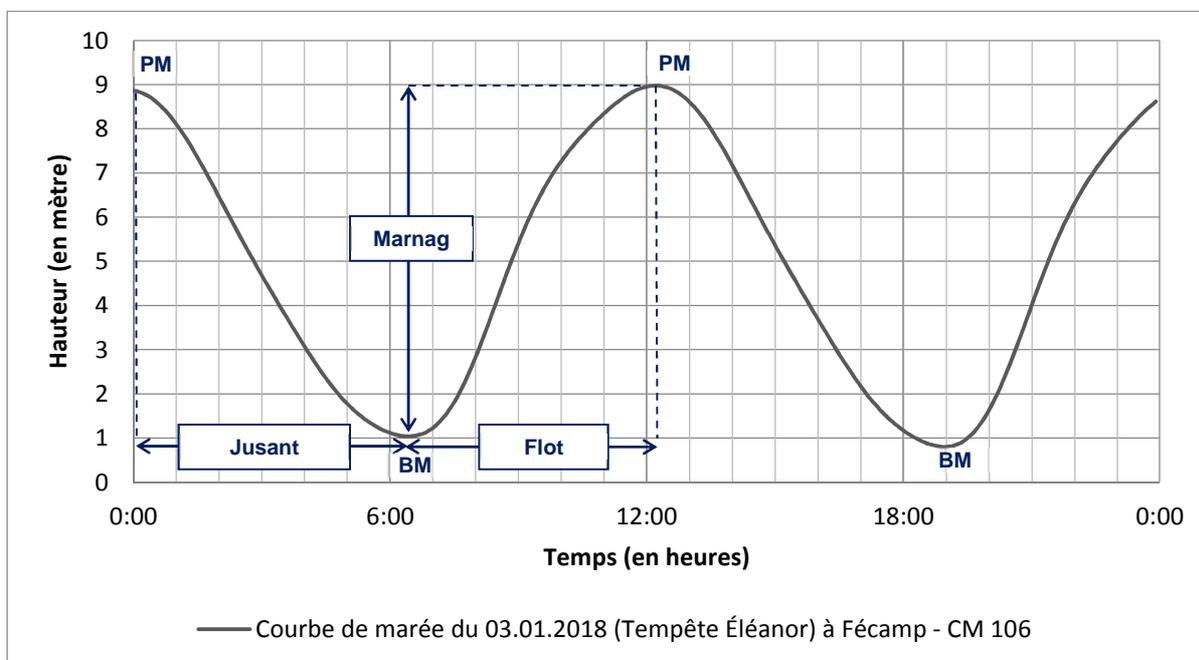


Figure 8 : Courbe de marée de type semi-diurne, prédiction sur 24h à Fécamp (Manche) lors du passage de la tempête Eleanor (3.01.2018) (Julien Ferrage) – Données du marégraphe de Fécamp (SHOM)

Les hauteurs sont indiquées selon un niveau de référence qui est généralement le « zéro hydrographique ».

La durée de lunaison, proche de 30 jours, influence grandement le marnage. Des coefficients de marée (CM) catégorisent ces variations du marnage. Ils sont compris entre 20 et 120 et ils expriment l'amplitude de la marée.

- ❖ De 20 à 70, les marées sont dites de Mortes Eaux (ME). Ces coefficients sont présents lors des périodes de « dernier quartier » et de « premier quartier » ;

- ❖ De 70 à 120, les marées sont dites de Vives Eaux (VE). Ces coefficients de marées apparaissent lors des périodes de « pleine Lune » et de « nouvelle Lune ».

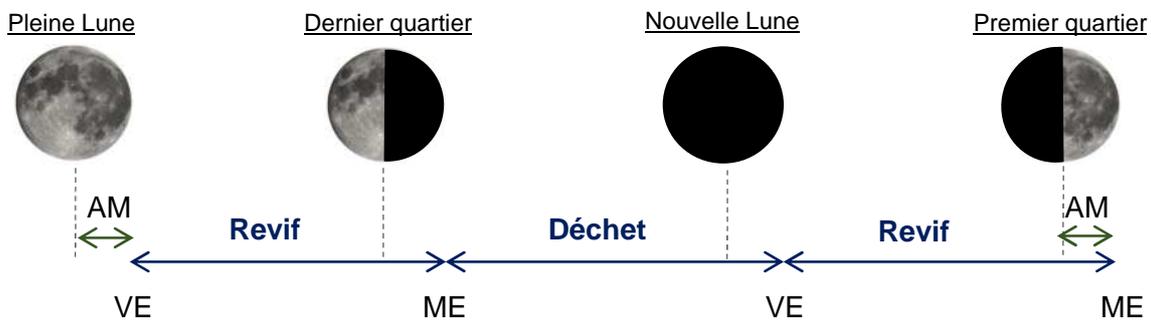


Figure 9 : Influence de la lunaison sur le marnage (Schéma Julien Ferrage)

Le « revif » correspond à une phase d'augmentation du marnage (entre VE et ME) alors que le « déchet » est une phase de diminution (entre ME et VE) (Simon, 2007).

L'intervalle de temps entre une des phases de la Lune et l'extremum du marnage qui la suit est appelé « Âge de la marée », noté AM dans le schéma de la figure 9 ci-dessus.

#### 2.1.2.2. Les surcotes et décotes :

Les surcotes ou décotes correspondent à la différence entre le niveau marin observé et le niveau marin théorique soumis seulement à la marée astronomique. Une différence positive est appelée surcote tandis qu'une négative est appelée décote.

##### La surcote atmosphérique :

Des écarts de la pression atmosphérique par rapport à sa pression standard (1013 hPa) peuvent entraîner une variation de niveau de marée. En effet, les basses pressions (dépression) provoquent une élévation du niveau d'eau (surcotes) alors que des hautes pressions (anticyclone) entraînent un abaissement du niveau d'eau (décotes). La réaction du niveau marin à l'influence de la pression atmosphérique est qualifiée de « baromètre inversé » par le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM). C'est-à-dire qu'il y a une adaptation du niveau de la mer au « poids » de l'atmosphère.

##### La surcote générée par le vent :

L'effet du vent peut amplifier les phénomènes de surcote ou de décote. Lorsque le vent pousse les eaux surfaciques vers le large, il entraîne une baisse du niveau d'eau près des côtes et on parle alors de vent de reflux. À l'inverse, lorsque le vent amène les eaux surfaciques sur les côtes, il augmente le niveau d'eau côtier et on a un vent d'afflux. De plus, il s'associe régulièrement à la pression atmosphérique.

##### La houle, surcote liée aux vagues

La caractéristique du climat littoral est d'avoir des vents fréquents et violents. À terme, ils constituent un critère météorologique non négligeable car ils génèrent les houles. Les houles sont les principales responsables de l'érosion et du transport sédimentaire.

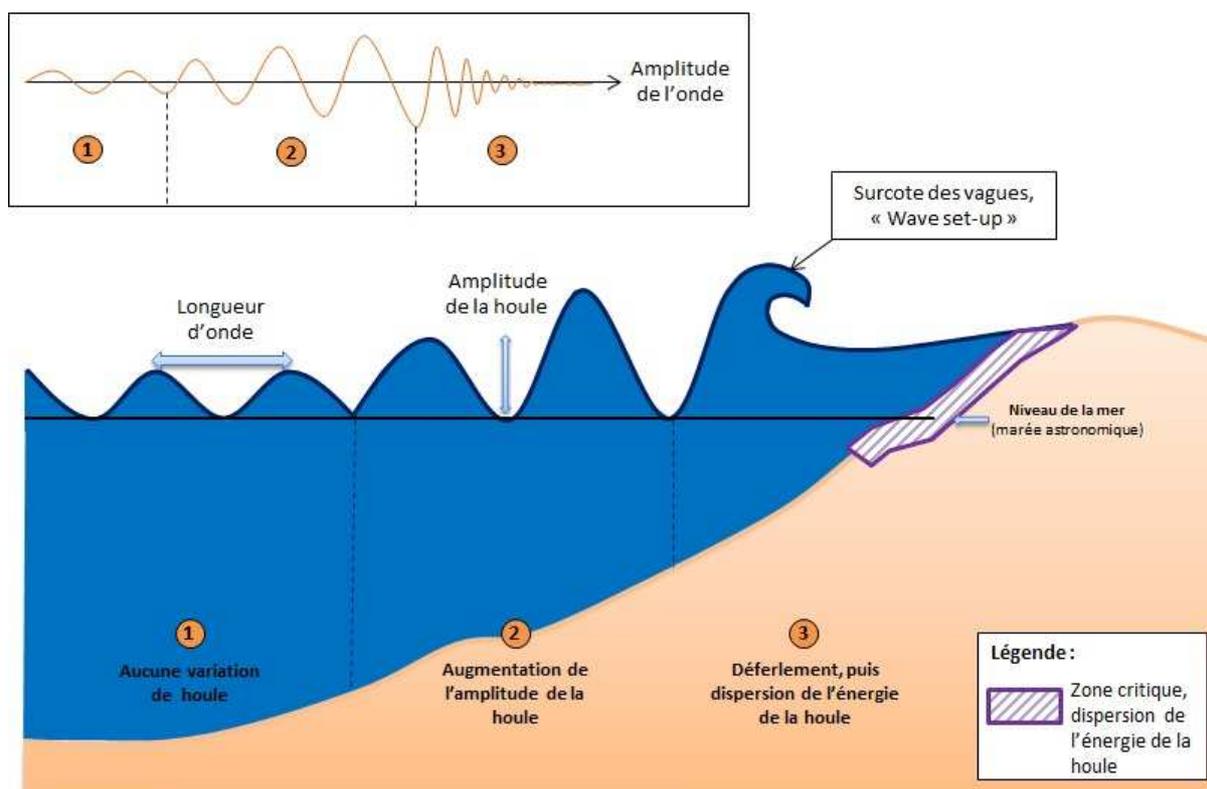


Figure 10 : Schéma de la surcote liée aux vagues, "wave set-up" (Source : Julien Ferrage)

La figure 10 ci-dessus illustre les surcotes générées par le **déferlement des vagues** ou « **wave set-up** » sur la côte.

Le premier point (1) présente la situation « normale ». Le dénivelé du fond de la mer restant quasi-inchangé, il n'y a pas de variation de houle et les paramètres (longueur d'onde et amplitude de la houle) sont réguliers.

Ensuite au second point (2), la bathymétrie de la mer change. La diminution de la profondeur du fond marin entraîne une augmentation de l'amplitude des vagues propagées. Le CETMEF désigne « phénomène de levage » cette augmentation de la quantité de mouvement des vagues qui s'accompagne d'une diminution de la longueur d'onde de la houle. L'illustration dans le coin haut à gauche de la figure 10 montre la variation de l'amplitude de l'onde en fonction de la diminution de la profondeur du fond marin (exemple donné uniquement à titre indicatif).

On obtient ainsi une augmentation de plus en plus forte de la cambrure des vagues jusqu'à un point limite. En effet, la cambrure devient trop importante pour la profondeur du fond marin, ce qui a pour conséquence le déferlement des vagues. Le troisième point (3) illustre ce cas.

Le déferlement des vagues se décompose en deux parties : le « wave set-down » et le « wave set-up ». Le wave set-down correspond à cette phase de levage qui entraîne une diminution du niveau d'eau. Ce dernier augmente en même temps que la hauteur des vagues jusqu'à un maximum qui est le point de déferlement des vagues. Le wave set-up est l'étape qui vient juste après le déferlement et qui provoque une surélévation du niveau d'eau par rapport à une situation où les vagues sont absentes.

Enfin, la profondeur du fond marin devient si réduite que les vagues voient leur amplitude se réduire fortement. Cette situation est représentée sur le schéma par la zone critique où on observe une dispersion de l'énergie de houle.

## 2.1.3. Les différents types de submersion

Lors de tempêtes et selon la concomitance de différents forçages météo-océaniques, les littoraux peuvent être soumis à trois grands types de submersion.

### 2.1.3.1. La submersion par débordement

Une inondation par débordement se produit lorsque le niveau d'eau est supérieur à la côte arase du sommet d'un cordon naturel de galets pour le littoral Seino-Marin ou d'un système d'endiguement (digue, perré, ...) par exemple.

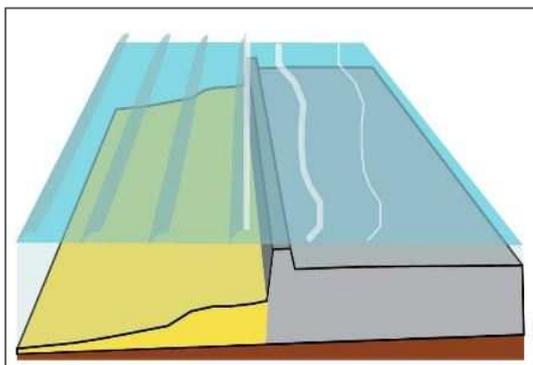


Figure 11 : Schéma d'une submersion marine par débordement (Source : Cariolet, 2011)



Figure 12 : Submersion marine par débordement à St. Valéry-en-Caux suite à la tempête Éléonor (Source : CD76, Janvier 2018)

### 2.1.3.2. La submersion par franchissement

Ce cas de submersion se réalise lorsque les vagues franchissent le cordon naturel ou le système d'endiguement prévu. L'inondation des terres en arrière est uniquement possible par l'élévation du jet de rive qui est supérieur à la côte du cordon naturel ou de l'ouvrage de protection. Cet aléa est fortement soumis à l'influence du vent qui lors d'un vent de reflux agit sur les projections d'eau ou « paquets de mer ».

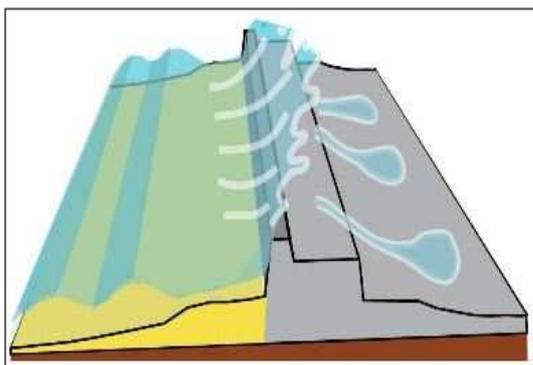


Figure 13 : Schéma d'une submersion marine par franchissement (Source : Cariolet, 2011)



Figure 14 : Submersion marine par franchissement du système d'endiguement de Veulettes-sur-Mer lors de la tempête Éléonor (Source : CD76, Janvier 2018)

### 2.1.3.3. La submersion par rupture

En cas de fortes tempêtes, l'agression d'un cordon naturel ou encore d'un système d'endiguement par les projections des vagues peut entraîner une brèche dans l'ouvrage hydraulique. À terme, la pérennité du cordon ou de l'ouvrage est menacée et peut provoquer sa rupture totale. C'est une

submersion par débordement avec variation de la côte du terrain naturel (TN) due à une brèche ou un arasement de l'ouvrage.

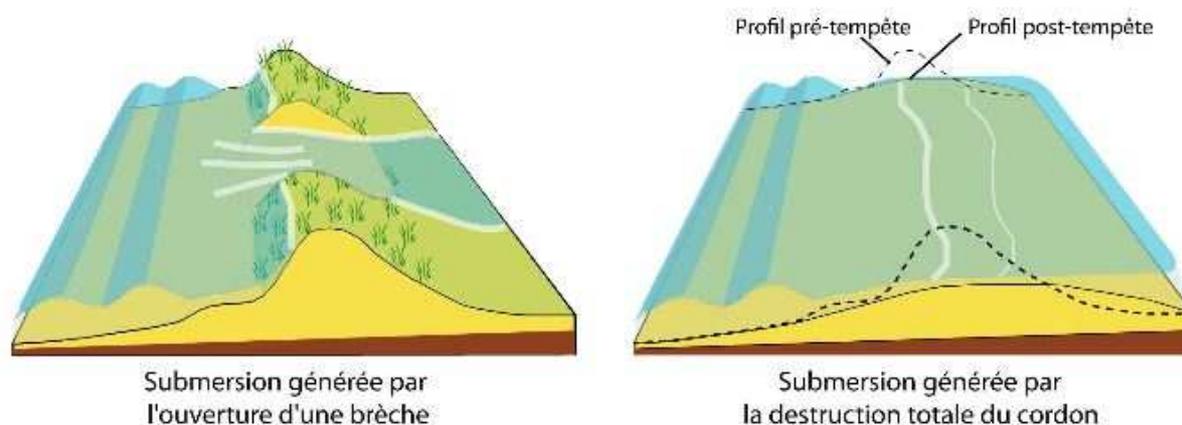


Figure 15 : Schéma d'une submersion par brèche puis rupture totale d'un cordon dunaire (Source : Cariolet, 2011)



Figure 16 : Rupture de la digue de Quiberville-sur-Mer (Source : CD76, 1978)

## 2.2. La dynamique hydro sédimentaire du littoral

### 2.2.1. Caractéristique morphologique

Le littoral de la Seine-Maritime est reconnaissable à ses hautes falaises sculptées par l'érosion côtière et à ses basses vallées caractéristiques du territoire normand. La caractéristique morphologique de ce territoire est soumise à trois influences :

- ❖ **Continental** : Le type et la résistance des roches face aux facteurs d'érosion varient en fonction de la structure géologique étudiée ;
- ❖ **Marine** : Les variations du niveau moyen de la mer ainsi que les processus hydrodynamiques (marée, houle) influent sur l'érosion ;
- ❖ **Atmosphérique** : L'altération atmosphérique des roches ou météorisation fait intervenir des agents subaériens comme le vent, la température ou encore l'eau sous toutes ses formes. Ces agents sont également responsables de la mobilité des sédiments sur le littoral.

L'identification du type de côte de la Seine-Maritime a été réalisée à partir de l'ouvrage *Gestion du trait de côte* du Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de la Mer (Éditions Quae). L'étude est faite en fonction de la structure géologique distinguant les côtes rocheuses (dites d'ablation) et des côtes d'accumulation de sédiments.

Le littoral est ainsi constitué de **côtes rocheuses** avec des **falaises dites à plate-forme d'érosion**.

L'**encoche de sapement** ou sous-cavage est le résultat des forces mécaniques des vagues qui peuvent être associées à la projection de galets mais également de manière plus restreinte à des processus de bio-érosion ou d'altération chimique.

Le recul du versant d'une falaise se fait par **éboulissement**. En reculant, une plate-forme d'érosion marine ou platier rocheux se forme.



Figure 17 : Falaises à plate-forme d'érosion, encoche de sapement, Étretat, 1995 (© Stéphane Costa)

## 2.2.2. Hydrodynamique littorale et transport sédimentaire

Un mouvement de sédiments se produit lorsque les forces hydrodynamiques (houle, courants de marée) et éolienne (vent) sont supérieures aux forces stabilisatrices. Ce déplacement peut se produire par **charriage** (glissement, saltation ou roulement) ou par mise en **suspension** des matériaux.

Les plages de la Seine-Maritime disposent d'une couverture en galets plus ou moins épaisse qui est soumise au transport sédimentaire. La présence de ces galets sur les plages constitue une protection naturelle contre le déferlement des vagues lors de tempêtes. En effet, ils permettent de dissiper l'énergie mécanique des courants de marée et ainsi de minimiser leurs impacts.

Dans le domaine maritime, deux types de transport se produisent :

- Le **transport longitudinal** ou dérive littorale correspond au déplacement des sédiments dans le sens de propagation de la houle oblique. Ce phénomène agit directement sur des volumes sédimentaires considérables.
- Le **transport transversal** correspond à l'évolution du profil des plages soit par un abaissement soit par un relèvement. Les tempêtes ont un effet destructeur sur la plage car les vagues charrient les sédiments vers le bas de l'estran. A l'inverse en temps calme, les vagues vont ramener les sédiments en haut de l'estran.

La figure ci-après, extraite de l'atlas numérique du Réseau d'Observatoire du Littoral Normand Picard (ROLNP), présente la direction du transit sédimentaire qui est représentée par des flèches bleues. La direction du transit sédimentaire du littoral seino-marin est Nord-Est. Les cellules ou unités hydrosédimentaires correspondent aux compartiments entre tirets de couleur rose qui constituent des limites fixes plus ou moins perméables au transit sédimentaire (jetées portuaires, estuaires, etc.).

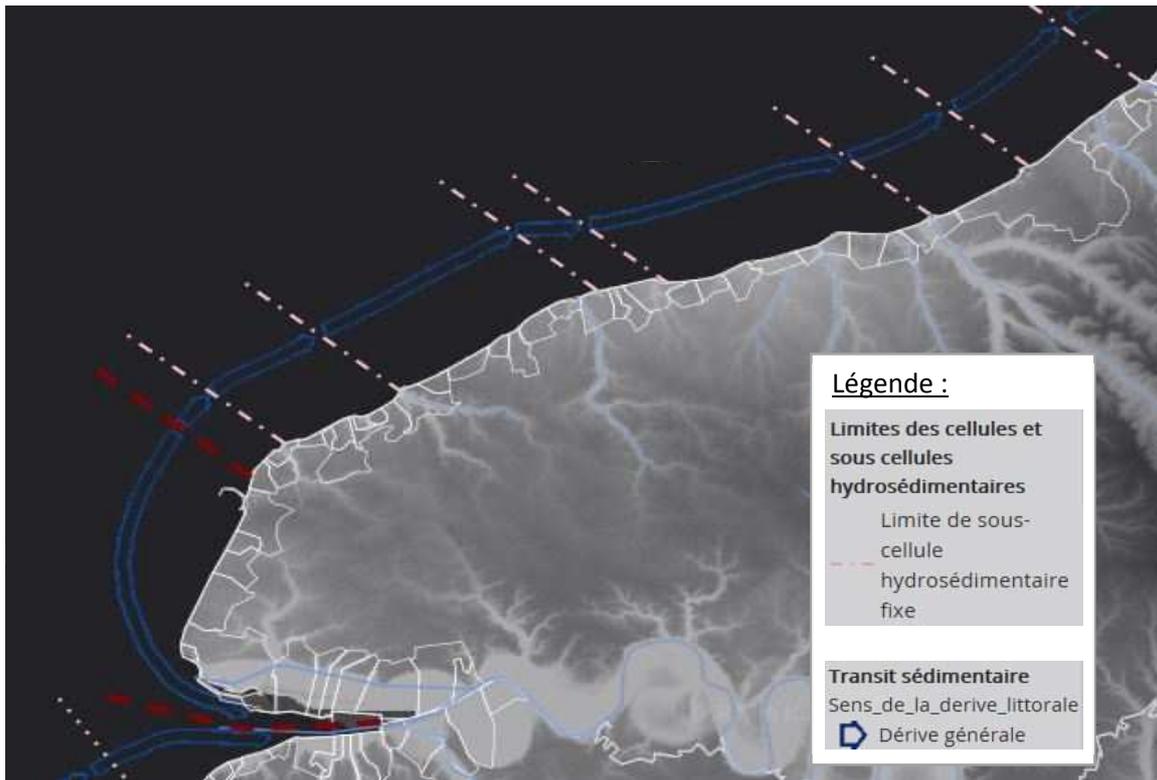


Figure 18 : Dynamique littorale de la Seine-Maritime (source : ROLNP)

### 2.2.3. L'érosion côtière

L'érosion côtière se traduit par un affrontement entre la mer et la terre. Les marques de cette dynamique côtière sont identifiables par un constat sur le terrain qui consiste à estimer le recul ou l'avancée du trait de côte. Ce travail est possible en comparant à différentes dates la position et le profil du littoral.

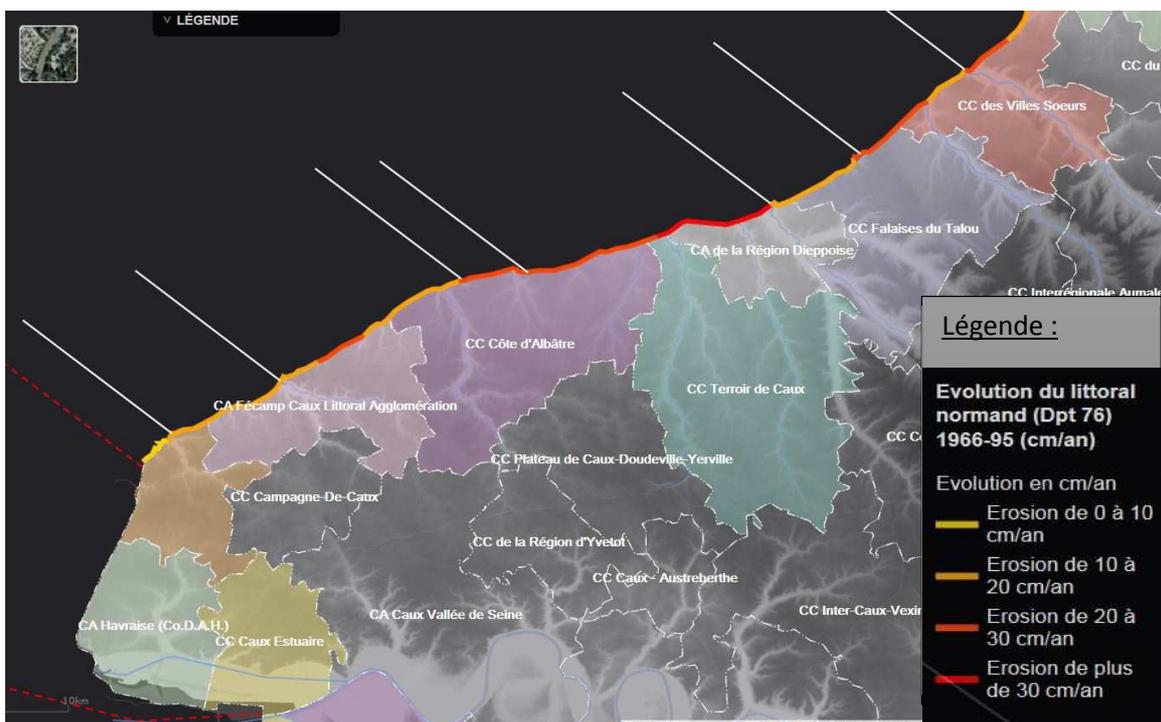


Figure 19 : Évolution du trait de côte de la Seine-Maritime (source : ROLNP)

La carte de l'évolution du trait de côte ci-dessus identifie une érosion comprise entre 10 et 20 cm/an au niveau du secteur de Fécamp. L'érosion du littoral de la Seine-Maritime est comprise en moyenne entre 0 et 30 cm/an à l'exception du territoire de la Communauté d'Agglomération de la Région Dieppoise qui a une érosion supérieure à 30 cm/an.

L'état des lieux de l'évolution du trait de côte sur l'ensemble du littoral français (et donc le littoral normand), est issu de l'étude du CEREMA produite à la demande du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (aujourd'hui Ministère de la Transition écologique et solidaire).

#### **2.2.4. Vers une gestion intégrée du trait de côte**

La mobilité permanente de la frange côtière et la concentration des enjeux (humains, activité économiques) qui se sont accentués au cours du dernier siècle, ont conduit à une multiplication des risques sur le littoral.

Pendant longtemps, l'une des gestions consistait à fixer le trait de côte par des techniques « dures ». Cette méthode implante des ouvrages hydrauliques de type digues pour fixer le trait de côte sur un certain linéaire. Néanmoins, l'installation de ce type d'ouvrages et leur entretien représentent un coût important pour les maîtres d'ouvrages. Par ailleurs, la présence de ces ouvrages entraîne une modification de la dynamique littorale.

Conscient des limites de cette méthode, les acteurs locaux se tournent vers une gestion intégrée plus souple du littoral. Celle-ci permet de mutualiser les moyens des acteurs et d'établir une stratégie cohérente sur l'ensemble de son territoire. Un effort de solidarité est alors envisagé entre les secteurs directement touchés et ceux voisins.

### **2.3. Les ouvrages hydrauliques sur les côtes seino-marines**

Depuis 1920, le Département de la Seine-Maritime intervient sur son littoral. Il dispose d'ouvrages départementaux sur 27 plages et accès à la mer. Ces ouvrages hydrauliques et d'aménagement du littoral comprennent des épis, des perrés, des digues, des enrochements, des cales de mise à l'eau ou encore des escaliers d'accès. Ils sont exposés à un environnement agressif et à l'action répétée des marées, des embruns, des vagues et des galets. Ainsi, leurs revêtements présentent un état d'usure généralisée mais cohérent.

#### **2.3.1. Les ouvrages hydrauliques classés selon le décret digue 2007**

Le Département de la Seine-Maritime possède 6 systèmes d'endiguement classés le 25 juillet 2011 au titre du décret digue de 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques et faisant l'objet de prescriptions réglementaires obligatoires. Entre 2016 et 2017, une campagne de Visites Techniques Approfondies (VTA) a donc été faite par un cabinet d'études sur les ouvrages classés selon le dernier décret digues de 2015 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques. Ses conclusions sont résumées ci-après.

## 2.3.1.1. Étretat

Le **système de protection du front de mer d'Étretat** est classé **C** au sens du décret 2007-1735 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques.



Figure 20 : Vue du système de protection du front de mer d'Étretat (source : CD76)

Les ouvrages de protection sont de divers types sur ce secteur :

La **Digue Ouest** (PM0-130) est un ouvrage de protection du trait de côte. Des travaux récents ont été réalisés en partie haute (carapace de protection contre l'abrasion et aménagement en promenade) permettant de maintenir un état apparent satisfaisant.

Le **Perré** (PM 132-300) est constitué de maçonneries en partie haute, ancré par des tirants en béton armé (construction avant 1930) et d'une structure béton armé en partie basse (années 1970). L'ouvrage ne présente pas de désordres géométriques ni de fissuration/fracturation importante. En revanche, il a pu être observé une abrasion généralisée du revêtement.

La **Digue Est** (PM307-570) est un ouvrage de protection du trait de côte. La partie basse de l'ouvrage est de construction plus récente. Les principaux désordres sont des fissures verticales anciennes et a priori non évolutives.

Les **Épis** sont en maçonnerie de galets sur l'ensemble du linéaire.

- L'épi Ouest d'une longueur de 130 m, présente un bon état général et deux principaux désordres : abrasion des joints et une fissuration oblique au niveau de l'enracinement.
- L'épi Central : en cours de dislocation sous l'action de la houle et des galets.
- L'épi Est : l'ouvrage est en bon état, hormis une fissuration localisée et un faïençage du revêtement béton à l'enracinement, sans gravité.

### Observations :

Les ouvrages du front de mer d'Étretat sont des ouvrages anciens : une quarantaine d'années pour la digue Est et plus de 80 ans pour la digue Ouest et le perré. Leurs revêtements présentent un état d'usure généralisée, témoin d'un vieillissement normal pour ce type d'ouvrage.

Le matériau béton présente un aspect globalement satisfaisant compte tenu de son âge, avec quelques signes de réactions chimiques internes.

Il n'a pas été observé de défauts structurels graves et d'une manière générale, les ouvrages apparaissent dans un état correct et présentent un comportement satisfaisant, hormis l'épi central.

## 2.3.1.2. Veulettes-sur-Mer / Paluel

Le **système de protection du front de mer de Veulettes-sur-Mer et de Paluel est classé C** au sens du décret 2007-1735 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques.

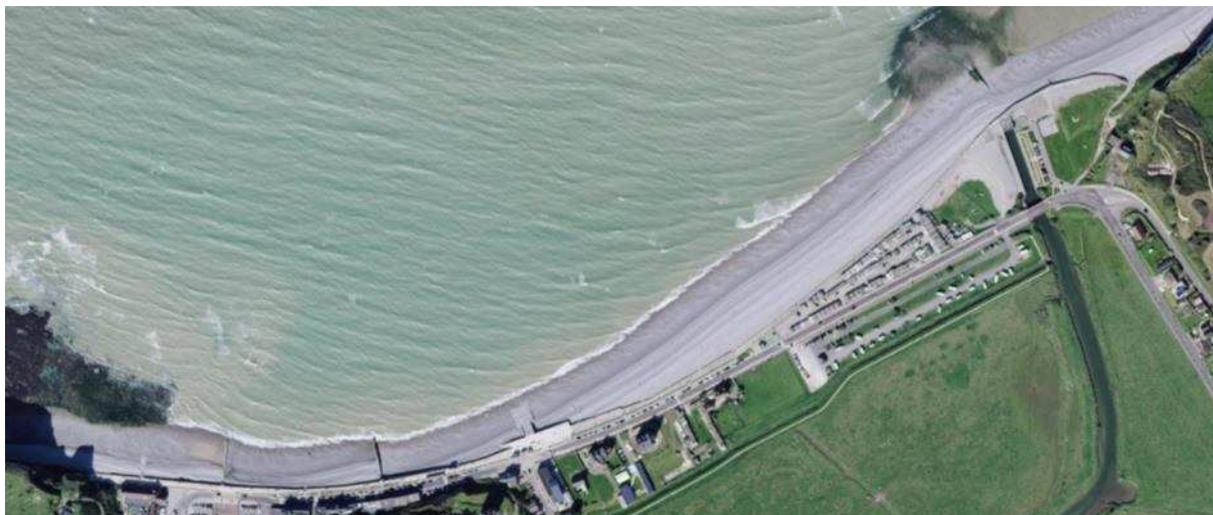


Figure 21 : Vue du système de protection du front de mer de Veulettes-sur-Mer et Paluel (source : CD76)

Les ouvrages observés lors de cette VTA sont les suivants :

- L'épi 1 caisson de 25 m de long ;
- L'épi 2 en maçonnerie de galets de 40 m de long ;
- L'épi 3 en maçonnerie de galets de 40 m de long ;
- La protection longitudinale en béton armé et palplanches de 1110 m de long ;
- La cale centrale en béton armé 28,5 m de long.

### Observations :

Compte tenu de l'âge des ouvrages de protection d'environ 55 ans pour les épis et d'environ 95 ans pour la protection longitudinale, ainsi que des sollicitations et agressions du milieu marin auxquelles ils sont soumis, les ouvrages sont globalement dans un bon état apparent et semblent faire l'objet d'un entretien régulier (ragréages, rejointoiement, etc.).

## 2.3.1.3. Saint-Aubin-sur-Mer

Le **système de protection du front de mer de Saint-Aubin-sur-Mer est classé C** au sens du décret 2007-1735 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques.



Figure 22 : Vue du système de protection du front de mer de Saint-Aubin-sur-Mer (source : CD76)

Les ouvrages suivants ont été observés lors de la dernière VTA d'Octobre 2017 :

- L'épi 1 en maçonnerie de 33,6 m de long recouvert d'une carapace béton ;
- L'épi 2 en maçonnerie de galets de 41,3 m de long ;
- L'épi 3 en maçonnerie de galets de 42 m de long ;
- L'épi buse en maçonnerie de 45,5 m de long ;
- L'épi 4 en maçonnerie de 42 m de long recouvert d'une carapace béton ;
- L'épi 5 en maçonnerie de galets de 52,1 m de long ;
- La protection longitudinale en béton armé, maçonnerie de béton ou maçonnerie de galets de 577 m de long ;
- Les descentes à la mer, Ouest et centrale, en maçonneries et béton armé respectivement de 19,4 et 21,5 m de long.

### Observations :

Compte tenu de l'âge de la plupart des épis d'en moyenne 50 ans et d'environ 95 ans pour la protection longitudinale, ainsi que des sollicitations et agressions du milieu marin auxquelles ils sont soumis, les ouvrages sont globalement soit dans un bon état apparent pour les épis, soit dans un état correct pour la protection longitudinale. Ils semblent faire l'objet d'un entretien régulier (ragréages, rejointoiement, etc.).

Plusieurs désordres pouvant mener à la ruine de l'extrémité Est de la protection longitudinale à moyen ou long terme sont néanmoins constatés. En outre, des mouvements de l'ouvrage côté terre ont été constatés.

## 2.3.1.4. Quiberville / Sainte-Marguerite-sur-Mer

Le **système de protection du front de mer** de **Quiberville-sur-Mer** et de **Sainte-Marguerite-sur-Mer** est **classé C** au sens du décret 2007-1735 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques.



Figure 23 : Vue du système de protection du front de mer de Quiberville/St-Marguerite-sur-Mer (source : CD76)

Les ouvrages suivants ont fait l'objet d'une inspection lors de la dernière VTA d'Octobre 2017 :

- Les épis de Quiberville-sur-Mer :
  - n°1 constitué de plots béton et long de 37,2 m ;
  - n°2 initialement en maçonnerie et composé de plots en béton armé (80 m de long) ;
  - n°4 initialement en maçonnerie et composé de plots en béton armé (80 m de long) ;
  - n°6 composé de plots en béton armé et long de 100 m ;
  - n°7 en maçonnerie de galets de 55 m de long.
  - L'épi-buse en maçonnerie de galets de 53,3 m de long ;
- Les épis de Sainte-Marguerite-sur-Mer :
  - n°1 en maçonnerie de galets de 55 m de long ;
  - n°2 composé de plots en béton armé et long de 80,5 m ;
  - n°4 en maçonnerie de galets de 81,2 m de long ;
  - n°6 composé de plots en béton armé et long 70 m ;
- La protection longitudinale en béton armé et palplanches de 925 m de long ;
- La descente à la mer Ouest en béton armé 57,2 m de long.

### Observations :

Compte tenu de l'âge de la protection longitudinale et de la plupart des épis d'en moyenne 60 ans avec des modifications importantes de certains épis (rehausse, carapace béton, etc.) datant d'environ 25 ans, ainsi que des sollicitations et agressions du milieu marin auxquelles ils sont soumis, les ouvrages sont globalement dans un bon état apparent. Les ouvrages semblent faire l'objet d'un entretien régulier (ragréages, rejointoiement, etc.).

Seul l'épi 1 de Sainte-Marguerite-sur-Mer est dans un état jugé correct. Plusieurs désordres ont été localisés sur la protection longitudinale. De même, un dégarnissage d'une partie de la fondation de l'épi 6 de Sainte-Marguerite-sur-Mer est observé.

## 2.3.1.5. Pourville-sur-Mer

Le système de protection du front de mer de Pourville-sur-Mer est classé C au sens du décret 2007-1735 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques.



Figure 24 : Vue du système de protection de front de mer de Pourville-sur-Mer (source : CD76)

Les ouvrages suivants ont été observés en octobre 2017 dans le cadre d'une VTA :

- L'épi 1 constitué de plots béton et long de 51,3 m ;
- L'épi 2 en maçonnerie de béton cyclopéen de 51 m de long ;
- L'épi 3 en maçonnerie de béton cyclopéen de 61,7 m de long ;
- L'épi 4 en maçonnerie de galets de 59,6 m de long ;
- L'épi-buse en maçonnerie de galets de 61,4 m de long ;
- L'épi 5 en maçonnerie de galets de 67,3 m de long ;
- L'épi 6 en maçonnerie de galets de 76 m de long ;
- La protection longitudinale en béton armé ou moellons de 755 m de long ;
- La cale Ouest en béton armé 36,6 m de long.

### Observations :

Compte tenu de l'âge des ouvrages de protection d'environ 55 ans pour les épis et d'environ 95 ans pour la protection longitudinale, ainsi que des sollicitations et agressions du milieu marin auxquelles ils sont soumis, les ouvrages sont globalement dans un bon état apparent et semblent faire l'objet d'un entretien régulier (ragréages, rejointoiement, etc.).

## 2.3.1.6. Criel-sur-Mer

Le **système de protection du front de mer de Criel-sur-Mer est classé C** au sens du décret 2007-1735 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques.

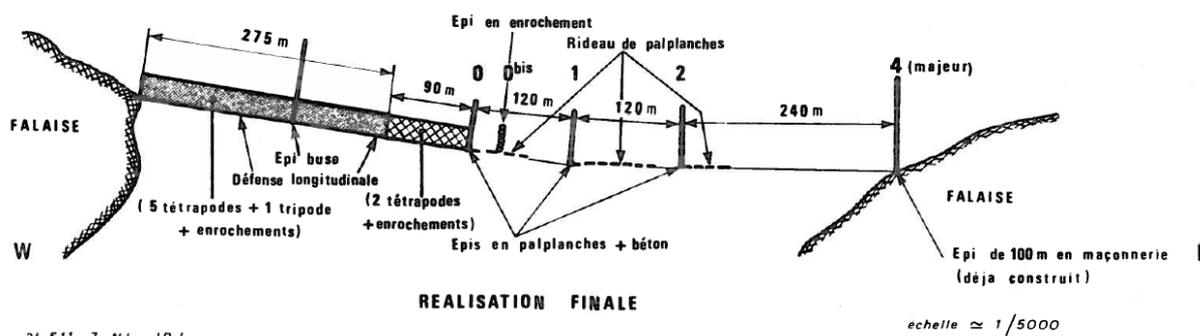


Figure 25 : Schéma d'aménagement de la plage (LCHF 1979)

Les ouvrages suivants ont été observés en septembre 2016 dans le cadre d'une VTA :

- L'épi buse en maçonnerie avec carapace béton armé de 90 m de long ;
- L'épi caisson 0 de 60 m de long ;
- L'épi 1 bis en béton armé de longueur inconnue ;
- L'épi majeur 4 en maçonnerie avec rehaussement et prolongement béton armé de 160 m de long ;
- L'épi 4 bis en béton armé de longueur inconnue ;
- Le mur de soutènement en béton armé de 325 m de long.



Figure 26 : Criel-sur-Mer Janvier 2015 (Source : CD76)

### Observations :

Compte tenu de l'âge des ouvrages de protection d'a minima 32 ans et des sollicitations et agressions du milieu marin auxquelles ils sont soumis, les ouvrages sont dans un bon état apparent.

L'épi buse et l'épi caisson 0 présentent des désordres de plus grande ampleur que ceux des autres ouvrages. Néanmoins, aucun travaux raisonnable ne peut permettre de prolonger de manière significative la durée de vie de ces deux ouvrages. Il conviendra de réaliser les travaux adéquats à l'apparition de désordres plus conséquents.

Cependant, il convient de préciser que ces travaux sont d'ordre secondaire et n'ont pas le caractère urgent des travaux de rénovation complète de la protection longitudinale en enrochements et tétrapodes. Cette protection a fait l'objet d'un diagnostic particulier dont les principales observations et conclusions sont rappelées dans ce rapport.

La protection en enrochements est en cours de ruine et des travaux sont à prévoir.

## 2.3.2. L'évolution des ouvrages départementaux suite à la GEMAPI

Suite à la prise de la compétence GEMAPI par les communes et EPCI à fiscalité propre, Le Département de la Seine-Maritime a décidé d'anticiper les prescriptions du décret digue de 2015. Le but étant que les différentes études menées et futures, soient prises en compte par la future autorité compétente. La demande d'autorisation du système d'endiguement sera ainsi facilitée.

La réalisation des VTA a permis d'obtenir un examen visuel des ouvrages et d'identifier les désordres visibles de la crête et de mettre en place les mesures d'entretien préconisées.

Des études de danger (EDD) ont également été lancées entre fin 2017 et 2018. Elles consistent en une analyse fonctionnelle de l'ouvrage. Elles identifient et caractérisent les potentiels de danger et les aléas naturels. Elles comprennent notamment une étude d'accidentologie et de réduction des risques.

Par ailleurs, les consignes écrites ou consignes de surveillance ont été actualisées à la suite des résultats des VTA. Elles établissent les différentes actions menées par le gestionnaire pour assurer le fonctionnement et la pérennité de l'ouvrage. Ces consignes sont établies pour une période normale, une période dans le cas d'une tempête exceptionnelle et une période de retour à la normale. Ensuite, le gestionnaire définit les fréquences des différentes visites : la visite annuelle, les VTA dont la fréquence varie entre 1 et 5 ans et les visites exceptionnelles (suite à un épisode de tempête ou un accident).

En réalisant ou en lançant l'ensemble de ces études, le Département souhaite disposer d'un maximum d'informations sur ses ouvrages avant leur transfert aux EPCI. Par ailleurs, ces études permettront à la nouvelle structure de gouvernance de repenser de manière plus globale l'aménagement du territoire concerné.

L'émergence d'une structure de gouvernance sur l'ensemble du littoral est perçue comme une opportunité par le Département mais aussi par l'ensemble des acteurs locaux en vue de réfléchir de manière concertée à une stratégie de gestion du risque inondation, du trait de côte et, par la suite, de thématiques orphelines comme le suivi de la dynamique sédimentaire.

## 3. Modélisation du risque submersion marine sur Fécamp



Figure 27 : Vue de Fécamp (Source : [geoportail.gouv.fr](http://geoportail.gouv.fr))

### 3.1. Présentation du site de l'étude

La commune de Fécamp se situe en bord de mer de la vallée de la Valmont et ses falaises. Les rivières de la Valmont et de la Ganzeville traversent la vallée et se rejoignent dans le port de Fécamp.

La collectivité a une population permanente de 19 591 habitants et une population de 25 000 habitants en période estivale. La collectivité a une population permanente de 19 591 habitants, portée à 25 000 habitants en période estivale, en y intégrant les estivants.

La commune est exposée à :

- Des **risques naturels** de type :
  - Inondations : ruissellements et submersion marine ;
  - Mouvements de terrain : Cavités souterraines et falaises.
- Des **risques technologiques** : Transport de matière dangereuses

#### 3.1.1. Enquête Gestion et Culture du Risque sur Fécamp

Une **enquête départementale** a été faite sur les EPCI, les Syndicats de bassins versants et les communes, dont Fécamp, entre Juin et Juillet 2018. Ce travail a consisté à **recenser les actions menées par ces instances sur leur territoire en matière de Gestion et Culture du Risque**, la finalité de cette étude interne étant la préparation d'un **Programme d'Action et des Prévention des Inondations (PAPI)** et/ou d'une **stratégie territoriale sur le littoral** de la Seine-Maritime. Le cas de la commune de Fécamp est illustré dans les parties qui suivent.

### 3.1.1.1. Gestion du risque

La collectivité de Fécamp n'exerce pas la compétence GEMAPI qui a été automatiquement transférée à l'EPCI « Communauté d'Agglomération de Fécamp Caux Littoral » au 1<sup>er</sup> Janvier 2018 mais exerce des compétences complémentaires hors Gestion des Milieux Aquatiques (GEMA).

La commune gère également des **actions de gestion du risque** :

- Au niveau de ses falaises en réalisant un suivi de leur évolution, approfondi par une étude réalisée par un bureau d'études ;

Elle se situe également sur un territoire couvert par un Plan de Prévision des Risques Naturels (PPRN) d'inondation de la vallée de la Valmont et de la Ganzeville. Elle dispose :

- D'un Plan Local d'Urbanisme (PLU), approuvé en Février 2014 ;
- De **cartes des enjeux et des zones à risques**, notamment du risque submersion avec des habitations, des entreprises et industries susceptibles d'être impactées. Cependant, la commune émet des réserves sur la fiabilité de ces cartes des enjeux et des zones à risques et juge les données partielles.
- D'un **Plan Communal de Sauvegarde** (PCS) déterminant, en fonction des risques connus les mesures immédiates de sauvegarde et de protection des personnes ;
- D'un **Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs** (DICRIM).

### 3.1.1.2. Culture du Risque

De manière générale, les conclusions de cette étude soulignent une disparité de l'état de connaissance, de la gestion et de la culture du risque par les acteurs locaux, mais aussi par la population concernée.

### 3.1.2. Historique des tempêtes

La commune de Fécamp est exposée à des tempêtes parfois violentes qui s'expliquent par une position altitudinale défavorable. Des inondations par la mer dues à la surcote des vagues se produisent sur la route et s'étendent au niveau des habitations proches de la côte.

Le DICRIM de Fécamp a constaté, par arrêtés de catastrophe naturelle, les dommages occasionnés par les tempêtes de 1984, 1990 et 1999.

### 3.1.3. Données collectées

- Le MNT Bathymétrique de la façade atlantique (Niveau Moyen maritime) du SHOM ;
- Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) sur Fécamp (MNT RGE ALTI de l'IGN) ;
- Le MNT sur le Département de la Seine-Maritime (MNT RGE ALTI de l'IGN) ;
- Données SIG du profil des rivières au format SIG « shapefile » ;
- Le module des débits de la Valmont et de la Ganzeville ;
- Les données de 1951 à Juin 2018 au Marégraphe de Dieppe ;
- Les PPRN existants sur Fécamp, Dieppe et Criel-sur-Mer ;

- La BD Ortho de 2015.

### **3.1.4. Analyse des PPRN**

L'analyse des Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN) a permis de définir une méthodologie pour la modélisation avec la simulation de niveaux extrêmes pour un scénario de référence Xynthia et un scénario centennal avec une prise en compte à chaque fois du changement climatique.

#### **PPRI des vallées de la Valmont et de la Ganzeville :**

La note de présentation du Plan de Prévention des Risques naturels d'Inondation (PPRI) montre que l'étude a portée sur l'aléa inondation fluviale des rivières de la Valmont et de la Ganzeville ainsi que l'aléa ruissellements. L'aléa submersion marine est mentionné à quelques reprises dans le rapport sans pour autant le définir précisément (méthodes, calculs, scénarii retenus).

Une cartographie des aléas est également fournie où l'aléa submersion marine est identifié. Cette carte est disponible en **annexe 3** du présent rapport.

L'étude de cette carte m'a permis d'avoir une première estimation de l'emprise inondable par l'aléa submersion marine et de définir les zones à enjeux au niveau du quartier portuaire de la ville de Fécamp.

#### **PPRN de Criel-sur-Mer :**

Le PPRN de Criel-sur-Mer dresse un bilan complet des aléas naturels sur la commune. Il recense les événements historiques, définit les événements de référence, qualifie et évalue les aléas illustrés par des cartes réglementaires.

L'analyse de ce rapport m'a permis de :

- Comprendre la méthodologie de caractérisation de l'aléa submersion marine avec la définition de scénarii préconisés par la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) ;
- Comparer les niveaux extrêmes du PPRN avec ceux du marégraphe de Dieppe qui ont fait l'objet d'une analyse statistique des niveaux extrêmes.

#### **PPRN sur la vallée de l'Arques :**

Enfin, le PPRN sur la Vallée de l'Arques, qui a été réalisé en 2017 par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) (auquel j'ai eu accès tardivement pour mon étude), a permis de :

- Valider les choix de scénarii retenus pour l'étude ;
- De paramétrer la modélisation de l'aléa submersion marine en tenant compte des hypothèses retenues dans le cadre de l'étude du BRGM ;
- D'obtenir les cartographies des zones inondables par submersion marine pour les différents scénarii sur la commune de Dieppe.

## 3.2. Étude des tempêtes extrêmes

Seuls deux marégraphes sont installés en Seine-Maritime, l'un au Havre et l'autre à Dieppe. Nous avons décidé avec l'expérience et la connaissance du territoire du service (SOLS), d'utiliser les données de **hauteurs d'eau du marégraphe de Dieppe** car les phénomènes hydro sédimentaires se rapprochent des événements présents à Fécamp.

- Les données issues du marégraphe de Dieppe du SHOM vont de 1954 à Juin 2018.
- Les années 1986, 1990, 1991, 1992, 1998, 1999, 2000 et 2008 sont manquantes soit 8 ans.
- Les données brutes des années allant de 1954 à 1997 ont un pas de temps horaire alors que les années comprises entre 2001 et 2018 ont un pas de temps à la minute.

Pour l'étude, un pas de temps à la minute a été retenu car il permet de mieux apprécier les pics de marée.

### 3.2.1. Analyse statistique des niveaux d'eau extrêmes

Distribution d'une population d'évènements extrêmes :

La « théorie des valeurs extrêmes » est applicable si les trois hypothèses suivantes sont respectées (Coles, 2001) :

- *Hypothèse 1 : Les variables correspondent uniquement à des valeurs extrêmes ;*

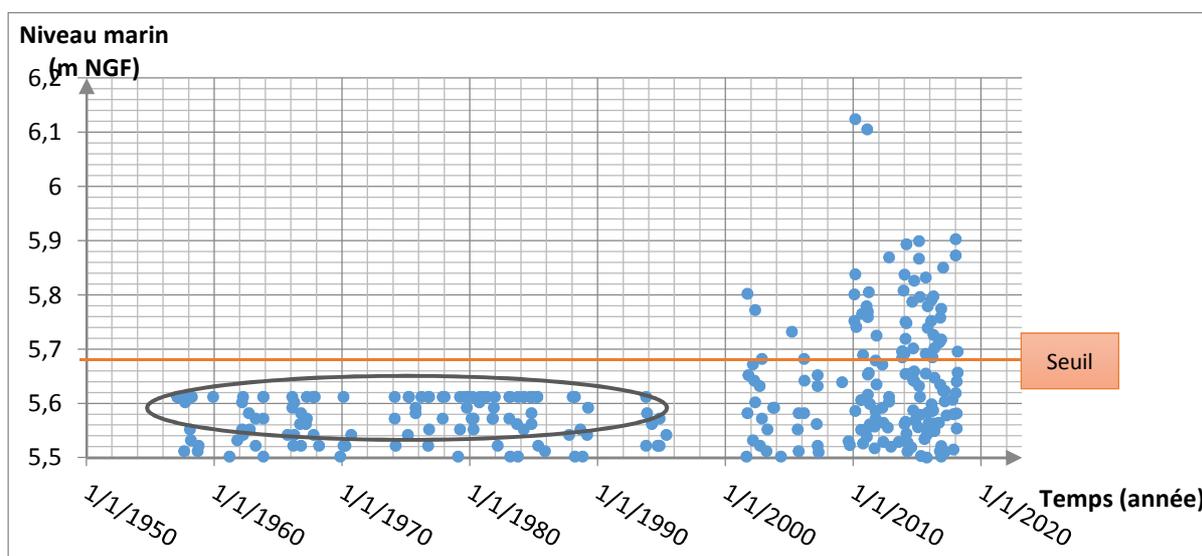
Les observations ont un comportement différent selon qu'elles sont générées ou non par une tempête.

- *Hypothèse 2 : Indépendance des variables ;*

On considère les données indépendantes lorsque les effets à « t » sont dé-corrélé de ce qui se passe à « t+1 ».

- *Hypothèse 3 : Association des variables à un processus stationnaire ;*

Les données ne doivent pas être influencées par des phénomènes cycliques ou des tendances pluriannuelles. Néanmoins, on autorise une certaine in-stationnarité des données (marnage).



Graphique 1 : Observations des niveaux marins extrêmes de 1954 - Juin 2018

Le graphique ci-dessus représente les niveaux marins extrêmes observés entre 1954 et aujourd'hui pour un **seuil de tempête de 5,7 m**. Pour pouvoir obtenir cette représentation d'une population d'événements extrêmes indépendants, seule une valeur maximale par tempête a été retenue.

On utilise la méthode des **Pics au-dessus d'un seuil** (Peak Over Threshold) :

- Observations supérieures ou égales au seuil de tempête (ici 5,7 m) ;
- Les tempêtes sont délimitées dans le temps par un critère de redescente et/ou une durée minimale de séparation (24h);
- Pour chaque tempête on ne retient que la valeur maximale ;
- La population étudiée est intimement liée au seuil prédéfini ; Le choix du seuil doit permettre d'avoir entre 1,65 (Cunnane, 1973) et 8 tempêtes par an.

Le choix du seuil de 5,7 m nous permet de respecter cette condition d'utilisation. À l'issue de notre sélection, nous retenons 45 valeurs. On observe que les valeurs maximales comprises entre 1954 et 1991 ne dépassent pas 5,612 m. Ce résultat s'explique par le pas de temps horaire des données qui ne permet pas d'observer précisément les pics de marée. Pour la suite de l'étude seule les données enregistrées entre 2001 et Juin 2018 sont prises en compte.

Ensuite, on réalise un ajustement statistique par **la loi de Gumbel** :

- Classement par ordre croissant les données de hauteurs d'eau ;
- Affectation d'un rang pour chaque hauteur ;
- Calcul de la fréquence empirique ;

$$\frac{(Rang - 0.5)}{Taille\ de\ la\ population}$$

- Calcul de la variable centrée réduite ;

$$U = -\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right)$$

- Ajustement statistique par la loi de Gumbel ;

$$H(T) = a * U + b$$

Avec :

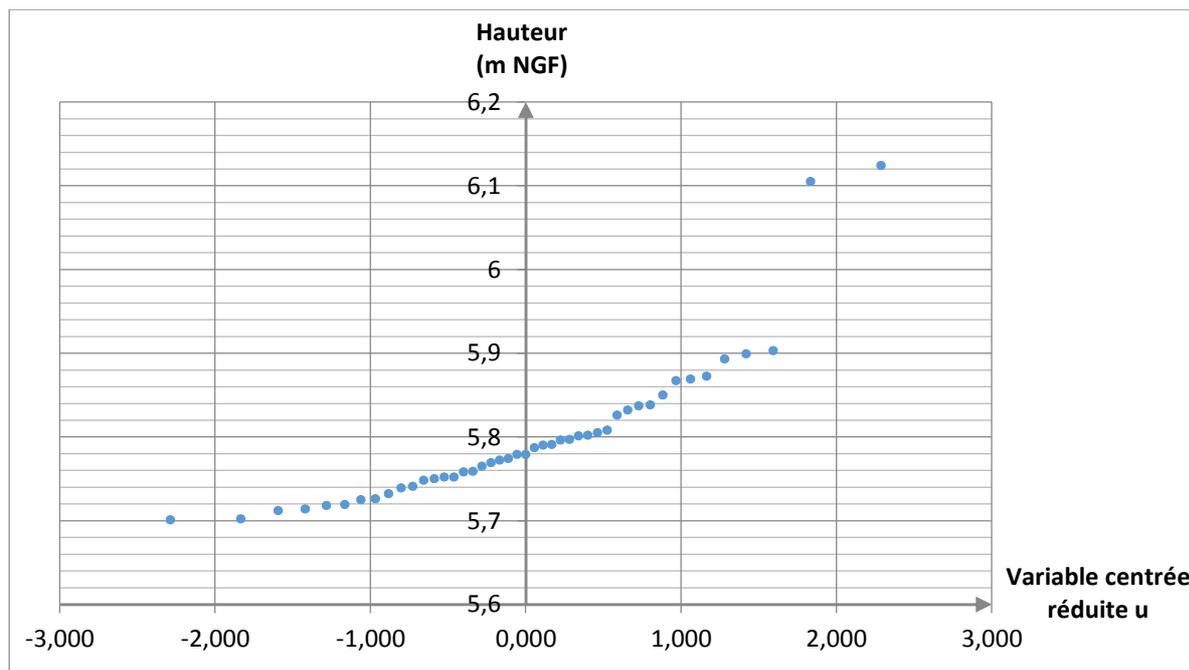
$a = \sigma_x$  : écart-type des niveaux marins extrêmes ;

$b = \mu_x - \sigma_x$  : écart-type des niveaux marins extrêmes ;

T : Période de retour ;

$H(T)$  : Niveau marin extrême pour la Période de retour T ;

L'ajustement par la loi de Gumbel est représenté sur le graphique ci-dessous.



Graphique 2 : Ajustement statistique par la loi de Gumbel

Les résultats de l'étude maritime des événements extrêmes sont disponibles en **annexe 4**.

On obtient par la suite, les valeurs de niveaux extrêmes pour chaque période de retour

Tableau 1 : Valeurs des niveaux marins extrêmes calculées sur Dieppe

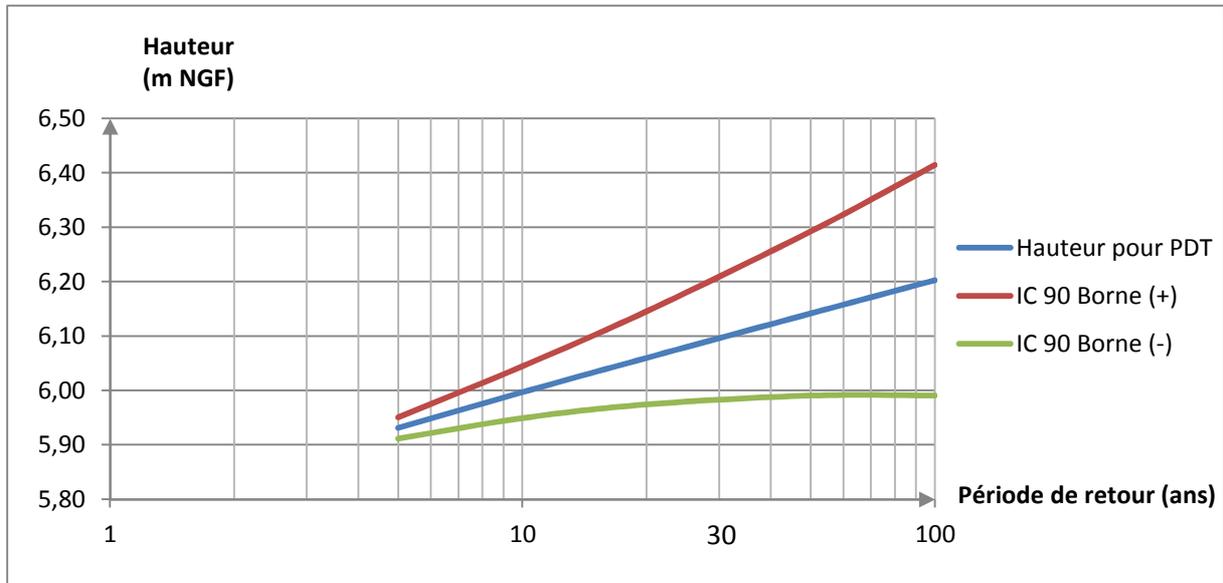
Période de retour (PDT)	5	10	20	50	100
Fréquence de non dépassement des hauteurs	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,0	3,9	4,6
Hauteur pour PDT (m NGF)	5,93	6,00	6,06	6,14	6,20
IC 90 Borne (+)	5,95	6,04	6,15	6,29	6,41
IC 90 Borne (-)	5,91	5,95	5,97	5,99	5,99

Remarque :

Les valeurs obtenues sont cohérentes avec celles issues du SHOM. Les écarts entre les valeurs calculées et celles du SHOM s'expliquent par la prise en compte du SHOM de valeurs issues de 1954 à 1991. Or, le jeu de données à disposition ne permet pas d'exploiter correctement ces années.

Tableau 2 : Valeurs des niveaux marins extrêmes sur Dieppe du SHOM

Période de retour	5	10	20	50	100
Hauteur pour PDT (m NGF)	5,93	6,00	6,07	6,16	6,23



Graphique 3 : Ajustement par la loi de Gumbel des Hauteurs avec intervalle de confiance 90.

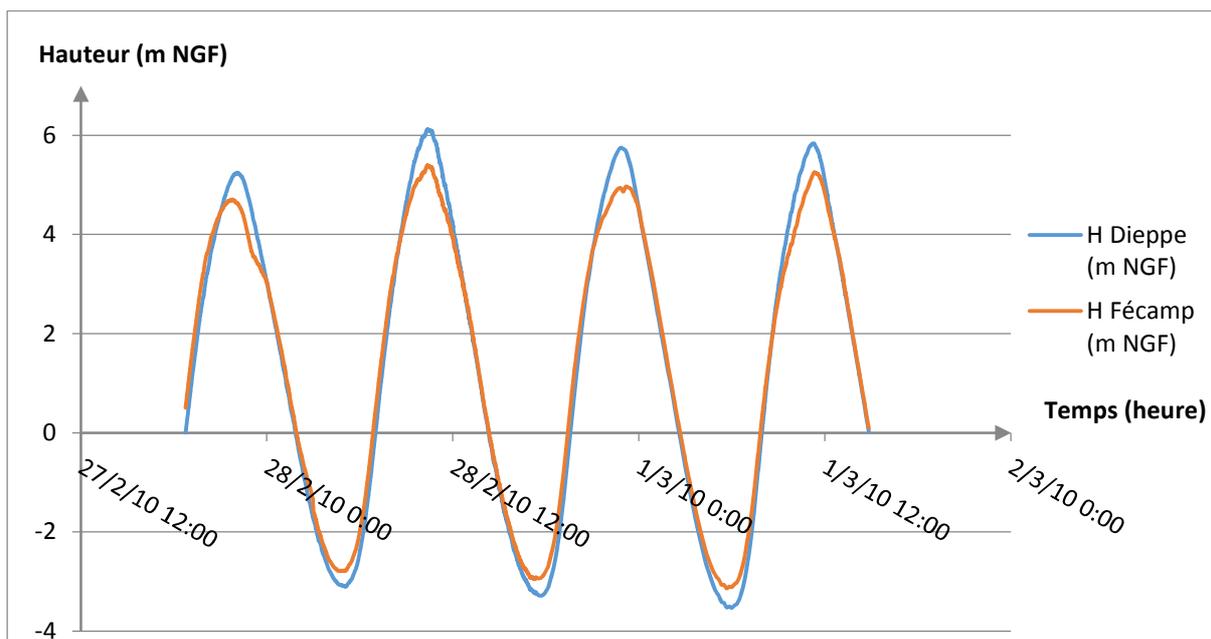
### 3.2.2. Définition des scénarii retenus

Les données de hauteurs d'eau sont issues du marégraphe de Dieppe. Un ajustement préalable a donc été réalisé à partir d'une marée de référence (coefficient de marée de 102) pour obtenir les niveaux marins à Fécamp. La méthodologie utilisée pour faire cet ajustement a été de comparer les données du SHOM (<https://maree.shom.fr/>) sur Fécamp et Dieppe pour la même marée de référence afin d'en déduire un coefficient d'ajustement.

L'annexe 5 présente l'ajustement des données du marégraphe de Dieppe à Fécamp.

#### 3.2.2.1. Scénario de référence

L'événement historique correspond à la tempête **Xynthia du 28 Février 2010** avec une période de retour de 30/40 ans.



Graphique 4 : Hauteur d'eau lors de la tempête Xynthia du 28 Février 2010

Le scénario de référence est basé sur l'événement le plus important entre l'événement historique et l'événement centennal en intégrant dans le niveau marin de référence **+25 cm pour la prise en compte des incertitudes et +20 cm pour l'élévation de niveau moyen de la mer** (Valeurs préconisées par la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR)).

### 3.2.2.2. Scénario centennal

Le scénario centennal est déterminé à partir du **scénario de référence** qui tient compte d'une **élévation du niveau moyen de la mer à échéance 100 ans de +60 cm** auquel on ajoute une **marge de sécurité de +25 cm**. Par ailleurs, la DGPR préconise une rehausse de 0,60 m pour une occurrence centennale.

## 3.3. Construction du modèle

### 3.3.1. Choix du logiciel de modélisation

Le logiciel de modélisation numérique **TELEMAC-2D** a été retenu pour la modélisation de l'étude.

TELEMAC-2D est développé par le Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement (LNHE) de la Direction des Recherches et Développement du groupe EDF.

Son application est recommandée en :

- Hydraulique à surface libre ;
- Hydraulique fluviale ;
- **Hydraulique maritime ;**

Ce logiciel de calcul en hydrodynamique permet de résoudre les **équations de Barré de Saint-Venant** (1871) en deux dimensions d'espace horizontales (équation de continuité et de conservations des moments, schémas numériques aux éléments finis).

Équation de continuité :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial r}{\partial y} = 0 \quad \text{avec } q = uh \text{ et } r = vh$$

Dynamique selon x :

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{q^2}{h} + \frac{g}{2} h^2 \right) + \frac{\partial h}{\partial y} \left( \frac{qr}{h} \right) = (S_{0,x} - S_{f,x})gh$$

Dynamique selon y :

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{qr}{h} \right) + \frac{\partial h}{\partial y} \left( \frac{r^2}{h} + \frac{g}{2} h^2 \right) = (S_{0,y} - S_{f,y})gh$$

$$\text{avec } S_{0,x} = -\frac{\partial z_b}{\partial x}; S_{0,y} = -\frac{\partial z_b}{\partial y};$$

$$S_{f,x} = \frac{(u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}} u}{K^2 h^{4/3}}; S_{f,y} = \frac{(u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}} v}{K^2 h^{4/3}}$$

On l'utilise dans le domaine maritime aussi bien pour le dimensionnement d'ouvrages portuaires ou de système d'endiguement du littoral que pour les études de risque inondation.

De plus, il a la capacité de tenir compte dans ses calculs des phénomènes maritime suivants :

- Propagation des ondes longues avec prise en compte des effets non linéaires ;
- Frottement sur le fond ;
- Influence de la force de Coriolis ;
- Influence de phénomènes météorologiques : pression atmosphérique, précipitations, évaporation, vent ;
- Turbulence ;
- Traitement de singularités : seuils, digues, buses ;
- Rupture de digues ;
- Prise en compte des courants de houle (par couplage avec les modules ARTEMIS et TOMAWAC) ;

### 3.3.2. Construction du maillage sous Blue Kenue

Avant de pouvoir construire le maillage sous BlueKenue, j'ai réalisé un **traitement du MNT RGE ALTI de l'IGN et du MNT bathymétrique de la façade atlantique du SHOM**. Étant donné les différences de résolution entre les deux MNT, un ajustement a été nécessaire au niveau de la jonction des deux fichiers. Le MNT RGE ALTI a une résolution meilleure que 1 m écart moyen quadratique (EMQ) et son système géodésique est le LAMBERT-93. Le MNT de la façade atlantique a une résolution d'environ 100 m et est représenté au système géodésique WGS-84.

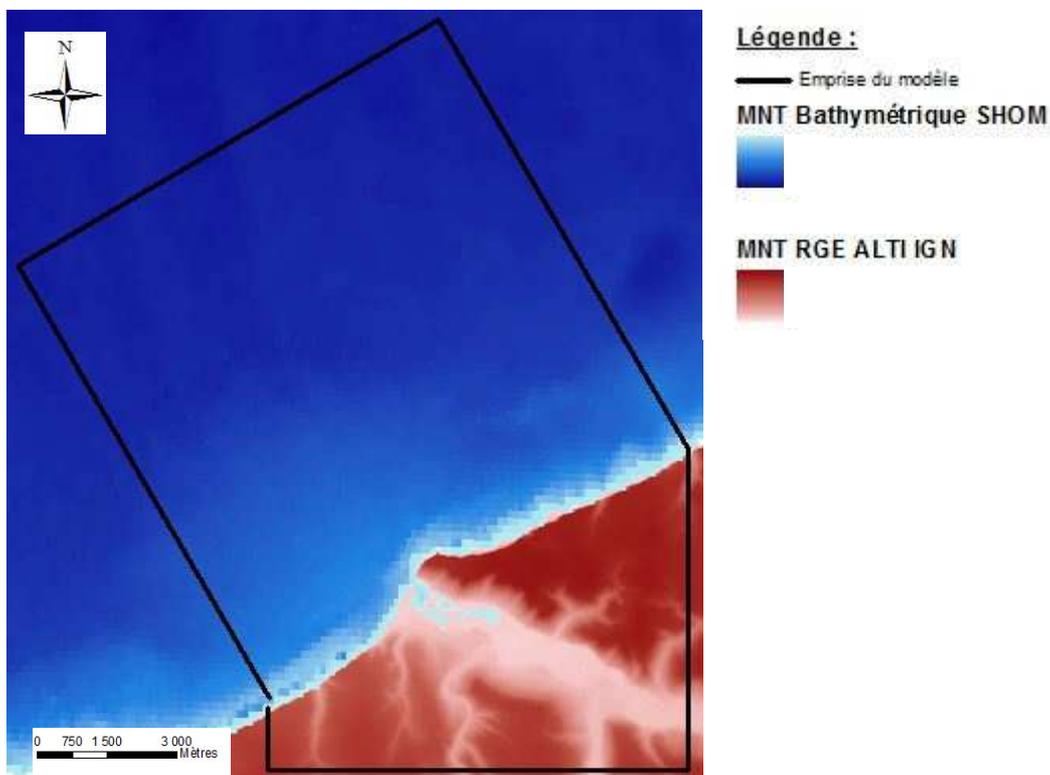


Figure 28 : Synthèse des données topographiques et bathymétriques sur Fécamp

## 3.3.2.1. Préparation des données sous ArcMAP (ArGIS)

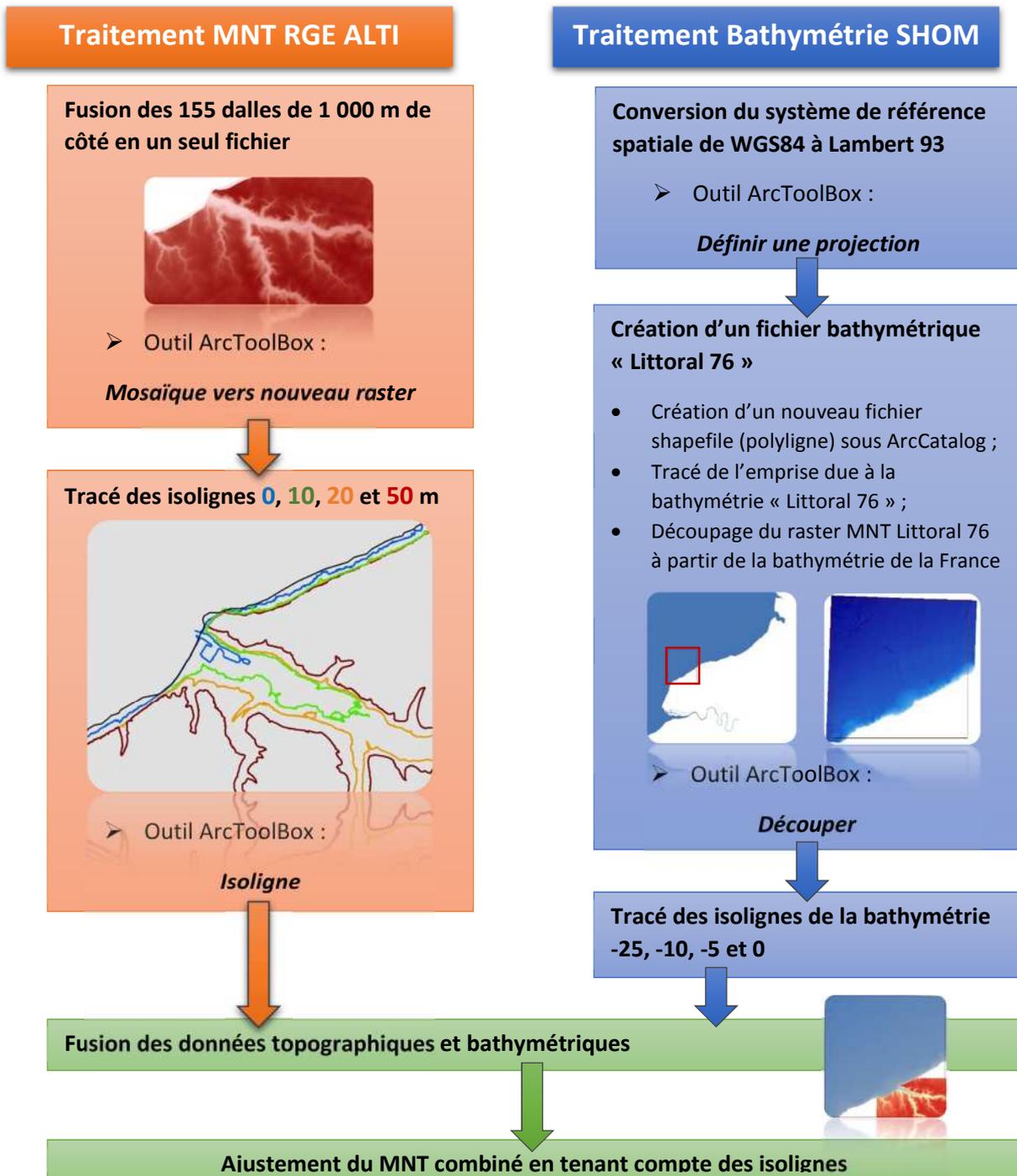


Figure 29 : Logigramme du traitement des données sous ArcMAP

### Remarque :

Un traitement du MNT combiné au niveau des rivières de la Valmont et de la Ganzeville a été fait afin d'améliorer la cohérence des directions d'écoulement. Pour cela, j'ai utilisé la technique de « **River-burning** » ou de « creusement de la rivière », qui consiste à abaisser artificiellement les pixels du MNT du réseau hydrographique.

Néanmoins, une fois cette tâche accomplie, le logiciel de création de maillage n'a pu charger le fichier pour des raisons de compatibilité de fichiers. L'une des raisons est que les traitements sous ArcGIS ne transforment pas forcément à chaque étape le fichier d'origine mais créent un fichier ArcGIS tenant compte des transformations réalisés.

Pour cette raison, les rivières n'ont donc pas été intégrées à la version du modèle actuel. De plus, le module de ces deux rivières étant inférieur à  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , son **impact est considéré comme négligeable devant l'aléa submersion marine.**

### 3.3.2.2. Réalisation du maillage

Développé par le Conseil National de Recherches Canada (CNRC), **BlueKenue** est un logiciel libre permettant de préparer, analyser et visualiser des données dans le cadre d'une modélisation hydraulique. Ce logiciel a l'avantage d'être associé à la suite des logiciels TELEMAC en pré et post processeur. La réalisation du maillage du modèle se fait en pré processeur sous BlueKenue qui va générer deux fichiers (géométrie et conditions limites) d'entrée pour TELEMAC, alors que l'exploitation et l'analyse des résultats se réalisent en post processeur.

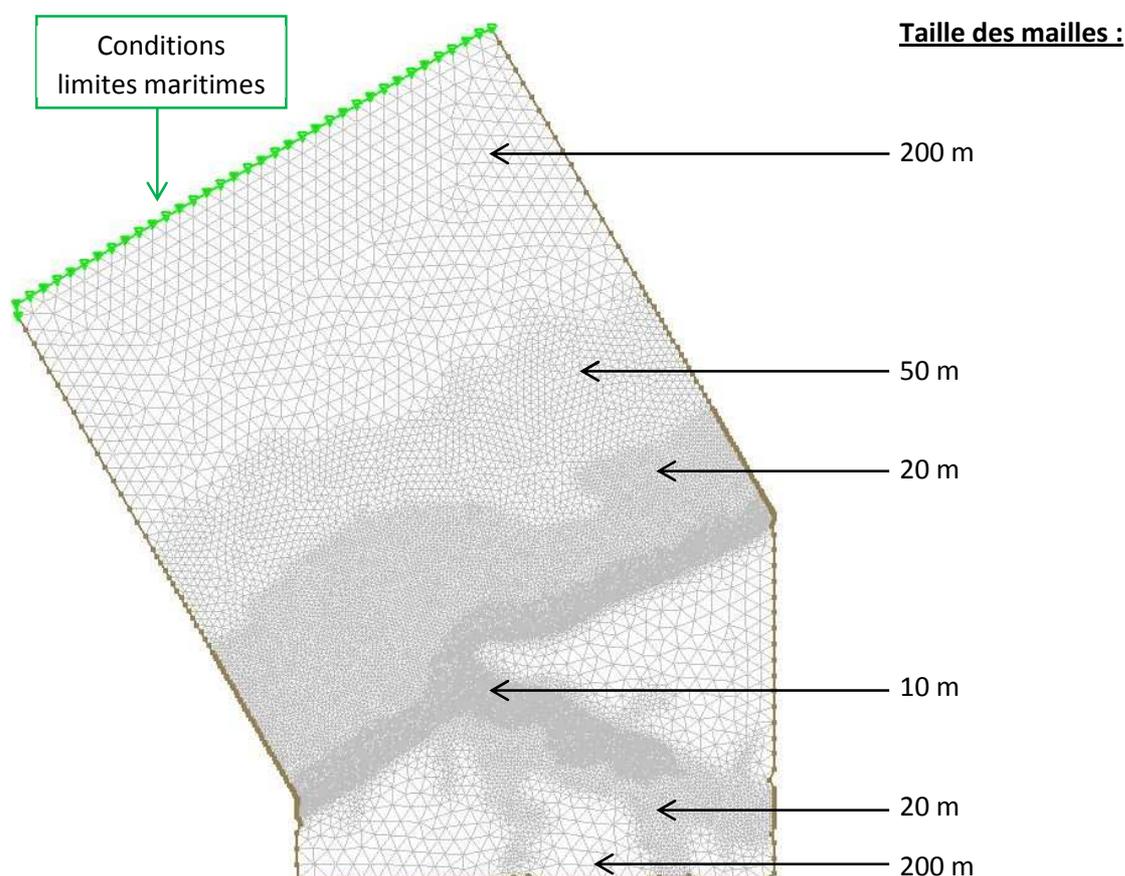


Figure 30 : Maillage du modèle bidimensionnel et localisation de la condition aux limites

Le maillage réalisé contient des mailles qui sont comprises entre **10 m et 200 m**. La zone portuaire et le trait de côte ont fait l'objet d'un maillage précis afin d'observer l'aléa submersion marine et son emprise inondable pour les scénarii retenus.

Deux types de condition sont définis dans le fichier des conditions aux limites.

- Une **frontière liquide maritime** au Nord où l'on impose une hauteur d'eau qui varie selon la marée ;
- Une **frontière solide** qui concerne le reste du périmètre du modèle et où il n'y a pas de frottement.

Remarque :

Afin de ne pas complexifier le modèle, les frontières solides perpendiculaires à la frontière liquide maritime n'ont pas été considérées comme liquides même si dans la réalité elles le sont. On néglige les courants transversaux dans le modèle.

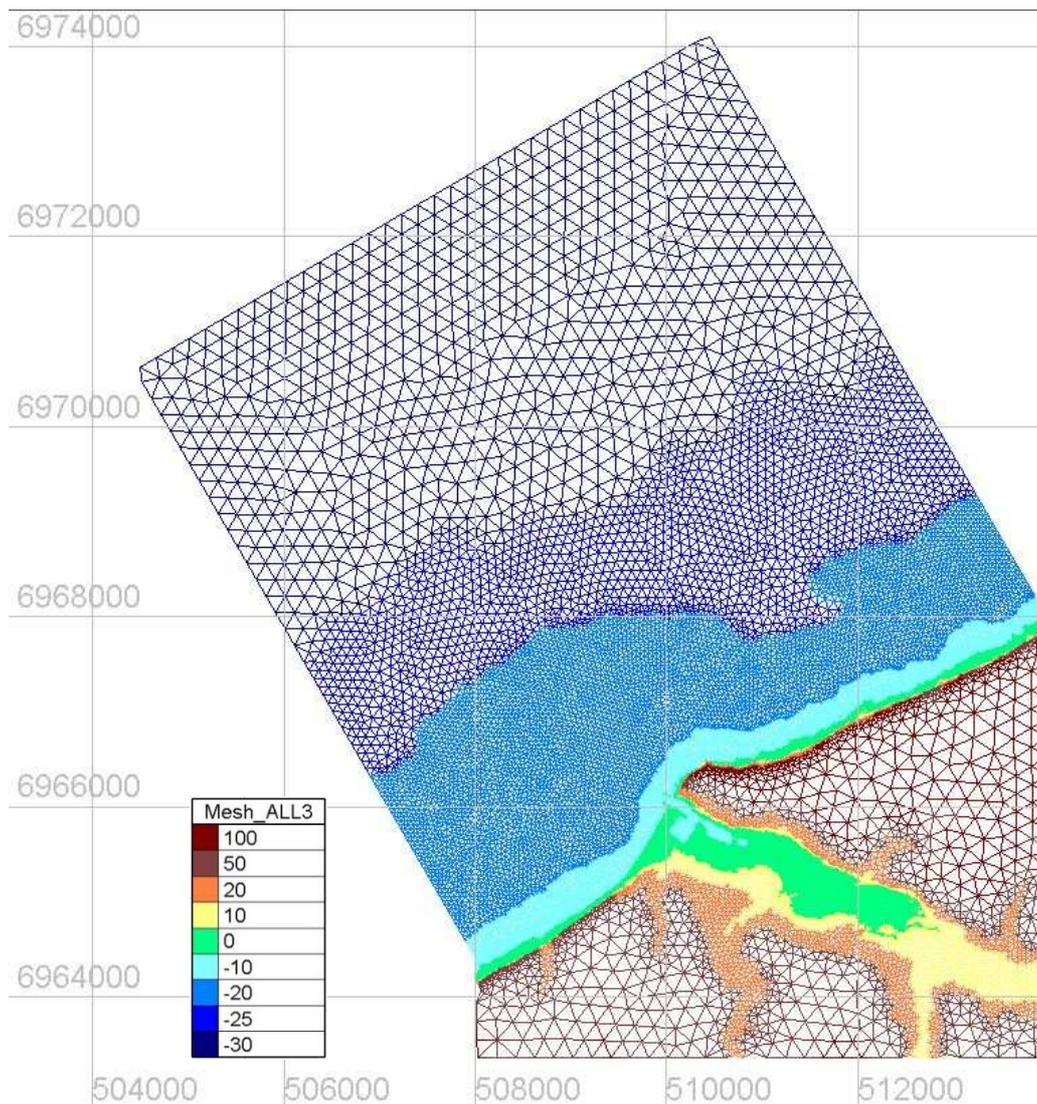


Figure 31 : Altimétrie en mètres du modèle littoral hydraulique

**Caractéristiques du maillage :**

- Le modèle a une altimétrie comprise entre -28,4 m et 124,1m ;
- 41 106 nœuds et 81 909 éléments ;
- Le maillage s'étend sur plus de 10 km en longueur et 7 km en largeur pour une surface totale de 6 652 ha.

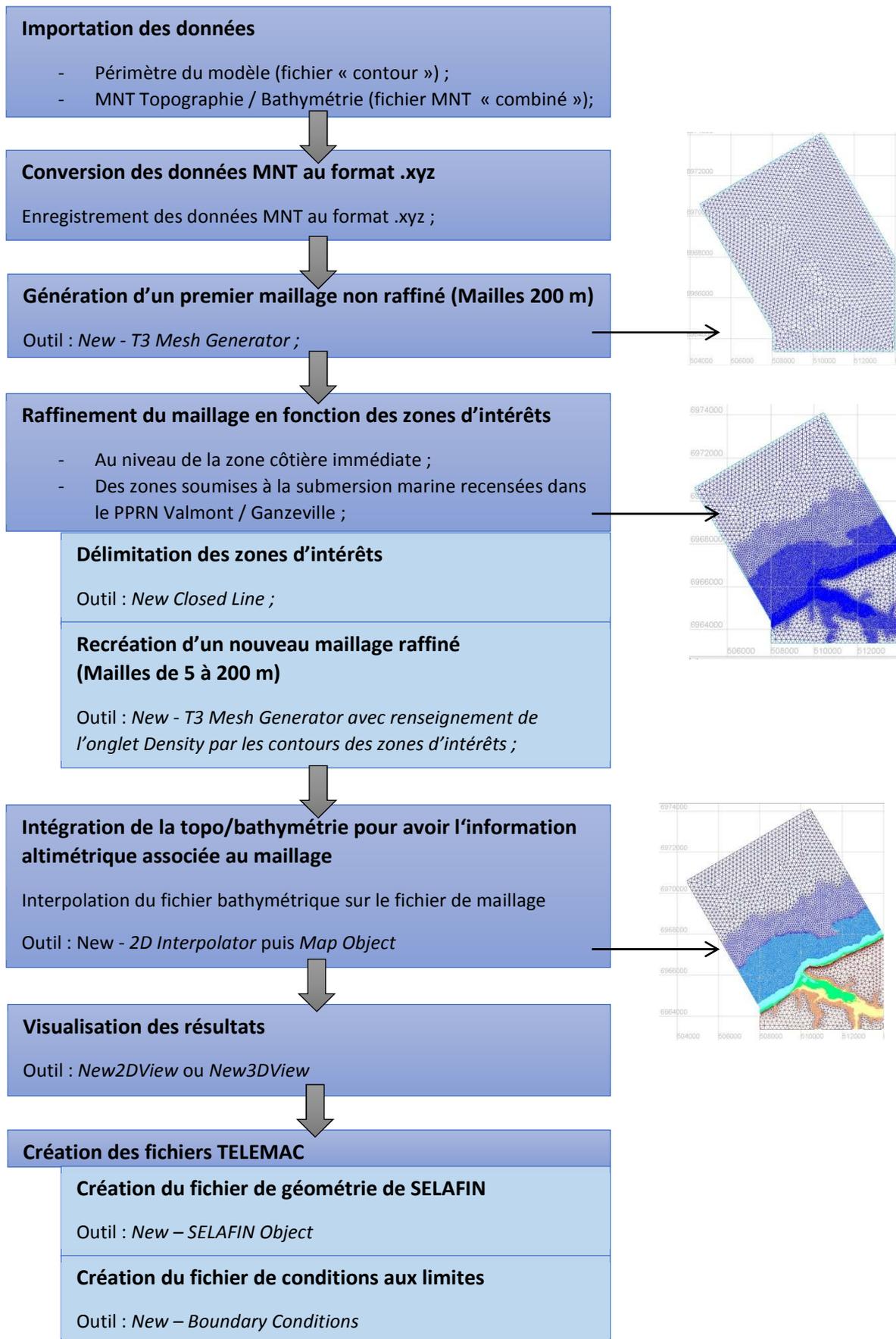


Figure 32 : Logigramme de la construction du maillage sous BlueKenue

### 3.3.3. Modélisation sous Telemac - 2D

La configuration de la simulation a été faite sous **FUDAA-PREPRO**. Ce logiciel est développé par le Département *Simulation Informatique et Modélisation* de la DTecEMF du CEREMA. Il s'utilise pour la réalisation de tâches de pré-traitement d'une étude hydraulique numérique.

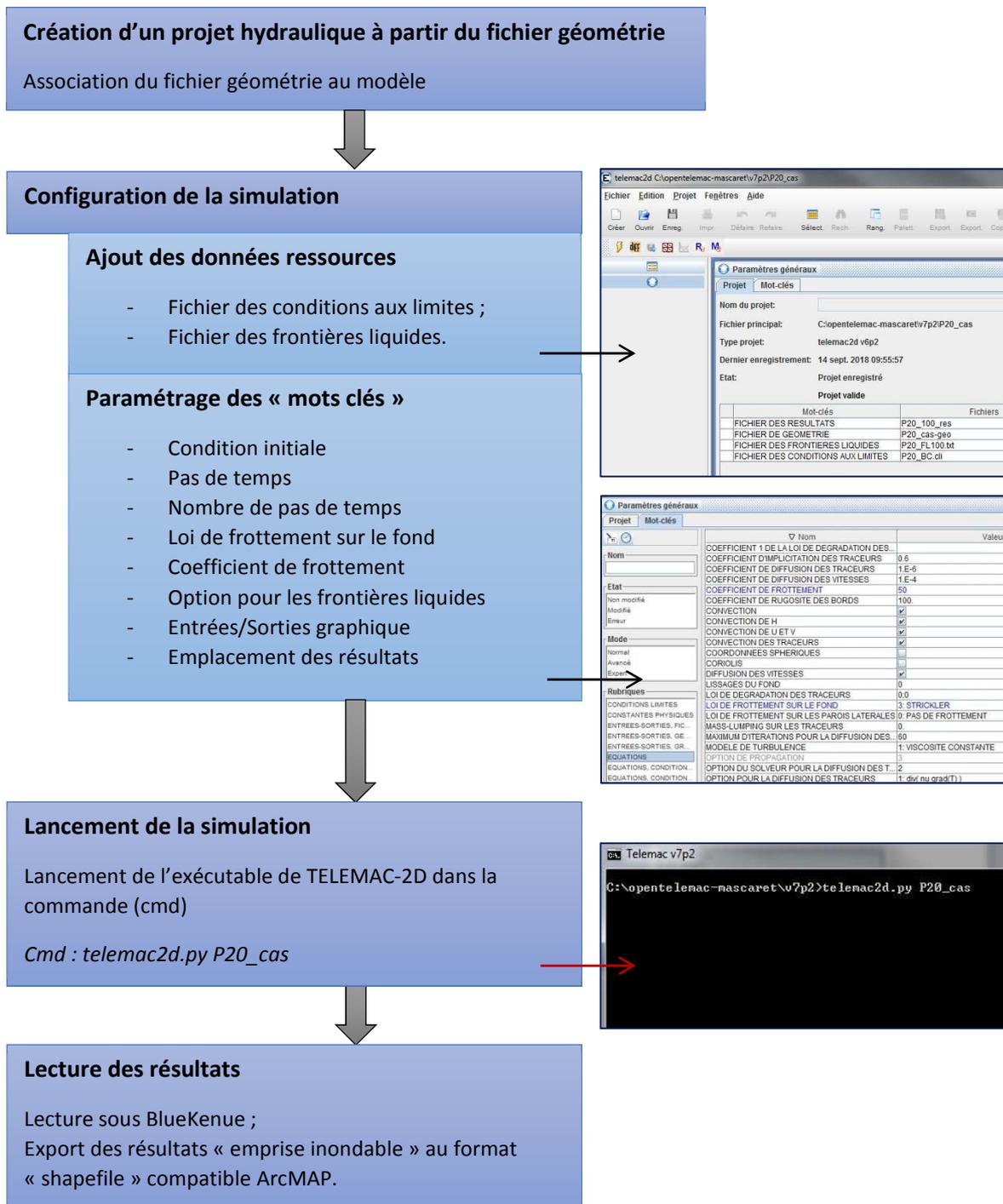


Figure 33 : Logigramme de la simulation hydraulique numérique sous TELEMAC-2D

Le paramétrage du fichier de simulation « P20\_cas » est disponible en **annexe 6**.

### 3.3.4. Cartographies avec ArcMAP

À l'issue de cette étape, on utilise à nouveau le logiciel **ArcMAP** pour la création des cartes d'emprise inondable pour les scénarios de référence Xynthia de période de retour 30/40 ans et pour l'événement centennal sur la commune de Fécamp.

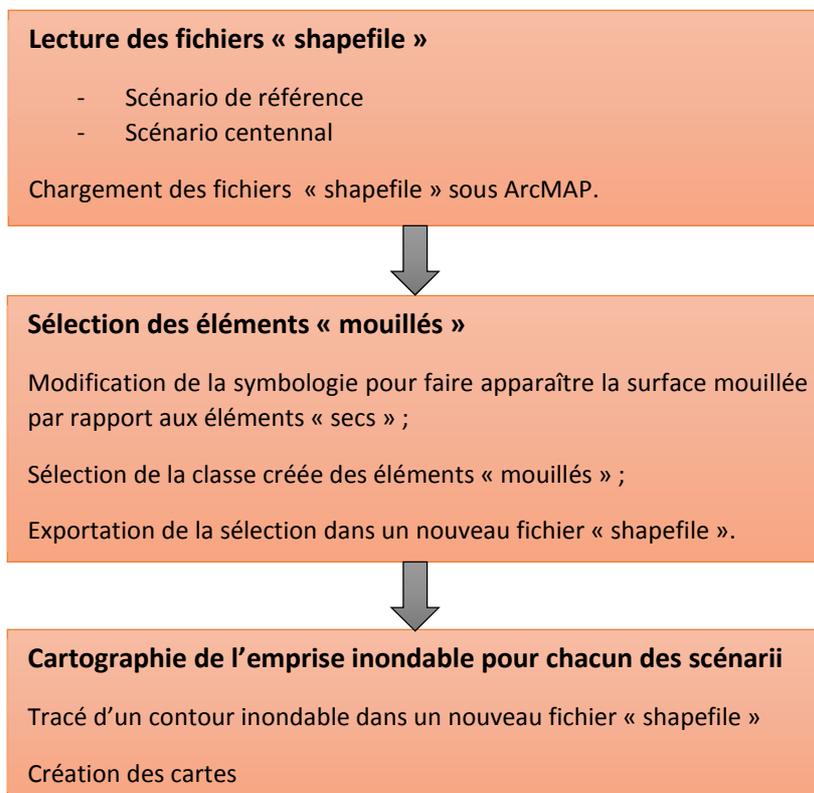


Figure 34 : Logigramme de la cartographie des emprises inondables avec ArcMAP

## 3.4. Résultats sur Fécamp

### 3.4.1. Simulation de l'aléa marin de référence

La simulation est paramétrée pour reproduire l'**aléa de référence Xynthia** sur un cycle de marées (journée du 28.02.2010). L'aléa marin de référence est simulé en transitoire, en tenant compte d'une **élévation du niveau de la mer de 0,2 m** et d'une **marge de sécurité de 0,25 m**.

Paramétrage de la simulation :

- Cote initiale nulle ;
- Application d'une loi de frottement sur le fond (Strickler) ;
- Coefficient de frottement : 50 ;
- Fichier des frontières liquides « évènement de référence ».

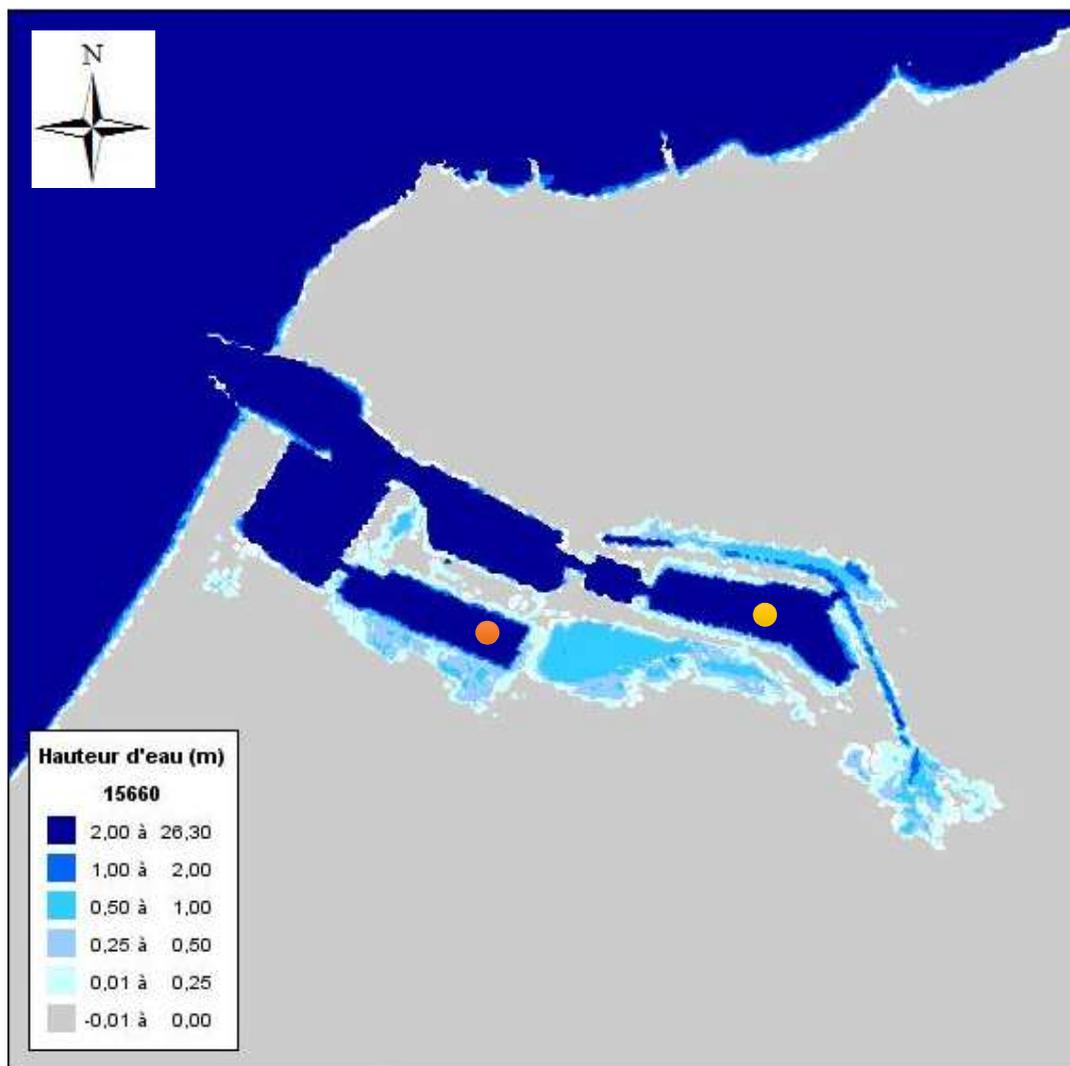


Figure 35 : Emprise inondable maximale pour une submersion marine de référence (Xynthia) sur Fécamp (T+4h36) réalisée sous FUDAA-PREPRO

### Commentaire :

Les résultats de la modélisation de l'aléa submersion marine pour le scénario de référence montrent que **l'emprise reste restreinte à la zone portuaire de Fécamp**. Des débordements faibles se produisent au niveau :

- Du bassin de Bérigny, repéré d'une **pastille orange** sur la carte ci-dessus ;
- Du bassin de Freycinet, repéré d'une **pastille jaune**, qui est connecté à la rivière de la Valmont;
- Au niveau de l'Avant-Port, à la gauche du premier bassin connecté à la mer.

Ces zones impactées sont couvertes principalement par des habitations et des bâtiments industriels ou commerciaux.

Par ailleurs, les niveaux d'eau sur ces zones sont faibles. Avec des hauteurs comprises entre 0,25 et 0,5 m NGF en général, il y a une menace modérée pour la santé.

## 3.4.2. Simulation de l'aléa marin centennal

L'aléa marin de référence est simulé en transitoire en tenant compte d'une élévation du niveau de la mer de 0,6 m et d'une marge de sécurité de 0,25 m. La simulation démarre à la cote initiale nulle.

Paramétrage de la simulation :

- Cote initiale nulle ;
- Application d'une loi de frottement sur le fond (Strickler) ;
- Coefficient de frottement : 50 ;
- Fichier des frontières liquides « évènement centennal ».

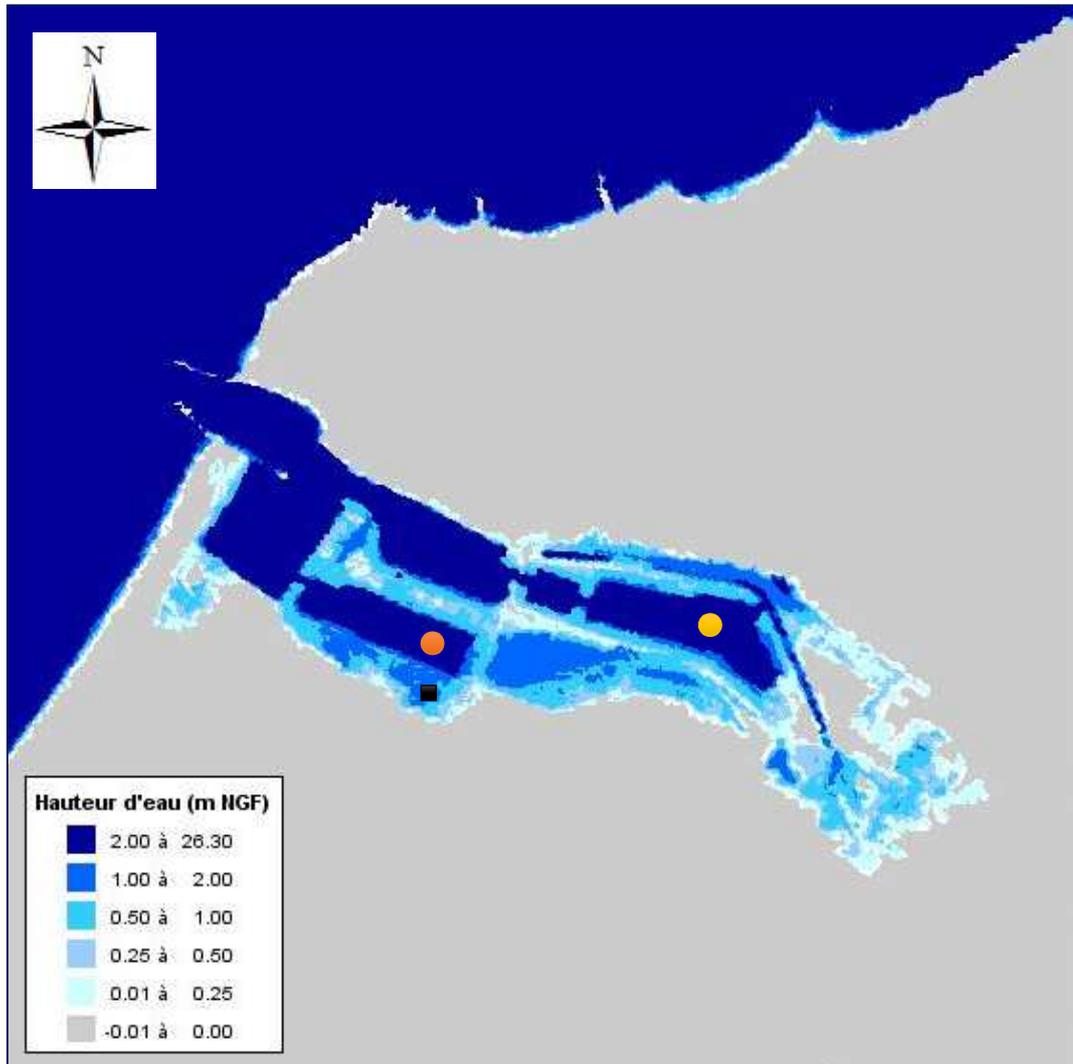


Figure 36 : Emprise inondable maximale pour une submersion marine centennale sur Fécamp (T+4h36) réalisée sous FUDAA-PREPRO

Commentaire :

Les résultats de la modélisation de l'aléa submersion marine pour un évènement centennal montrent que l'emprise reste restreinte à la zone portuaire de Fécamp. Des débordements se produisent au niveau :

- Du bassin de Bérigny, repéré d'une **pastille orange** sur la carte ci-dessus ;

- Du bassin de Freycinet, repéré d'une **pastille jaune** ;
- Au niveau de l'Avant-Port, à la gauche du premier bassin connecté à la mer.

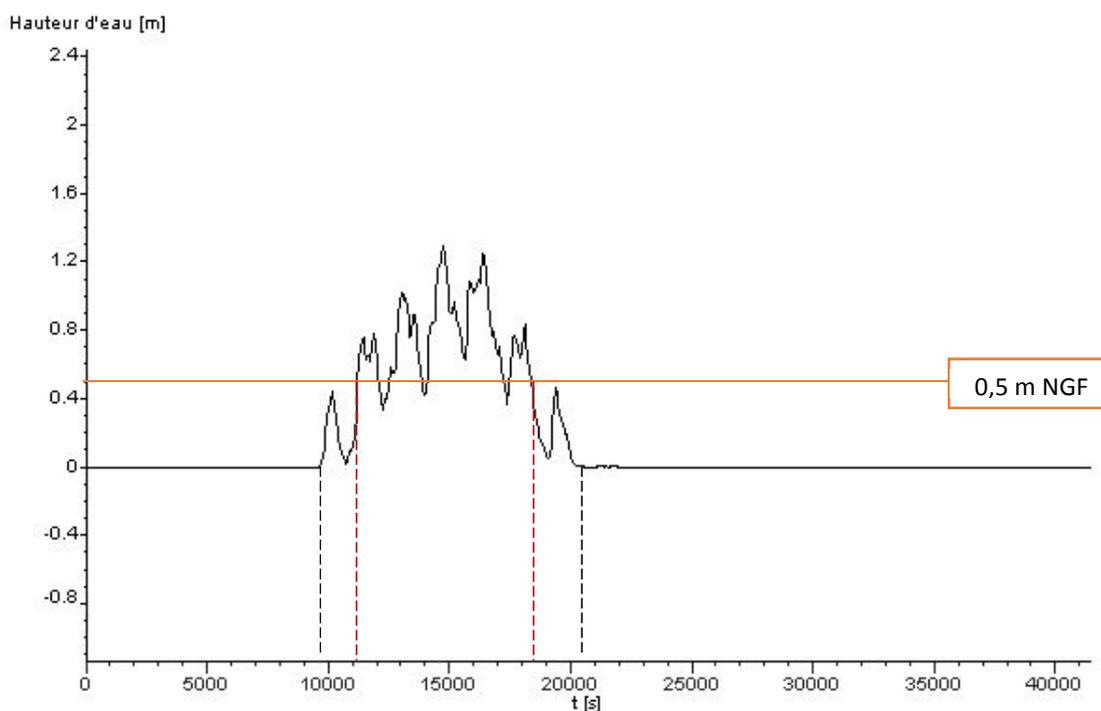
Par ailleurs, les niveaux d'eau sur ces zones sont importants. Avec des hauteurs comprises entre 0,5 et 1 m NGF, il existe un danger élevé pour la santé et la vie des personnes exposées au risque submersion marine.

Le graphique 5 ci-dessous présente l'évolution de la hauteur d'eau au cours du temps pour le **carré noir** représenté précédemment sur la carte de la figure 35.

- Le premier intervalle illustré par des **tirets noirs** montre la durée de l'événement pour laquelle il existe un danger pour les infrastructures présentes et une menace pour la santé et la vie des personnes ;
  - Cette durée d'exposition au risque submersion marine est estimée par lecture graphique de l'intervalle [9 500 s ; 20 500 s] à 2h et 5 min.
- Le second intervalle, représenté par des **tirets rouges**, indique la durée de l'événement pour laquelle il y a un danger pour la santé et la vie des personnes.

Le seuil de 0,5 m a été retenu. Il est estimé comme un niveau d'aléa modéré par la Direction Départementale des territoires et de la Mer de la Seine-Maritime (source : DDTM 76, 2013).

- Cette durée d'exposition au risque submersion marine est estimée par lecture graphique de l'intervalle [11 000 s ; 18 500 s] à 3h et 3 min.



Graphique 5 : Hauteur d'eau en fonction du temps

Une cartographie des emprises inondables pour les scénarii de référence et centennal sur Fécamp est disponible en **annexe 7**.

### 3.4.3. Limites et incertitudes des résultats

La réalisation de l'étude du risque submersion marine sur Fécamp est soumise à des incertitudes liées directement :

- Aux données et à leur traitement ;
- A la modélisation de l'aléa pour chaque scénario et leur représentation cartographique.

#### 3.4.3.1. Analyse statistique des événements extrêmes

Les mesures des hauteurs d'eau relevées sur le marégraphe de Dieppe comportent des incertitudes. En effet, le premier marégraphe de Dieppe a été installé en 1949 et par la suite différents marégraphes se sont succédé :

- Marégraphe à flotteur BRILLE 2A n°2701 (1949-1988) ;
- Marégraphe à flotteur OTT R16 (janv. 1989-fév. 2009) ;
- Marégraphe côtier numérique RONIM (fév. 2009-...).

D'après le guide des mesures marégraphiques du SHOM de 2016, le marégraphe à flotteur a une incertitude à 95 % d'une mesure intégrée sur 2 min de 5-10 cm alors que le marégraphe côtier numérique radar a une incertitude de 2 cm.

Par ailleurs, un intervalle de confiance de 90 % a été calculé sur les hauteurs d'eau extrêmes pour chaque période de retour.

Enfin, les données relevées au marégraphe de Dieppe ont été utilisées pour l'étude de Fécamp. Un ajustement a donc été nécessaire pour tenir compte des différences de hauteur d'eau pour un même événement mais il ajoute des incertitudes aux résultats.

#### 3.4.3.2. Modèles numériques de terrain

Le MNT topo-bathymétrique utilisé pour la modélisation a été construit à partir :

- Des levés LIDAR (de l'anglais *Light Detection And Ranging*) **MNT RGE ALTI** à 1m de résolution. Le MNT a une précision horizontale de 1 m EMQ (Écart Moyen Quadratique) et une précision verticale de + ou - 20 cm ;
- Du MNT Bathymétrique du SHOM à 100 m de résolution. La précision du produit est moins bonne que 1 % de la maille ;

#### 3.4.3.3. Limite de la modélisation hydraulique de l'étude

Pour réaliser ma modélisation, des hypothèses ont été faites.

- Validation de la simulation de la submersion par la reconstitution de la submersion marine par débordement durant la tempête Xynthia.
- Choix d'un **coefficient de Strickler de 50** qui est une valeur retenue à partir du retour d'expérience d'utilisateurs de télémac-2d dans le domaine maritime et sur d'autres études similaires ;
- Non prise en compte des courants transversaux dans le modèle ;

- Non prise en compte des phénomènes de submersion par franchissement ou « paquets de mer » ;
- Absence de traitement particulier sur les ouvrages hydrauliques présents (digues, écluse, ...) ;
- Non-prise en compte de l'influence des cours d'eau de la Valmont et de la Ganzeville sur les résultats du modèle car leur impact est négligeable devant l'aléa submersion marine ;

La prise en compte de ces hypothèses constitue des incertitudes supplémentaires sur les résultats.

Pour conclure, l'incertitude globale des résultats ne peut être estimée car elle n'est pas régie par une loi linéaire qui consisterait à faire la somme de ces incertitudes. En effet, les composantes de ces incertitudes peuvent tout aussi bien être systématiques qu'aléatoires.

La méthodologie « PPRN », que j'ai appliquée à cette étude a été de prendre systématiquement une **marge de sécurité de 0,25 m** qui tient compte de l'ensemble de ces incertitudes dans le tracé de l'emprise inondable.

#### 3.4.4. Analyse critique de l'utilisation du logiciel de modélisation TELEMAR-2D

L'utilisation de ce logiciel a été une innovante pour moi et pour le SOLS. Cela a d'ailleurs impacté le déroulement de mes travaux. Malgré mes expériences acquises sur d'autres logiciels de modélisation (HEC-RAS, MikeUrban, ...), j'ai passé énormément de temps à configurer mes modélisations. L'une des raisons expliquant cette difficulté a été tout d'abord la durée d'apprentissage de ce nouveau logiciel et de son fonctionnement que j'ai effectué en autonomie. En effet, ne disposant pas d'aide technique propre à l'utilisation du logiciel au sein de mon service, j'ai travaillé seul avant de solliciter ensuite ponctuellement différentes personnes extérieures :

- Monsieur **Nicolas KREIS**, mon professeur en hydraulique fluviale à l'ENGEES ;
- Monsieur **Arnaud DOUDOU**, un collègue de travail de la cellule hydraulique de la Direction des Routes du Département de la Seine-Maritime ;
- Monsieur **Jean-Philippe LEMOINE**, Chargé de mission « Hydrodynamique et transport sédimentaire » au Groupement d'Intérêt Public Seine-Aval (GIPSA).

Enfin, la deuxième raison est d'ordre technique. En effet, il s'est avéré que l'ordinateur mis à ma disposition n'était pas suffisamment puissant et adapté à l'utilisation du logiciel de modélisation, ce qui a entraîné des temps de calculs anormalement longs (plus de 24h).

Toutefois, ces difficultés rencontrées, qui ont nécessité de ma part de nombreux ajustements, ont été très formatrices sur le plan analytique et m'ont permis d'acquérir une connaissance fine du fonctionnement du logiciel et de ses potentialités.

## 4. Détermination du périmètre d'action du futur établissement

Le littoral de la Seine-Maritime s'étend sur plus de 155 kilomètres entre Le Havre et Le Tréport. Cette distance correspond au périmètre d'action longitudinal de la future structure de gouvernance auquel s'ajoute le littoral Picard qui se situe dans la même cellule hydrosédimentaire que le littoral Normand. Les rencontres territoriales GEMAPI « élargie » auxquelles j'ai participé avec les différents acteurs du territoire ont validé le fait de déterminer le périmètre d'action vertical en fonction du rôle du futur établissement.

### 4.1. Définition de la future structure de gouvernance du littoral

#### 4.1.1. Les acteurs du littoral

La carte ci-dessus présente les acteurs littoraux du territoire concernés par la création de la nouvelle structure.

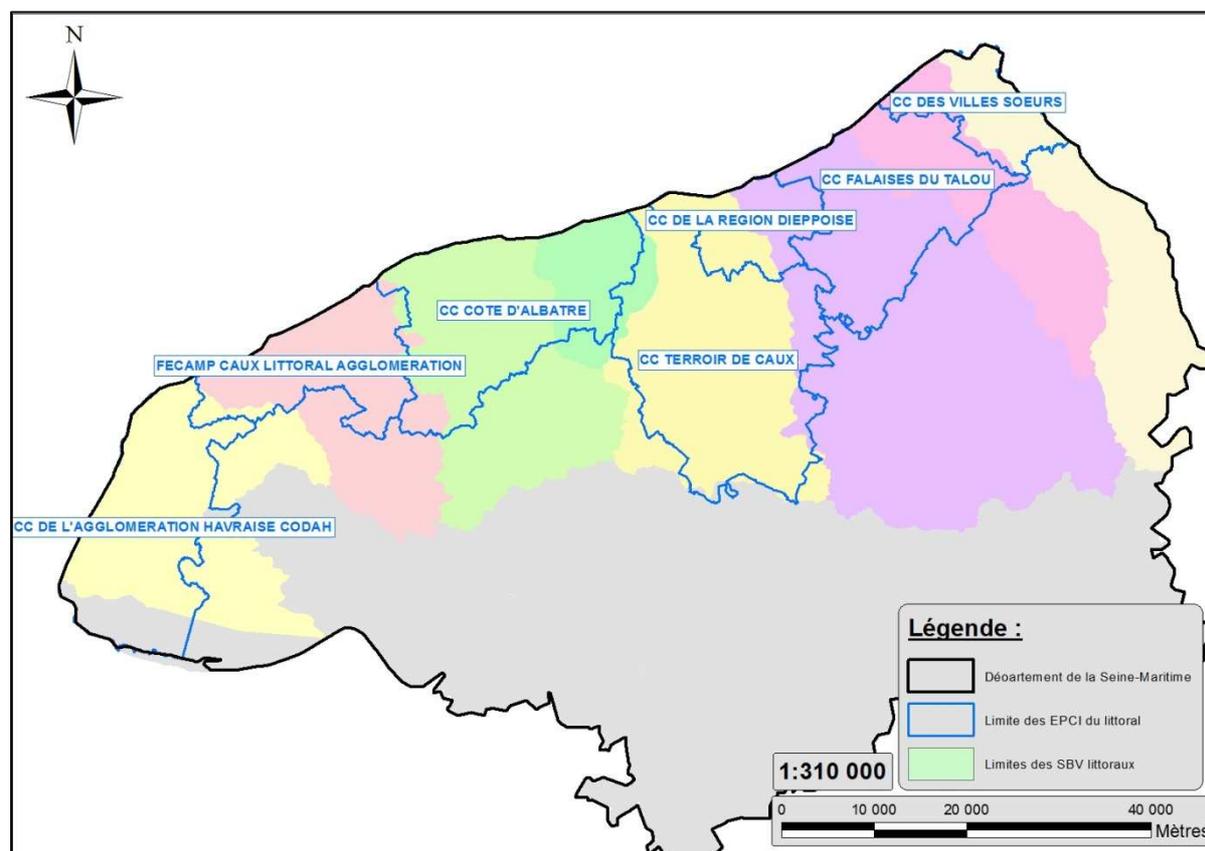


Figure 37 : Carte des acteurs du littoral (source : Julien Ferrage)

On retrouve :

- Le **Département de la Seine-Maritime** qui assure la gestion de la quasi-totalité des ouvrages hydrauliques de défense contre la mer (systèmes d'endiguement classés et ouvrages de maintien des plages) ;

- Les **EPCI** qui ont intégré dans leurs statuts la compétence obligatoire GEMAPI et qui peuvent la transférer aux Syndicats de Bassin Versant (SBV) si elles le souhaitent.

8 EPCI sont présents sur le littoral ;

- Communauté d'Agglomération Havraise ;
  - Communauté de Communes du Canton de Criquetot-L'Esneval ;
  - Communauté d'Agglomération de Fécamp Caux Littoral ;
  - Communauté de Communes de la Côte d'Albâtre ;
  - Communauté de Communes du Terroir de Caux ;
  - Communauté d'Agglomération de la Région Dieppoise ;
  - Communauté de Communes des Falaises du Talou ;
  - Communauté de Communes des Villes Sœurs ;
- Les **Syndicats de Bassin Versant** qui peuvent jouer un rôle d'accompagnement et/ou un rôle opérationnel en réalisant des études techniques ou des travaux. De plus, certains SBV ont reçu par transfert des EPCI à fiscalité propre la compétence GEMAPI ;

8 SBV sont répartis sur le territoire ;

- SBV de la Pointe de Caux Étretat ;
  - SBV de la Valmont et de la Ganzeville ;
  - SBV de la Durdent, Saint Valéry et Veulettes ;
  - SBV du Dun et de la Veules ;
  - SBV Saône, Vienne et Scie ;
  - SBV de l'Arques ;
  - SBV de l'Yères et de la Côte (labellisé EPTB) ;
  - Institution Interdépartementale de la Bresle (labellisé EPTB).
- Les **communes** qui n'ont pas la responsabilité de la compétence GEMAPI mais qui sont responsable de la protection de leur population. Elles n'ont pas été représentées dans la carte précédente par souci de clarté.

Pour l'instant, 39 communes littorales ont été associées à la future structure. Une évolution de ce nombre est à prévoir en fonction de l'intérêt des communes actuellement présentes et d'autres communes intéressées par le projet.

Cette diversité d'acteur se différencie des uns des autres de par leur taille, leur fonction et leur action sur le littoral. L'une des difficultés du projet sera de faire abstraction des intérêts personnels de chaque entité pour la mise en place de la future structure.

À l'occasion des rencontres territoriales, les acteurs ont identifiées les besoins et les axes d'amélioration afin d'établir une stratégie cohérente sur l'organisation et le fonctionnement de la future structure.

## 4.1.2. Les compétences et actions de la future structure

Lors des quatre réunions territoriales, il a été validé que la structure disposera d'un **socle commun de compétences** qui aura un **caractère évolutif**. En effet, l'ensemble des acteurs présents ont identifiées rapidement les actions suivantes à intégrer aux compétences du socle commun :

- Les 4 items de la GEMAPI (1°, 2°, 5° et 8°) ;
- La gestion des ouvrages hydrauliques classés et de maintien des plages ;
- La dynamique sédimentaire ;
- L'inondation des basses vallées ;
- Prise en compte du changement climatique.

Les prestataires mandatés de l'étude de gouvernance littorale rencontrera à son tour les acteurs territoriaux et identifiera leur spécificité (leur rôle, leur action actuelle sur le littoral et leur attentes). Il proposera alors d'autres compétences qui pourront directement intégrer le socle commun, dans un futur à court et moyen terme (caractère évolutif de la structure) et qui seront soumises à un arbitrage politique.

La suite de mon TFE consiste à définir le périmètre d'action latéral sur des bases techniques et scientifiques rigoureuses, c'est-à-dire d'identifier les emprises inondables par des évènements extrêmes de type submersion marine.

## 4.2. Proposition d'un périmètre d'action latéral de la structure littorale

Dans le sous-chapitre précédent, nous avons identifié les acteurs du littoral et leur rôle général. Le futur établissement de gouvernance sur la frange littorale de la Seine-Maritime aura un socle commun de compétences, dont la GEMAPI et la gestion du trait de côte délimiteront son périmètre d'action.

La modélisation hydraulique de la submersion marine pour différents scénarii sur Fécamp a été réalisée pour cartographier des emprises inondables sur un secteur méconnu afin d'aboutir à une cartographie sur l'ensemble de la frange du littoral.

### 4.2.1. Présentation de la méthodologie pour le tracé du périmètre

Il a été décidé en interne (SOLS) d'estimer l'**emprise globale par projection sur le MNT RGE ALTI 5M pour les scénarii de référence et centennal**. Ce travail a été réalisé sous ArcMAP à l'aide des résultats que j'ai produits et de l'analyse des PPRN Littoraux de la Seine-Maritime (Dieppe/Criel-sur-Mer) et du rapport TRI (Territoire à Risque important d'Inondation) du Havre.

Les PPRN littoraux ont retenu les niveaux extrêmes suivants pour le scénario centennal :

- Criel-sur-Mer : **6,40 m NGF** ;
- Dieppe : **6,67 m NGF** ;

Le TRI du Havre a retenu une cote de niveau extrême de **7,09 m NGF**.

Afin d'avoir une vue d'ensemble du littoral de la Seine-Maritime qui puisse être exploitable, une sectorisation des projections des emprises des submersions marines a été faite en **annexe 8**.

## 4.2.2. Périmètre d'action de la structure littorale

Chaque secteur représenté sur l'annexe 8 a fait l'objet d'une cartographie à l'échelle **1 : 50 000**. Au total, 7 cartes ont été réalisées.

- Secteur 1 : Le Havre ;
- Secteur 2 : Étretat ;
- Secteur 3 : Fécamp ;
- Secteur 4 : Saint-Valéry-en-Caux ;
- Secteur 5 : Saint-Aubin-sur-Mer ;
- Secteur 6 : Dieppe ;
- Secteur 7 : Criel-sur-Mer.

L'ensemble de ces cartographies sont disponibles dans les **annexes 9 à 15**.

Au final, le périmètre d'action aura la forme d'une **ligne bordant le littoral de la Seine-Maritime avec des pointes plus ou moins allongées correspondant aux zones basses soumises à l'influence maritime**, comme le montrent les annexes 8 à 15.

## Conclusion

---

La Loi MAPTAM du 27 janvier 2014 prévoit que les Établissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI) soient compétents en matière de GEMAPI à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2018. Les Départements historiquement impliqués dans cette thématique, comme le Département de la Seine-Maritime qui gère l'ensemble des ouvrages de défense contre la mer sur le littoral, peuvent toutefois poursuivre leurs interventions, en collaboration avec les EPCI suite à l'amendement de la récente Loi Fesneaux du 30 décembre 2017.

Afin de conserver une **gestion globale et cohérente du risque inondation** à l'échelle du littoral, le **Département et la Préfecture de Seine Maritime** ont souhaité proposer aux élus locaux de lancer une réflexion autour d'une organisation commune (séminaire du 17 janvier 2018). Cette association regroupera l'ensemble des acteurs concernés par la GEMAPI et la gestion du trait de côte : les EPCI, les Syndicats de Bassin Versant, les communes littorales et le Département. Dans le cadre de cette rencontre, les échanges ont rapidement convergé sur la pertinence d'une **organisation collective et concertée pour agir sur l'ensemble de la façade littorale**. Les élus ont souligné le véritable intérêt à travailler ensemble et la nécessité de pouvoir s'appuyer sur une structure de gouvernance unique à l'échelle du littoral seino-marin, associant l'ensemble des acteurs concernés, disposant de moyens adaptés, mutualisés et coordonnés dès mi-2019.

Les échéances très courtes du calendrier : de la rédaction du Cahier des Charges de l'étude et de sa réalisation à la création de la structure, tiennent compte des prochaines campagnes électorales. En effet, un renouvellement du paysage politique de la Seine-Maritime est à prévoir lors des municipales de 2020 et pourrait par la même occasion constituer un frein à l'émergence de cette structure.

Ainsi une **étude de gouvernance littorale** est actuellement menée par le groupement LANDOT & associés / Challenge Publics / SETEC HYDRATEC depuis septembre 2018. Le groupement de l'étude doit accompagner les collectivités du littoral de la Seine-Maritime dans la création d'une structure de gestion et de coordination de la GEMAPI et du trait de côte à l'échelle de la frange littorale.

En parallèle de cette étude, un autre projet, objet de mon TFE, mené en interne au Département de la Seine-Maritime (SOLS) a consisté à réaliser **un état des lieux des phénomènes hydrauliques, de la dynamique côtière, et des ouvrages de défense contre la mer du littoral Normand**. Puis, une modélisation du risque submersion marine a été réalisée sur la commune de Fécamp afin de pouvoir apporter des éléments techniques concernant la vallée de Fécamp qui nécessitait de la part des services de l'État (DDTM de la Seine-Maritime) d'une expertise hydraulique plus fine qu'auparavant.

La méthodologie de type PPR a été retenue pour la modélisation avec la simulation de niveaux extrêmes pour un scénario de référence Xynthia et un scénario centennal avec une prise en compte à chaque fois du changement climatique. De plus, La corrélation des résultats de l'étude hydraulique sur la commune de Fécamp avec les conclusions des PPRN Littoraux (Criel-sur-Mer, Dieppe) et du TRI du Havre a servi au tracé du périmètre d'action technique de la structure littoral.

Le travail que j'ai mené tout au long de cette année sera poursuivi par les prestataires de l'étude de gouvernance littorale. En s'appuyant sur le contexte maritime du littoral Normand et sur le tracé du périmètre d'action technique, il en précisera un nouveau contour **qui tiendra compte d'autres aspects (économiques, politiques, ...)** et qui sera soumis à un arbitrage par les élus et les acteurs locaux.

Après l'avis favorable de la proposition, le groupement de l'étude formulera des **propositions de gouvernance et d'accompagnement du territoire** dans la création d'une structure adaptée à l'échelle de la frange littorale et d'intégrer dans la réflexion l'adaptation au changement climatique qui impactera le littoral à moyen termes. Il définira ainsi un socle commun de compétences de la structure qui sera restrictif au lancement de la structure de gouvernance afin de pouvoir assurer de manière efficace ces actions sur son territoire.

Néanmoins, le groupement proposera également des **scénarii d'évolution de la structure** par la prise de compétences supplémentaires selon ses besoins et si son fonctionnement le lui permet mais aussi au regard des Lois MAPTAM, NOTRe et Fesneaux.

## Bibliographie

---

### 1. OUVRAGE

- AUGRIS C., CLABAUT P., COSTA S., GOURMELON F., LATTEUX B. **Évolution morpho-sédimentaire du domaine littoral et marin de la Seine-Maritime**. Ifremer, Conseil Départemental de la Seine-Maritime, EDF. Éd. Ifremer, Bilans & Prospectives, 2004, 159 p. ISBN 2-84433-132-7.
- CETMEF. **Analyse statistique des niveaux d'eau extrêmes – Environnements maritimes et estuariens**. Xavier KERGADALLAN - CETMEF, 2013, 182 p. ISBN 978-2-11-129364-9.
- CEREMA, **Étude des systèmes de protection contre les submersions marines – Méthodologie et études de cas issues du retour d'expérience Xynthia**. Guide technique. IGIGABEL M. - CEREMA, 2016, 446 p. ISBN 978-2-37180-118-9.
- ONEMA, **Regards des sciences sociales sur la mise en œuvre des politiques de l'eau**. NARCY J. - Edition ONEMA "Comprendre Pour Agir" N°9, 2013, 156 p. ISBN 979-10-91047-24-1
- SIMON B. **La marée – La marée océanique côtière**. Institut Océanographique, 2007. 433 p. (Collection Synthèses). ISBN 2903581329

### 2. CHAPITRE D'OUVRAGE

- HELLEQUIN A. et al. **Perceptions du risque de submersion marine par la population du littoral languedocien : contribution à l'analyse de la vulnérabilité côtière**. Natures Sciences Sociétés, 2013/4, (Vol. 21), p. 385-399.

### 3. THÈSE ou MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

- LETORTU Pauline. **Le recul des falaises crayeuses haut-normandes et les inondations par la mer en Manche centrale et orientale : de la qualification de l'aléa à la caractérisation des risques induits**. Thèse de Doctorat, Géographie physique, humaine, économique et régionale, Université de Caen Basse-Normandie, 2013. 414 p.

### 4. CONTRIBUTION

- GIEC. **Changements climatiques 2014: Rapport de synthèse**. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse 2014, 161 p. [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_fr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf)
- CD76. **Cahier des Clauses Particulières**. Étude d'aide à la création d'une structure de coordination et de gestion du risque d'inondations, des milieux aquatiques et du trait de côte sur la frange littoral de la Seine-Maritime. 2018, 33 p.
- CD76. **État des lieux de la gestion des risques sur le littoral de la Seine-Maritime**. Formulaire pour les communes. 2018, 19 p.
- CD76. **Diagnostic des ouvrages de protection du front de mer**. Rapports des visites techniques approfondies de Criel-sur-Mer. ARTELIA. 2016, 50 p.
- CD76. **Diagnostic des ouvrages de protection du front de mer**. Rapports des visites techniques approfondies d'Étretat. ARTELIA. 2016, 70 p.

- CD76. **Diagnostic des ouvrages de protection du front de mer.** Rapports des visites techniques approfondies de Pourville-sur-Mer. ARTELIA. 2017, 79 p.
- CD76. **Diagnostic des ouvrages de protection du front de mer.** Rapports des visites techniques approfondies de Quiberville-sur-Mer/Sainte-Marguerite-sur-Mer. ARTELIA. 2017, 76 p.
- CD76. **Diagnostic des ouvrages de protection du front de mer.** Rapports des visites techniques approfondies de Saint-Aubin-sur-Mer. ARTELIA. 2017, 63 p.
- CD76. **Diagnostic des ouvrages de protection du front de mer.** Rapports des visites techniques approfondies de Veulettes-sur-Mer/Paluel. ARTELIA. 2017, 50 p.
- MARON P., FAURE T. Centre d'Hydraulique Canadien du Centre National de Recherches Canada. **Manuel d'initiation pour le mailleur BlueKenue\***. 2013, 61 p.
- SYNDICAT BAIE DE SOMME ET GRAND LITTORAL PICARD. **Développement du programme d'action prévention inondation projet de l'estuaire de la Bresle à l'estuaire de l'Authie.** Note technique sur la prise en compte des surcotes et complément à la définition des scénarios de référence. ARTELIA. 2014, 21 p.
- SYNDICAT BAIE DE SOMME ET GRAND LITTORAL PICARD. **Développement du programme d'action prévention inondation projet de l'estuaire de la Bresle à l'estuaire de l'Authie.** Note technique sur la définition des états futurs au fil de l'eau. ARTELIA. 2014, 12 p.
- SYNDICAT BAIE DE SOMME ET GRAND LITTORAL PICARD. **Développement du programme d'action prévention inondation projet de l'estuaire de la Bresle à l'estuaire de l'Authie.** Note technique sur la définition des scénarios de rupture d'ouvrages. ARTELIA. 2014, 12 p.

## 5. DOCUMENTS NUMÉRIQUES

- DTecEMF. **Pré-processeur Télémac.** [Page de site internet] CEREMA. [consulté en Août 2018] <http://prepro.fudaa.fr/>
- Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer. **Tout savoir sur la GEMAPI.** Guide méthodologique [en ligne], 2017, 12 p. [consulté le 16/08/2018] [http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/20170227\\_La%GEMAPI\\_vdif.pdf](http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/20170227_La%GEMAPI_vdif.pdf)
- ONML. **Fiche « Densité de population des communes littorales en 2010 et évolution depuis 1961-1962 ».** Démographie, Occupation du sol et Logement [en ligne], 2013, 4 p. [consulté le 24/04/2018] [http://www.onml.fr/onml/f/fiche\\_complete.php?id\\_fiche=90&auth=NOK](http://www.onml.fr/onml/f/fiche_complete.php?id_fiche=90&auth=NOK)
- ROLNP. **Atlas : Transit sédimentaire du littoral ; Érosion et sédimentation du trait de côte.** [consulté en 18.09.2018] [https://maps.rolnp.fr/atlas/Dynamique\\_et\\_risques/#floatingPanel](https://maps.rolnp.fr/atlas/Dynamique_et_risques/#floatingPanel)
- SHOM. **Mesures marégraphiques.** Guide technique version 2.1 [en ligne], 2016, 39 p. [consulté le 20/09/2018] <http://agora.shom.fr/docQual/2016/GU/GU2016-006>
- SYSTÈME DE MODÉLISATION TELEMAC. **Hydrodynamique bidimensionnelle Logiciel TELEMAC-2D, Version 6.2 Manuel de l'utilisateur.** 2013, 126 p. [consulté en Août/Sept.2018] <http://www.opentelemac.org/index.php/manuals/summary/13-telemac-2d/179-telemac-2d-manuel-utilisateur-fr-v6p2>
- SYSTÈME DE MODÉLISATION TELEMAC. **Hydrodynamique bidimensionnelle Logiciel TELEMAC-2D, Version 6.2 Manuel de référence.** 2013, 95 p. [consulté en Août/Sept.2018] <http://www.opentelemac.org/index.php/manuals/summary/13-telemac-2d/180-telemac-2d-manuel-de-reference-fr-v6p2>

SYSTÈME DE MODÉLISATION TELEMAC. **Hydrodynamique bidimensionnelle Logiciel TELEMAC-2D, Version 7.0 Document de validation**. 2015, 187 p. [consulté en Sept.2018]  
<http://www.opentelemac.org/index.php/component/jdownloads/summary/29-validation/1398-telemac2d-validation-v7p0?Itemid=57>

## 6. TEXTES OFFICIELS

FRANCE. MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE  
**Décret n°2007-1735 du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques et au comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques et modifiant le code l'environnement.**

[consulté le 21/08/2018]

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000017641418>

**Arrêté du 29 février 2008 fixant des prescriptions relatives à la sécurité et à la sûreté des ouvrages hydrauliques.**

[consulté le 21/08/2018]

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000018276580>

**Décret n°2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques.**

[consulté le 21/08/2018]

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000030591079&categorieLien=id>

DDTM SEINE-MARITIME. **Plan de prévention des risques naturels d'inondation des vallées de la Valmont et de la Ganzeville**. Rapport de présentation. 2011, 121 p.

DDTM SEINE-MARITIME. **La prise en compte des risques naturels dans l'instruction des dossiers d'autorisation du droit des sols : Modalités d'application au Département de la Seine-Maritime**. Risques liés aux inondations par débordement des cours d'eau, aux ruissellements et aux remontées de nappe. 2013, 21 p.

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT. **Commune de Criel-sur-Mer, Élaboration du Plan de Prévention des Risques naturels Inondation et Éboulement de falaise**. Rapport Phase 1 : Analyse préalable du site, caractérisation des aléas et enjeux, cartographie. 2014, 201 p.

Le ROY S., PARIS F., ROHMER J., PEDREROS R., LECACHEUX S., RIDEL L., BULTEAU T., AYACHE B. (2017) – **Caractérisation de l'aléa submersion marine dans le cadre de la révision du PPRI du bassin de l'Arques** – Cartographie de l'aléa sur les communes de Dieppe, Martin-Eglise et Rouxmesnil-Bouteilles. Rapport final. BRGM/RP-66697-FR, 133 p., 93 ill., 4 ann.



## Table des annexes

---

ANNEXE 1 : COMPTE-RENDU DES RENCONTRES TERRITORIALES.....	72
ANNEXE 2 : PLANNING PRÉVISIONNEL DU TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDE .....	77
ANNEXE 3 : CARTOGRAPHIE DES ALÉAS SUR LA COMMUNE DE FÉCAMP – PPRI DES VALLÉES DE LA VALMONT ET DE LA GANZEVILLE..	78
ANNEXE 4 : RÉSULTATS DE L'ÉTUDE MARITIME DES ÉVÉNEMENTS EXTRÊMES .....	79
ANNEXE 5 : AJUSTEMENT DES DONNÉES DU MARÉGRAPHE DE DIEPPE À FÉCAMP – COEFFICIENT DE MARÉE 102, 28/02/10.....	80
ANNEXE 6 : PARAMÈTRES DU FICHER DE SIMULATION « P20_CAS » .....	81
ANNEXE 7 : EMPRISES DES SUBMERSIONS MARINES SUR FÉCAMP POUR LES SCÉNARIIS DE RÉFÉRENCE ET CENTENNAL.....	82
ANNEXE 8 : SECTORISATION DES PROJECTIONS DES EMPRISES DES SUBMERSIONS MARINES DU LITTORAL DE LA SEINE-MARITIME.....	83
ANNEXE 9 : PÉRIMÈTRE D'ACTION DE LA STRUCTURE, SECTEUR 1 - LE HAVRE.....	85
ANNEXE 10 : PÉRIMÈTRE D'ACTION DE LA STRUCTURE, SECTEUR 2 - ÉTRETAT.....	87
ANNEXE 11 : PÉRIMÈTRE D'ACTION DE LA STRUCTURE, SECTEUR 3 - FÉCAMP .....	89
ANNEXE 12 : PÉRIMÈTRE D'ACTION DE LA STRUCTURE, SECTEUR 4 - SAINT-VALÉRY-EN-CAUX .....	91
ANNEXE 13 : PÉRIMÈTRE D'ACTION DE LA STRUCTURE, SECTEUR 5 - SAINT-AUBIN-SUR-MER .....	93
ANNEXE 14 : PÉRIMÈTRE D'ACTION DE LA STRUCTURE, SECTEUR 6 - DIEPPE.....	95
ANNEXE 15 : PÉRIMÈTRE D'ACTION DE LA STRUCTURE, SECTEUR 7 - CRIEL-SUR-MER .....	97

## Annexe 1 : Compte-rendu des rencontres territoriales

# SYNTHESE

## RENCONTRES TERRITORIALES GEMAPI « ELARGIE » LITTORAL

### 1. Les objectifs de ces rencontres territoriales :

Le séminaire du 17 janvier 2018, à Paluel, a acté la nécessité de créer une structure unique pour la gestion du littoral et d'étudier les conditions et modalités de gouvernance de cette structure pour identifier ses missions, son périmètre ses clés de financement, etc...

Voulues par Pascal MARTIN, Président du Département et Fabienne BUCCIO, Préfète de la Seine-Maritime, des rencontres territoriales ont été réalisées afin :

- D'échanger directement avec les acteurs sur leurs projets de territoire, leurs attentes sur les missions de la future structure ;
- D'identifier les nouveaux enjeux liés au littoral de la côte d'Albâtre qui pourraient fédérer l'ensemble des acteurs et qui seront susceptibles d'être portés par la future structure ;
- De traduire, dans le projet d'étude de gouvernance, les besoins et contraintes des différents acteurs en matière de compétences, de modes de fonctionnement et d'organisation, de calendrier, ...

### Calendrier des rencontres territoriales GEMAPI « élargie » suivies :

- Communauté de l'Agglomération Havraise (CODAH) – Criquetot l'Esneval : Le 14 mars 2018 à Étretat ;
- Terroir de Caux / SBV Saane Vienne Scie / Communauté d'agglomération de Dieppe Maritime / SBV de l'Arques / Béthune / Varenne / Eaulne: Le 21 mars 2018 à Bacqueville-en-Caux ;
- Communauté de communes de la côte d'Albâtre / Communauté d'agglomération de Fécamp / SBV Dun Veules / SBV Durdent : 27 mars 2018 à Cany-Barville ;
- Communauté de communes des falaises du Talou / Communauté de communes des Villes Sœurs / SBV de l'Arques / EPTB de l'Yères / EPTB de la Bresle : 30 mars 2018 à Eu

### 2. Présentation actuelle des acteurs du littoral seino-marin

Actuellement, les acteurs concernés par la GEMAPI sont multiples et ont des échelles d'interventions variées. On retrouve :

- les **EPCI**, nouvelles autorités compétentes de la GEMAPI ;
- les **Syndicats de Bassins Versants** qui traitent déjà le volet GEMA et la Prévention des Inondations dans les bassins versants à des degrés d'intervention divers (études, travaux, ..) ;
- les **Communes** avec notamment les Plans Communaux de Sauvegarde et la police du maire ;
- le **Département de la Seine-Maritime** avec sa gestion historique d'ouvrages hydrauliques classés / non-classés et son action sur les descentes à la mer du littoral seino-marin ;

- Le **Conservatoire du littoral** qui a un rôle important en termes de foncier et de GEMA ;
- Les **services de l'État** (gestion des crises).

Il y a donc un intérêt commun à considérer le littoral d'une manière générale. La structure a pour ambition de fédérer l'ensemble des acteurs exerçant la GEMAPI, voire au-delà, et ainsi d'avoir une logique plus globale à l'échelle du littoral. Elle permettra notamment de réduire les dispositifs pour la gestion de la GEMAPI « élargie ».

De plus, lors du séminaire, la nécessité d'aboutir à ce type de structuration (EPAGE/ EPTB) avait fait l'unanimité auprès des élus réunis.

La Préfète et le Président de la Seine-Maritime ont ainsi décidés dans un premier temps de réaliser une étude d'aide à la création d'une structure de gestion de la compétence GEMAPI « élargie » sur la frange littorale de la Seine-Maritime qui serait faite en concertation avec les EPCI. Le second temps serait d'aboutir au 1er janvier 2019 à la création de cette structure.

### **3. Les principales thématiques abordées et ayant fait l'objet de débats lors de ces réunions territoriales**

#### **3.1. Déroulé, calendrier et structure de l'étude**

- L'agencement des 3 phases du projet n'a pas été remis en question ;
- Calendrier : les avis divergent quant à la durée globale de l'étude.

Les délais de réalisation de l'étude imposés par la Préfète et le Président de la Seine-Maritime sont restreints. L'une des remarques faites lors de ces réunions littorales concernait le temps relativement court, consacré à l'étude. Les acteurs présents ont souligné l'importance d'une telle structure dans le futur mais ont également insisté sur la nécessité de donner du temps au bureau d'étude retenu pour ses réflexions.

Les échéances sont issues de différentes contraintes :

- Les exigences de la Préfète et du Président en termes de rendu ;
- Le futur calendrier électoral des municipales de 2019 à 2020 ;
- Le calendrier réglementaire du Décret digue avec des échéances en 2019.

L'objectif initial est que l'étude soit terminée en octobre 2018 pour que le Président du Département de la Seine-Maritime puisse adopter en Conseil départemental les statuts de son adhésion avant la fin de l'année 2018.

Quelques propositions ont été avancées :

- Une prolongation significative (8 mois) de cette durée pour permettre la concertation (terroir de Caux, SBV Saane Vienne et Scie) ou pour réaliser un état des lieux le plus abouti possible (AESN le 30 mars) ;
- Une prolongation de 2 mois pour permettre une meilleure concertation avec les acteurs.

Un doute sur la tenue des délais se pose également pour l'organisation des comités techniques et de pilotage. Si l'on souhaite une validation et une acceptation du projet de structure territoriale et par conséquent une adhésion de tous, un certain nombre d'éléments (éléments techniques, chiffrage) doivent être étudiés et analysés au préalable. Pour les acteurs présents, le respect des délais est au détriment de la qualité de l'étude et par la suite de l'adhésion de ces mêmes personnes. Il est donc

important de définir un socle commun avec une prise en compte de l'évolution dans le temps tel que dit précédemment pour conserver cette adhésion.

Il a été proposé de fixer le nombre de scénarii en phase 2, afin de maîtriser le coût et le délai de l'étude.

### 3.2. Compétences et missions de la future structure

Le cadrage de l'étude a été signifié dès le début avec notamment un socle commun de compétences et une limitation du périmètre vertical aux influences maritimes.

- L'exercice des 4 items de la GEMAPI stricte. À noter que la Communauté de l'Agglomération Havraise (CODAH) et la Communauté de communes des Villes Sœurs envisageraient de ne confier que le volet « défense contre la mer » de l'item 5 à la structure (délégation ou transfert) unique ;
- La gestion des ouvrages « gémapiens » et « non gémapiens » : Les différents acteurs rencontrés sont vigilants à ce que la future structure ne se limite pas à reprendre la maîtrise d'ouvrage actuelle du Département sans aucune approche plus fédératrice à l'échelle du littoral et sans aucune autre valeur ajoutée ;
- La prise en compte de la dynamique sédimentaire à l'échelle du littoral est une future mission de la future structure qui remporte un consensus global ;
- L'inondation des basses vallées. L'agglo de Dieppe (territoire avec un TRI) souhaite apporter un éclairage sur le lien entre GEMAPI et la SLGRI. La future structure a-t-elle vocation à intégrer les problématiques liées à la prévention des inondations au-delà de la GEMAPI et tel que le prévoit le SLGRI (culture du risque, réduction de la vulnérabilité, ...). Qu'en est-il des territoires non dépourvus de TRI et sur lesquels ces actions peuvent être envisagées ?

### 3.3. Prise en compte du caractère évolutif des compétences de la structure et de la possibilité de fonctionner « à la carte »

- Caractère évolutif de la structure : Les agglomérations de Dieppe et Fécamp suggèrent de l'intégrer dans le projet de statut de la future structure ;
- Exercice de la GEMA (voir aussi le point sur le périmètre latéral) : attentes très divergentes selon les statuts actuels des structures existantes (EPTB de l'Yères intervient sur la GEMA littoral) ou bien en fonction des choix d'ores et déjà opérés (la CODAH n'envisagerait pas de la transférer à la future structure) ou possibilité ouverte à un fonctionnement à la carte. Cas particulier de la Restauration de la Continuité Écologique (RCE) : limiter l'intervention de la future structure au niveau de la buse estuarienne (SBV Saane Vienne Scie) ;
- La gestion du trait de côte : attente des acteurs sur un spectre très large : la ville d'Étretat et l'Agglomération de Dieppe souhaitent un portage par la structure des problèmes d'effondrement de falaises (niveau d'intervention non précisé). D'autres acteurs proposent de prendre le temps de faire réaliser un état des lieux par la future structure pour en préciser le contenu ;
- Le développement des connaissances et portage d'études, comme le souhaite l'Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN). Ces études peuvent porter sur des problématiques émergentes (changement climatique, repli stratégique, ...) ou de l'aide à la décision (gestion du trait de côte, état des lieux des acteurs de la GEMA, ..) ;

- Les autres missions susceptibles d'être portées par la structure : profil de vulnérabilité, suggéré par le SBV Arques. ;
- Élargissement des missions de la structure à d'autres compétences comme le tourisme, le volet RCE, l'aménagement : attentes très divergentes des acteurs. La Communauté de communes du terroir de Caux ne souhaite pas faire le doublon avec le SMA en matière de tourisme et reste vigilante à ne pas créer une « superstructure pour éviter de s'éparpiller dans d'autres thématiques ». D'autres acteurs sont plus ouverts à élargir ses compétences (réunion du 30 mars), à l'instar du syndicat mixte du grand littoral Picard.

### 3.4. Périmètre géographique longitudinal et latéral

#### Périmètre longitudinal :

Il existe un consensus global pour intégrer l'ensemble du littoral de la Seine Maritime. Ce périmètre s'étendrait du Havre au Tréport. Il implique des investissements conséquents avec des territoires plus vulnérables que d'autres (Fécamp, Étretat, ...).

Un besoin exprimé le 30 mars dernier par la Communauté de communes des Villes Sœurs, couvrant les 2 départements (76, 80) est la prise en compte de la particularité du littoral et la possibilité de l'isoler de la GEMA. Néanmoins, il est impossible d'envisager une sécabilité territoriale de l'item 5 (volet défense contre la mer) à l'échelle de son territoire.

#### Périmètre latéral :

Le périmètre vertical concerne la frange littorale avec plus ou moins d'épaisseur. Une limitation du périmètre au niveau de l'influence maritime sur les terres est à l'étude (Interface terre / mer) avec la problématique de submersion marine.

#### Volet « Prévention des Inondations » :

Le SBV Dun Veules et la ville d'Étretat souhaitent plutôt un périmètre qui intégrerait la totalité des bassins versants du littoral. La plupart des acteurs souhaite un périmètre limité aux influences marines, dans un souci de préserver l'intégrité des syndicats des bassins versants et de clarifier le partage des compétences du volet « défense contre la mer » de l'item 5. À noter que le Département effectue en interne l'étude du tracé de ce périmètre.

#### Volet GEMA littoral :

La multitude des acteurs de la GEMA, ainsi que la diversité d'intervention des SBV sur cette thématique nécessitent un approfondissement de l'exercice de la GEMA littoral soit par le prestataire du Département, soit dans le cadre d'une étude spécifique, et en concertation avec les acteurs.

### 3.5. Clé de répartition financière, lien avec la taxe GEMAPI

Quelques interrogations sur le maintien de l'investissement financier du département au même titre que sa maîtrise d'ouvrage actuelle, notamment au regard d'un éventuel levé de la taxe GEMAPI

D'une manière générale, les attentes s'orientent vers une articulation entre les différentes sources de financement : avec le Département (via sa maîtrise d'ouvrage, certains acteurs ont soulevé la possibilité « d'utiliser la taxe départementale ENS », ..), avec l'éventuel taxe GEMAPI (articulation avec les SBV, notamment pour le volet « défense contre la mer »).

### 3.6. Logique de délégation ou de transfert

Ce séminaire a permis de réaffirmer le rôle du Département de la Seine-Maritime dans sa gestion du littoral et de conforter sa légitimité. En effet, la promulgation de la loi Fesneau du 30 décembre 2017 permet au Département d'adhérer à une structure littorale.

#### Le transfert :

Le Département de la Seine-Maritime et les EPCI qui ont des ouvrages classés et d'autres non-classés mais qui présentent un intérêt peuvent dans ce cas-ci être transféré à la structure. Ainsi, le Département de la Seine-Maritime continuerait son action sur le littoral à travers cet établissement.

#### La délégation :

La délégation est un des outils de fonctionnement envisageables mais qui comporte un risque d'instabilité au niveau de la structure. Or, le souhait de tous est de disposer d'une structure fiable et viable sur le long terme.

#### Le conventionnement :

L'un des scénarii possibles est le conventionnement avec le transfert de compétence des EPCI à la future structure. Son avantage réside dans le fait d'être une solution alternative aux deux précédentes permettant d'apporter de la souplesse le temps de la mise en place de la structure.

### 3.7. Champs d'intervention

Le Département de la Seine-Maritime et la DDTM de Dieppe envisagent d'aboutir à une structure simple et pragmatique mais qui puisse être évolutive dans le temps, c'est-à-dire que l'on construit un socle commun accepté de tous d'une part et que d'autre part, puis il y aura une décision de traiter d'autres domaines de compétences souhaitées (exemple du repli stratégique, du changement climatique, ...) en ajustant les statuts.

Un souhait soulevé par les personnes rencontrées est d'être ambitieux afin que la structure apporte une réelle plus-value par rapport à l'existant. Cette future structure ne doit en aucun cas ni se substituer ni se contenter du rôle actuel du Département de la Seine-Maritime.

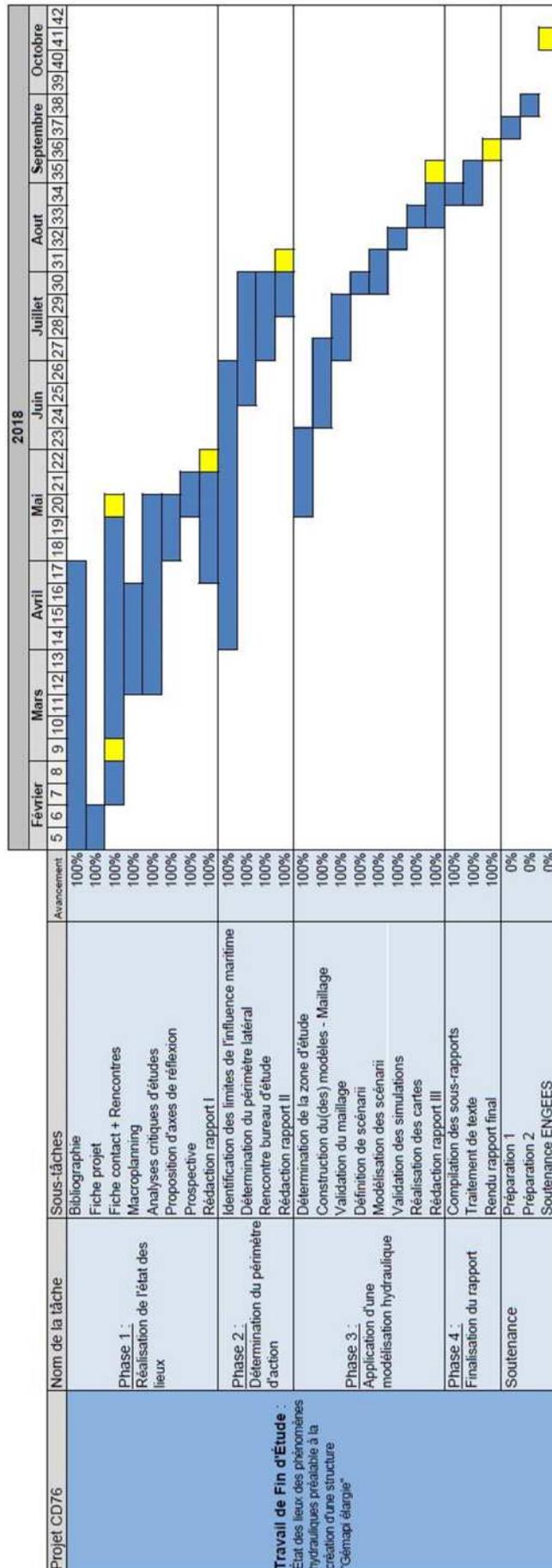
En revanche, sur l'ensemble du littoral, les collectivités ne sont pas encore toutes arrivées au même stade de réflexion. Cette différence d'avancement justifie l'importance de définir au préalable à un socle commun en incluant une notion de progressivité (feuille de route à court/moyen et long terme).

## 4. Les suites à donner à ces réunions territoriales

Le cahier des charges de l'étude sera donc enrichi des propositions formulées lors de ces réunions territoriales.

Il est prévu de faire valider par les élus départementaux une prolongation de l'étude pour qu'elle se termine à la fin de l'année 2018. L'adoption des statuts en conseil départemental se ferait alors au 1er semestre 2019.

## Annexe 2 : Planning prévisionnel du Travail de Fin d'Étude





## Annexe 4 : Résultats de l'étude maritime des événements extrêmes

Valeur seuil tempête	5,7 m	Taille échantillon	45
----------------------	-------	--------------------	----

Date	Marégraphe Dieppe	Rang	FREQUENCE EMPIRIQUE	u	Période de retour
10/9/2014 23:50	5,701	1	0,011	-2,287	1
7/5/2016 23:23	5,702	2	0,033	-1,834	1
19/9/2016 0:06	5,712	3	0,056	-1,593	1
17/10/2016 11:18	5,714	4	0,078	-1,420	1
17/11/2016 0:10	5,718	5	0,100	-1,282	1
3/2/2014 13:17	5,719	6	0,122	-1,164	1
27/10/2011 10:40	5,725	7	0,144	-1,061	1
8/4/2016 11:25	5,726	8	0,167	-0,967	1
12/3/2005 0:00	5,732	9	0,189	-0,882	1
29/10/2015 11:39	5,739	10	0,211	-0,803	1
31/3/2010 23:43	5,741	11	0,233	-0,728	1
1/3/2014 23:12	5,748	12	0,256	-0,657	1
1/2/2014 11:43	5,75	13	0,278	-0,589	1
3/2/2010 1:25	5,752	14	0,300	-0,524	1
9/2/2016 11:17	5,752	15	0,322	-0,461	1
18/10/2016 11:59	5,758	16	0,344	-0,400	1
20/2/2011 12:09	5,759	17	0,367	-0,341	1
10/9/2010 11:58	5,765	18	0,389	-0,282	1
19/2/2011 0:09	5,769	19	0,411	-0,225	1
29/4/2002 0:00	5,772	20	0,433	-0,168	1
15/11/2016 23:23	5,774	21	0,456	-0,112	1
18/1/2011 0:02	5,779	22	0,478	-0,056	1
28/10/2015 11:00	5,779	23	0,500	0,000	1
13/8/2014 0:10	5,787	24	0,522	0,056	1
11/2/2016 12:42	5,79	25	0,544	0,112	1
10/2/2016 12:08	5,791	26	0,567	0,168	1
21/3/2015 11:28	5,796	27	0,589	0,225	2
9/4/2016 12:08	5,797	28	0,611	0,282	2
1/2/2010 12:17	5,801	29	0,633	0,341	2
19/9/2001 12:00	5,802	30	0,656	0,400	2
18/3/2011 22:21	5,805	31	0,678	0,461	2
6/12/2013 0:44	5,808	32	0,700	0,524	2
9/10/2014 11:06	5,826	33	0,722	0,589	2
1/9/2015 0:04	5,832	34	0,744	0,657	2
3/1/2014 11:50	5,837	35	0,767	0,728	2
1/3/2010 11:17	5,838	36	0,789	0,803	2
12/1/2017 22:49	5,85	37	0,811	0,882	2
20/2/2015 11:42	5,867	38	0,833	0,967	3
17/10/2012 11:32	5,869	39	0,856	1,061	3
4/1/2018 12:16	5,8725	40	0,878	1,164	3
2/3/2014 23:56	5,893	41	0,900	1,282	3
21/2/2015 12:34	5,899	42	0,922	1,420	4
3/1/2018 11:16	5,9029	43	0,944	1,593	4
5/2/2011 2:57	6,105	44	0,967	1,834	33
28/2/2010 10:21	6,124	45	0,989	2,287	41

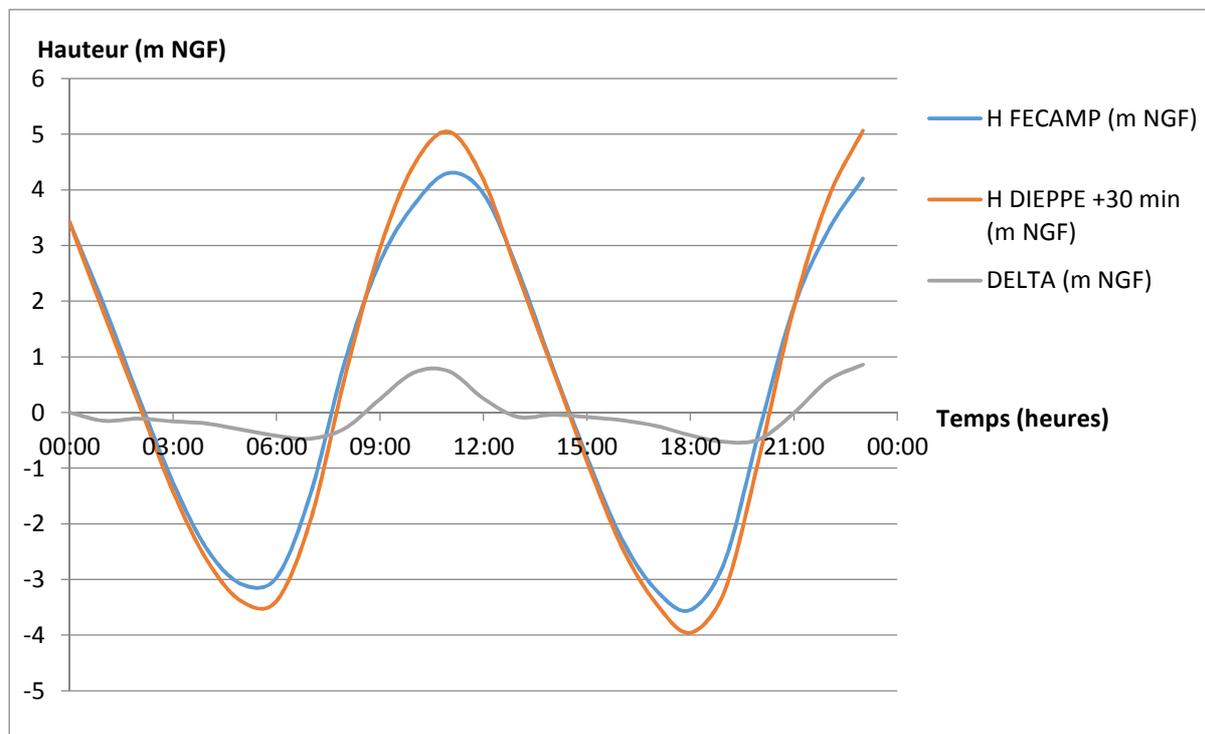
Écart-Type	0,088
Moyenne	5,800

Période de retour	5	10	20	50	100
Fréquence de non dépassement des hauteurs	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
Variable réduite de Gumbel	1,5	2,3	3,0	3,9	4,6
Hauteur pour PDT	5,93	6,00	6,06	6,14	6,20

IC 90 Borne (+)	5,95	6,04	6,15	6,29	6,41
IC 90 Borne (-)	5,91	5,95	5,97	5,99	5,99

## Annexe 5 : Ajustement des données du marégraphe de Dieppe à Fécamp – Coefficient de marée 102, 28/02/10

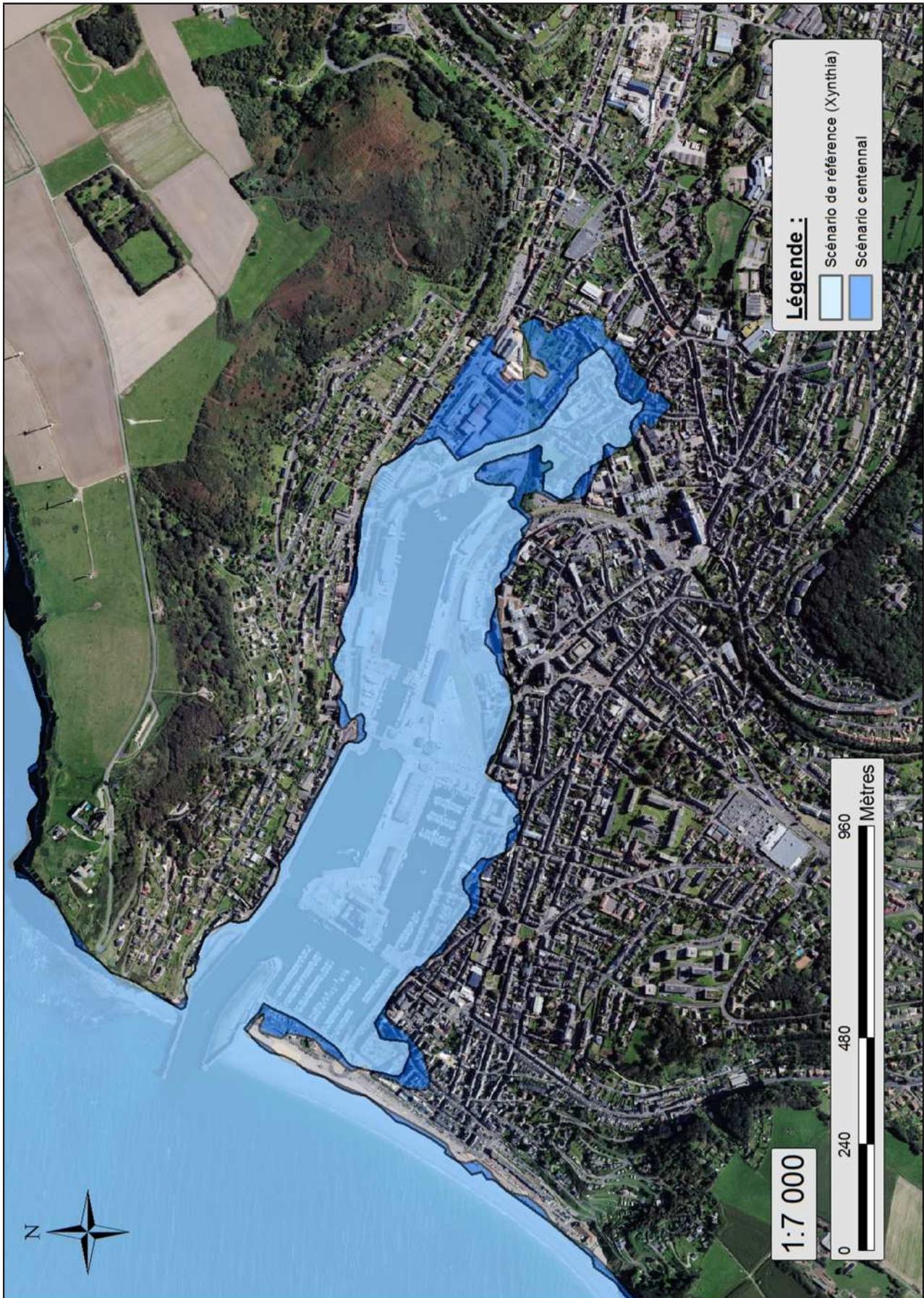
TIME1	H FECAMP (m NGF)	H DIEPPE +30 min (m NGF)	DELTA (m NGF)
00:00	3,422	3,422	0,00
01:00	1,922	1,772	-0,15
02:00	0,282	0,172	-0,11
03:00	-1,258	-1,418	-0,16
04:00	-2,468	-2,668	-0,20
05:00	-3,088	-3,398	-0,31
06:00	-2,968	-3,388	-0,42
07:00	-1,438	-1,908	-0,47
08:00	0,952	0,672	-0,28
09:00	2,702	2,942	0,24
10:00	3,742	4,462	0,72
11:00	4,302	5,042	0,74
12:00	3,932	4,182	0,25
13:00	2,552	2,472	-0,08
14:00	0,832	0,792	-0,04
15:00	-0,798	-0,878	-0,08
16:00	-2,258	-2,398	-0,14
17:00	-3,188	-3,428	-0,24
18:00	-3,548	-3,958	-0,41
19:00	-2,668	-3,198	-0,53
20:00	-0,318	-0,798	-0,48
21:00	1,892	1,882	-0,01
22:00	3,272	3,852	0,58
23:00	4,202	5,062	0,86



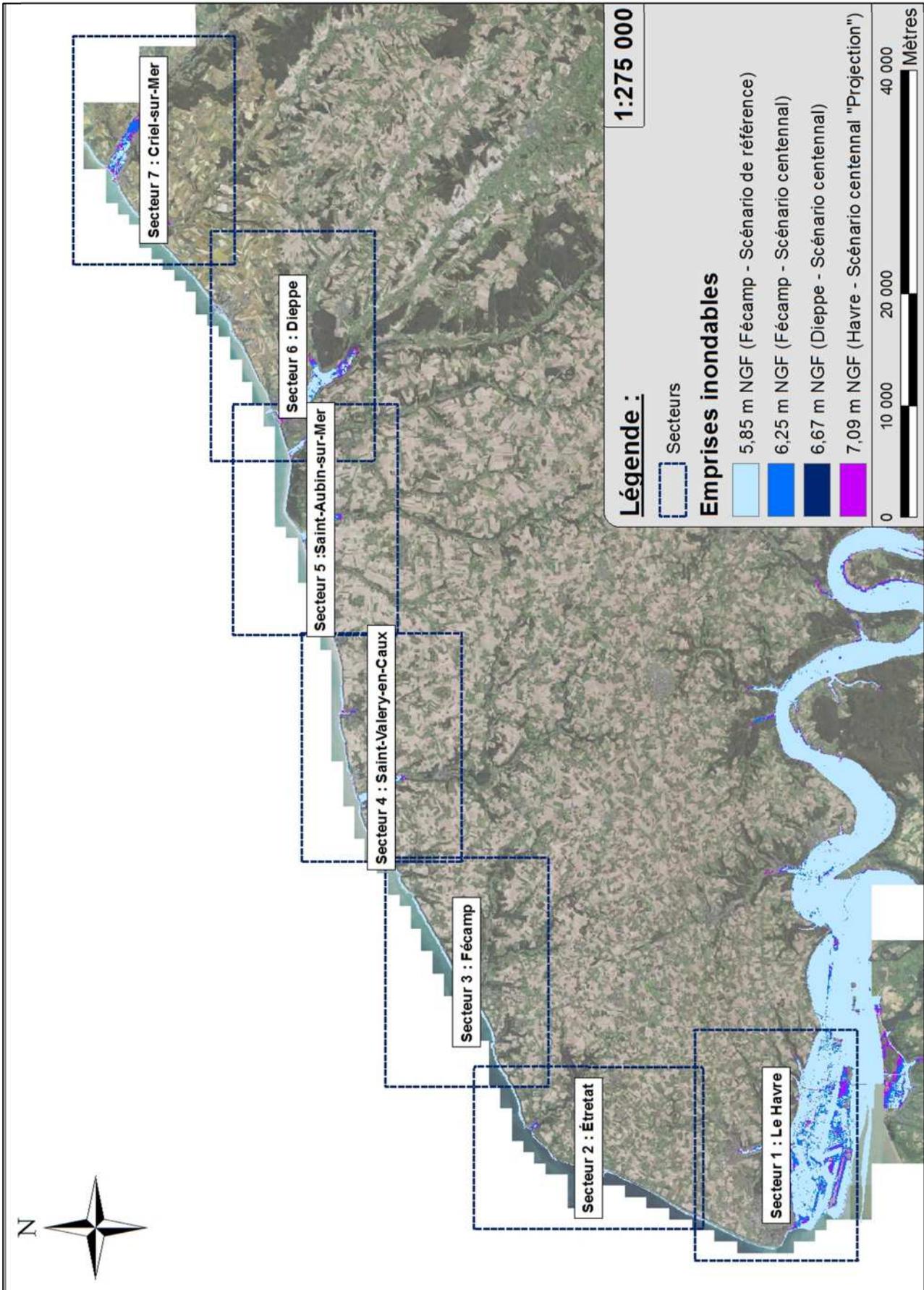
## Annexe 6 : Paramètres du fichier de simulation « P20\_cas »

```
-----  
/ TELEMAC2D Version v6p2 Sep 14, 2018  
/ J. FERRAGE - TFE  
/ Submersion marine sur Fécamp pour une tempête 100 ans  
-----  
  
-----  
/ ENTREES-SORTIES, FICHIERS  
-----  
  
FICHER DES RESULTATS      ='./P20_100B_res'  
FICHER DE GEOMETRIE      ='P20_cas-geo'  
FICHER DES FRONTIERES LIQUIDES ='P20_FL3.txt'  
FICHER DES CONDITIONS AUX LIMITES ='P20_BC.cli'  
FICHER DES PARAMETRES    ='P20_cas'  
  
-----  
/ ENTREES-SORTIES, GENERALITES  
-----  
  
TITRE=  
'J. FERRAGE - TFE Submersion marine sur Fécamp pour une tempête 100 ans'  
  
-----  
/ ENTREES-SORTIES, GRAPHIQUES ET LISTING  
-----  
  
NUMERO DU PREMIER PAS DE TEMPS POUR LES SORTIES LISTING =60  
VARIABLES POUR LES SORTIES GRAPHIQUES      =U,V,B,H,S  
PERIODE POUR LES SORTIES GRAPHIQUES      =60  
  
-----  
/ EQUATIONS  
-----  
  
LOI DE FROTTEMENT SUR LE FOND =3 / Strickler  
COEFFICIENT DE FROTTEMENT      =50  
MODELE DE TURBULENCE          =1 / Viscosité constante  
  
-----  
/ EQUATIONS, CONDITIONS INITIALES  
-----  
  
CONDITIONS INITIALES ='COTE NULLE'  
  
-----  
/ EQUATIONS, CONDITIONS LIMITES  
-----  
  
OPTION POUR LES FRONTIERES LIQUIDES =2 / Méthode de Thompson avec calcul de caractéristiques  
  
-----  
/ PARAMETRES NUMERIQUES  
-----  
  
PAS DE TEMPS      =1  
  
NOMBRE DE PAS DE TEMPS =41400
```

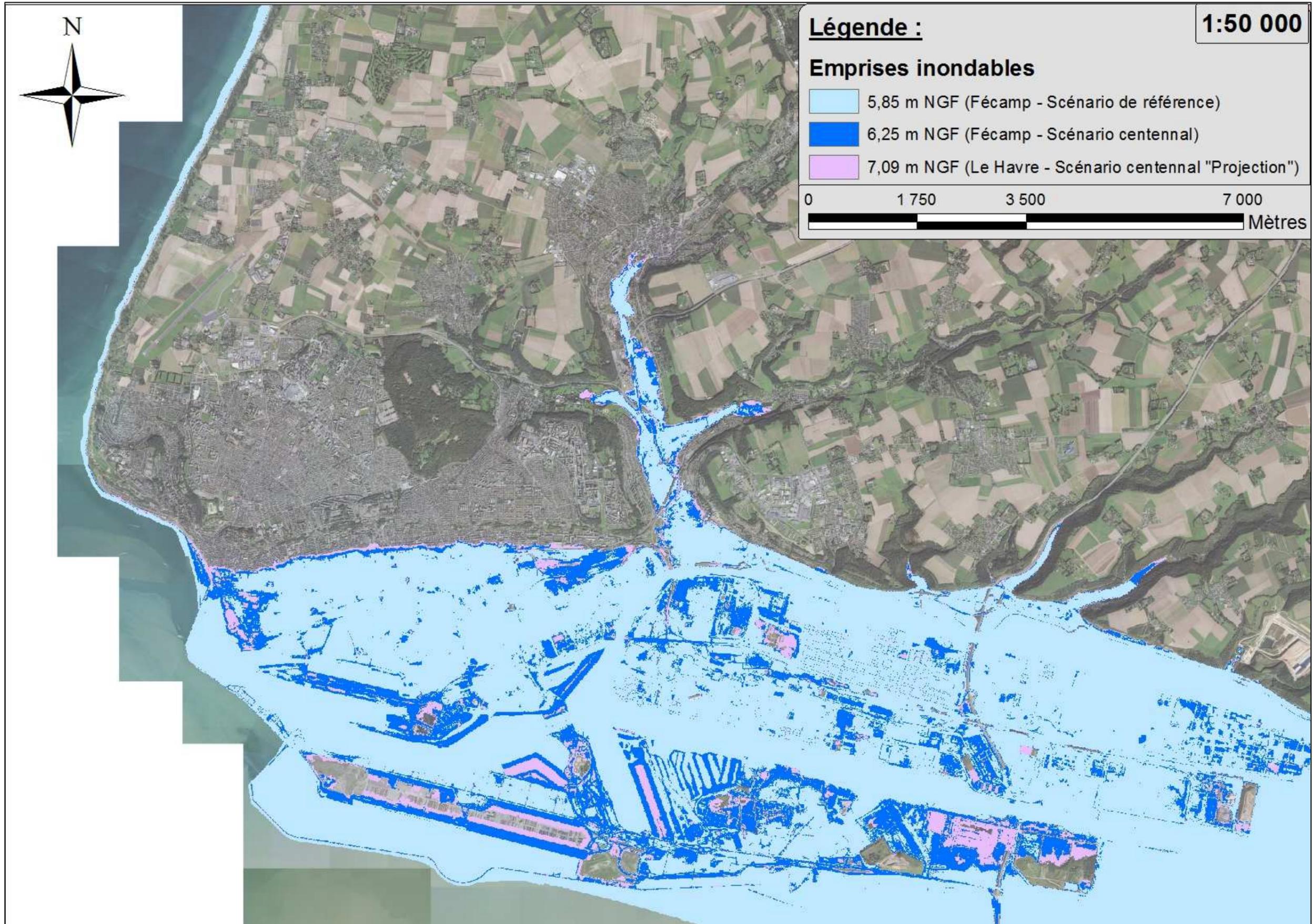
## Annexe 7 : Emprises des submersions marines sur Fécamp pour les scénarii de référence et centennal



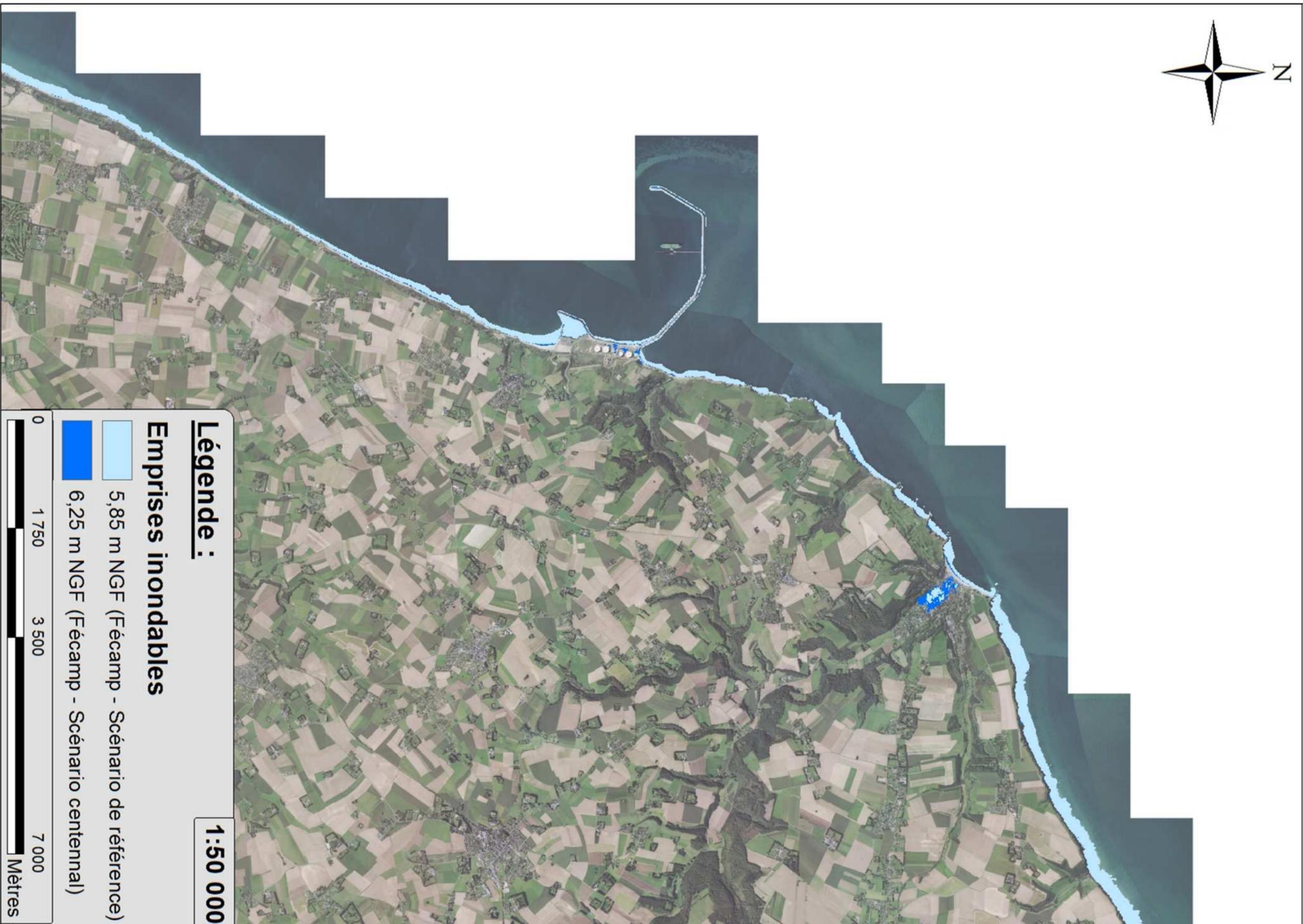
## Annexe 8 : Sectorisation des projections des emprises des submersions marines du littoral de la Seine-Maritime







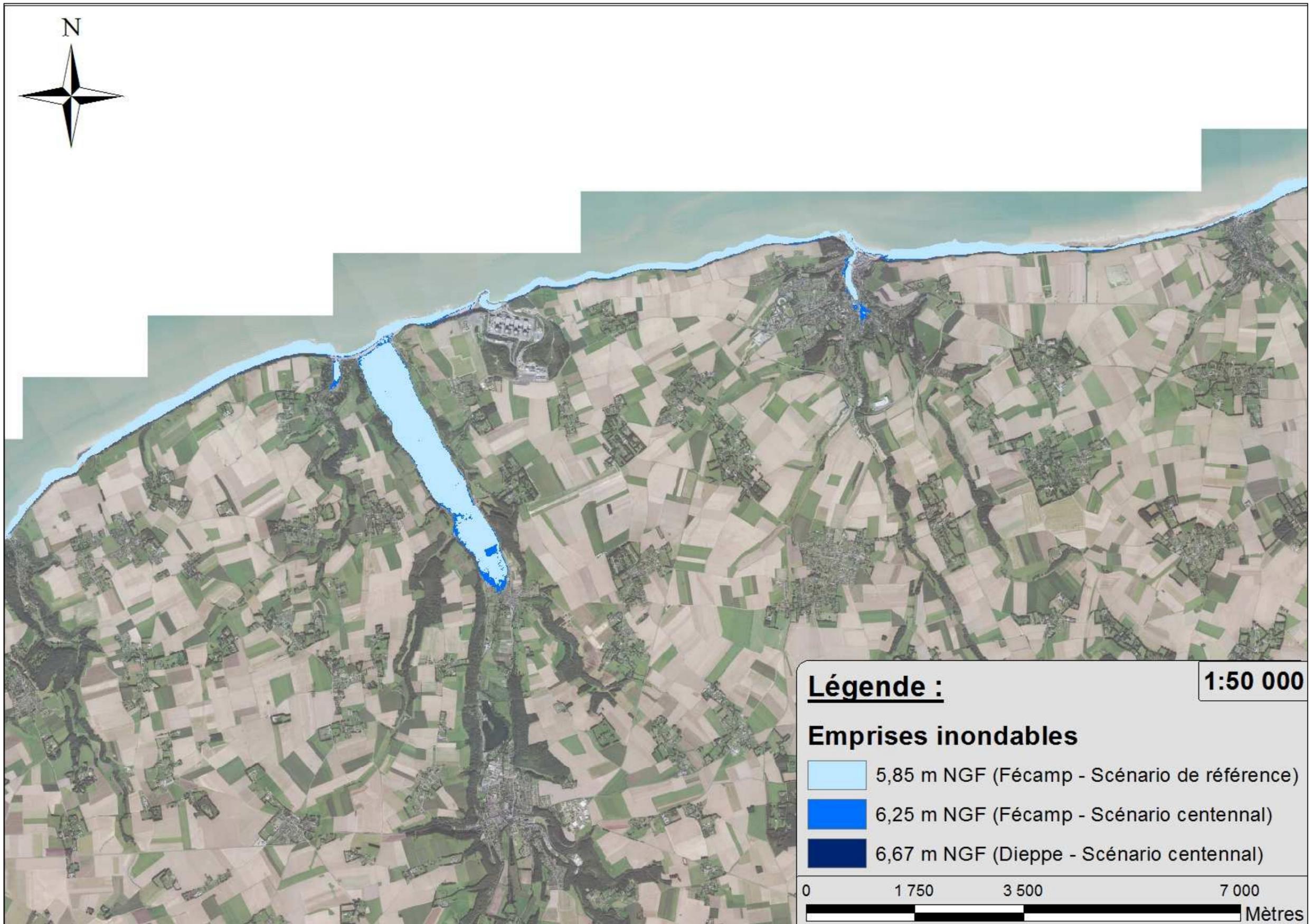




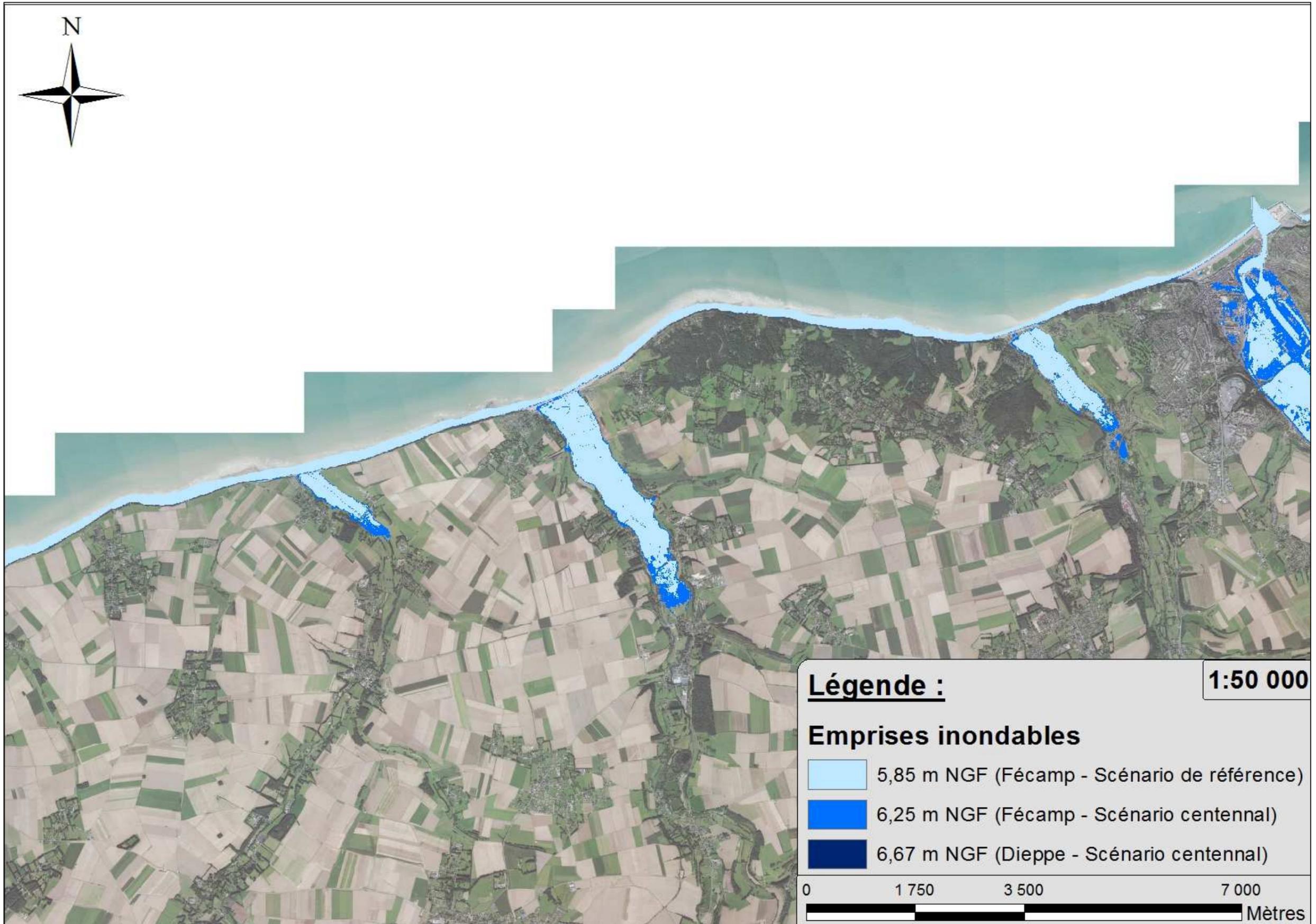




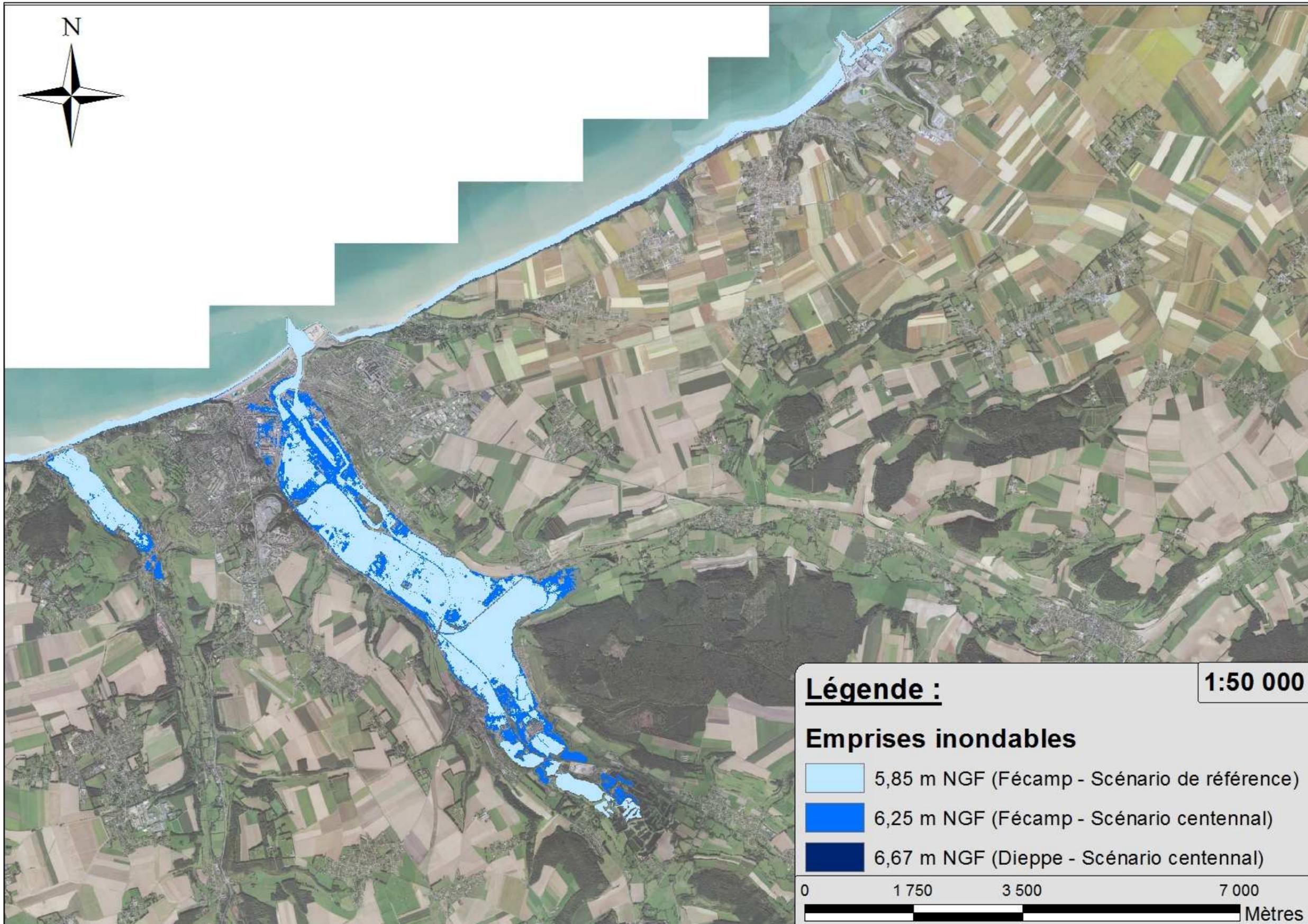




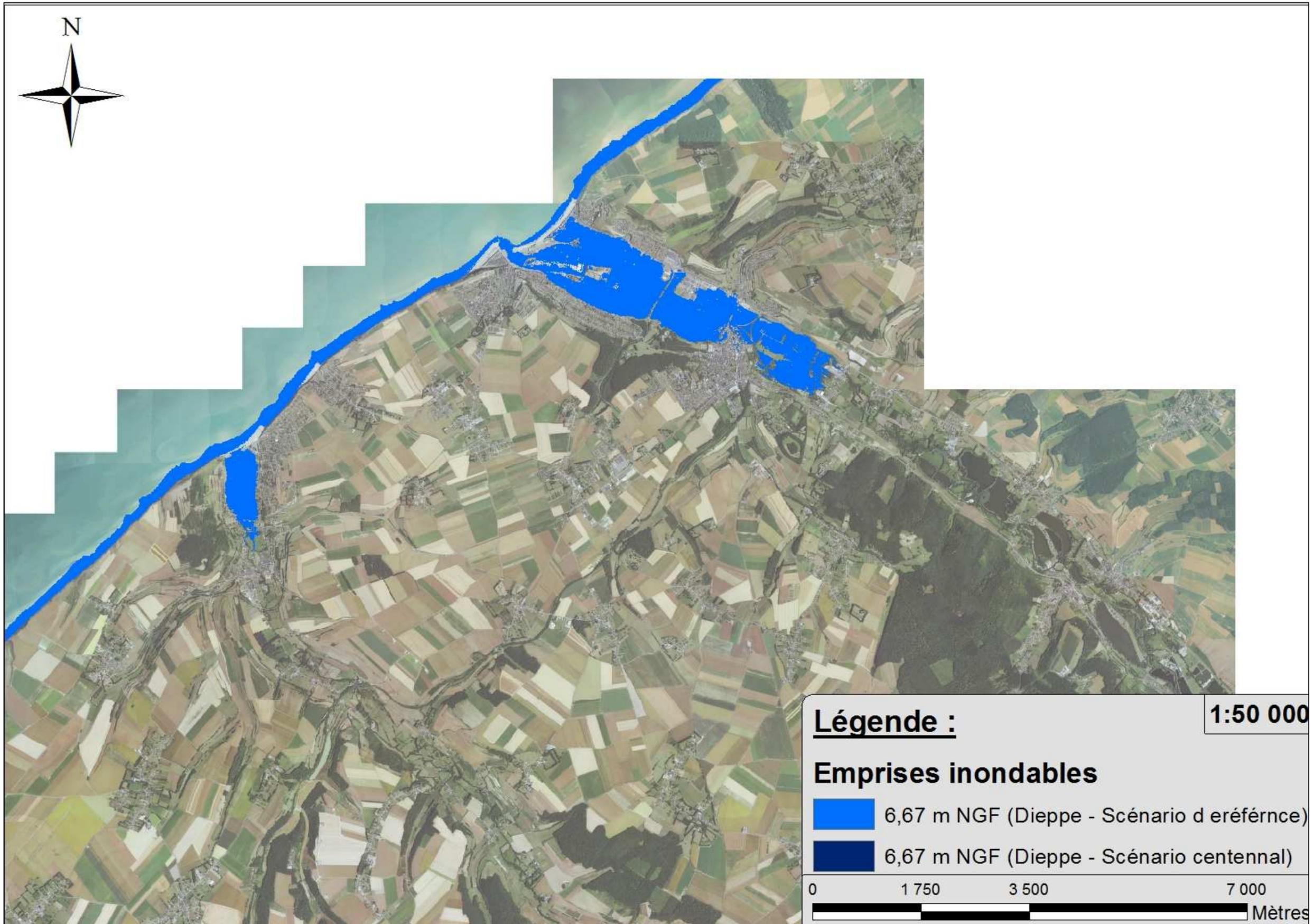












Annexe 15 : Périmètre d'action de la structure, secteur 7 - Criel-sur-Mer



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**Diplôme(s) :** Ingénieur de l'ENGEES

**Spécialité :** Hydrosystèmes – Eaux de surface

**Auteur**

Julien FERRAGE

**Année**

2018

**Titre**

État des lieux des phénomènes hydrauliques du littoral de la Seine-Maritime préalable à la création d'une structure de gouvernance GEMAPI et du trait de côte – Modélisation du risque submersion marine sur la commune de Fécamp.

**Nombre de pages :** 98    texte : 70    annexes : 28

**Nombre de références bibliographiques :** 35

**Structure d'accueil**

Département de la Seine-Maritime, Rouen (76)

**Maître d'apprentissage**

Fara CARRA-RANAIVOARISON

**Résumé**

Début 2018, un séminaire territorial fondateur a acté l'opportunité de fédérer l'ensemble des élus et acteurs locaux autour d'un projet visant à créer une structure de gouvernance GEMAPI et du trait de côte sur le littoral de la Seine-Maritime.

Une étude technique du Département de la Seine-Maritime, objet de ce TFE, a eu pour objectif de définir un état des lieux des phénomènes hydrauliques, des ouvrages associés et de la dynamique du littoral, puis de réaliser une modélisation du risque de submersion marine sur la commune de Fécamp afin de définir un périmètre d'action technique de la future structure.

**Mots-clés**

Risques naturels, Hydrologie, Dignes, Aménagement du territoire