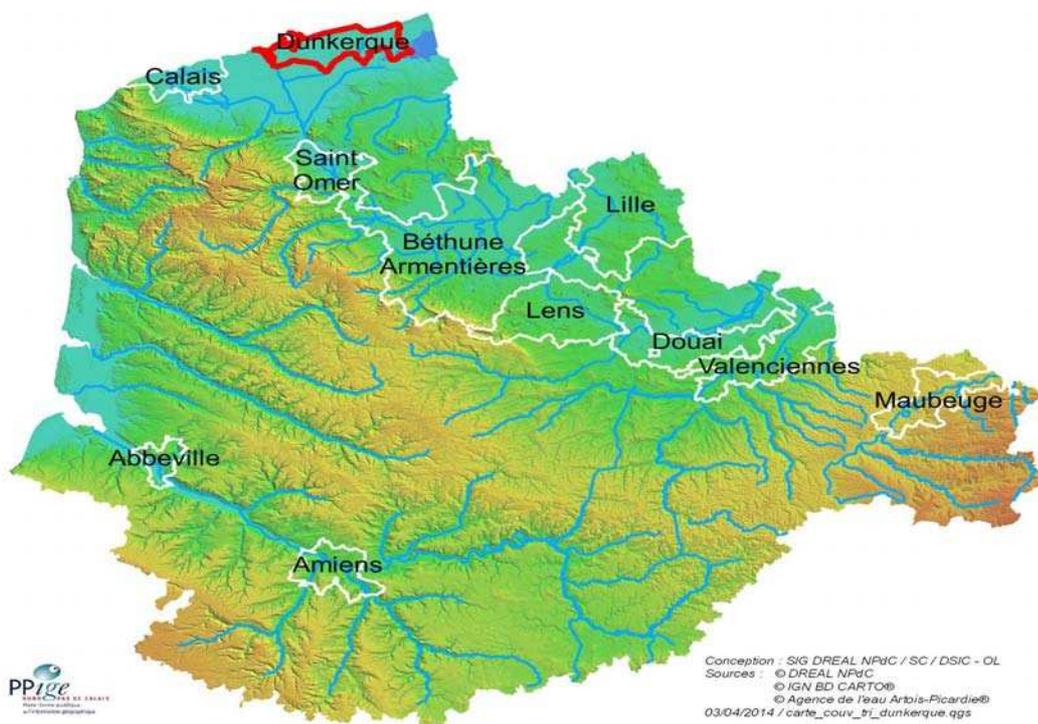


# Directive Inondation

## Bassin Artois Picardie

### Territoire à Risque Important d'inondation (TRI) de Dunkerque



## Cartographie des surfaces inondables et des risques

### Rapport explicatif

Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergies et climat Développement durable  
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

Présent  
pour  
l'avenir

# SOMMAIRE

<b>RÉSUMÉ NON TECHNIQUE.....</b>	<b>3</b>
<b>TABLE DES SIGLES ET ACRONYMES UTILISÉS.....</b>	<b>5</b>
<b>1 - INTRODUCTION.....</b>	<b>6</b>
<b>2 - PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU TRI.....</b>	<b>8</b>
2.1 - Présentation du TRI de Dunkerque.....	8
2.2 - Phénomènes pris en compte pour la cartographie.....	11
2.2.1 -Inondations significatives du passé.....	11
2.2.2 -Aléa cartographié.....	11
2.3 - Association des parties prenantes pour la phase cartographie.....	12
<b>3 - CARTOGRAPHIE DES SURFACES INONDABLES DU TRI.....</b>	<b>13</b>
3.1 - Généralités sur la submersion marine.....	13
3.2 - Cartes des surfaces inondables.....	14
3.2.1 -Méthodologie employée.....	15
3.2.2 -Scénario extrême.....	17
3.2.3 -Présentation des sites retenus sur le TRI de Dunkerque.....	18
3.2.4 -Limite de validité des cartes.....	32
3.3 - Carte de synthèse des surfaces inondables.....	32
<b>4 - CARTOGRAPHIE DES RISQUES D'INONDATION DU TRI DE DUNKERQUE.....</b>	<b>33</b>
4.1 - Méthode de caractérisation des enjeux.....	33
4.2 - Type d'enjeux caractérisés pour la cartographie des risques.....	33
4.3 - Sources des données relatives aux enjeux.....	34
<b>5 - LISTE DES ANNEXES.....</b>	<b>36</b>
Annexe I : Atlas cartographique.....	36
Annexe II : Compléments méthodologiques.....	37

## Résumé non technique

### Les territoires à risque important d'inondation

*La sélection des territoires à risque important d'inondation du bassin Artois-Picardie implique la mise en œuvre d'une stratégie concertée pour répondre à la Directive Inondation.*

La mise en œuvre de la Directive Inondation vise à fixer un cadre d'évaluation et de gestion des risques d'inondation à l'échelle du bassin Artois-Picardie tout en priorisant l'intervention de l'État pour les territoires à risque important d'inondation (TRI).

11 TRI ont été arrêtés le 26 décembre 2012 sur le bassin Artois-Picardie<sup>1</sup>. Cette sélection s'est appuyée sur plusieurs éléments à partir d'une méthode nationale unifiée : les travaux de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI), l'arrêté national définissant les critères de sélection des TRI et précisant des indicateurs d'enjeux, en concertation avec les parties prenantes du bassin Artois-Picardie, via notamment la commission de bassin inondation.

L'identification des TRI obéit à une **logique de priorisation** des actions et des moyens apportés par l'État dans sa politique de gestion des inondations. À cet effet, les TRI sélectionnés devront faire l'objet :

- d'une **cartographie** des surfaces inondables et des risques pour les phénomènes d'inondation principaux caractérisant le territoire,
- de **stratégies locales** de gestion des risques d'inondation co-construites avec les services de l'État et les parties prenantes, dont les objectifs et le périmètre devront être identifiés en 2014. Elles s'inscrivent dans un cadre de partage des responsabilités, de maintien d'une solidarité amont-aval face aux risques, de recherche d'une synergie avec les autres politiques publiques.

**Les TRI sont concernés par des conséquences négatives susceptibles d'impacter leur bassin de vie au regard de phénomènes prépondérants.**

Pour ce premier cycle de mise en œuvre de la Directive Inondation, la cartographie des risques d'inondation répond à l'objectif de cartographier l(es) aléa(s) principal(aux) sur les TRI.

### Le territoire à risque important d'inondation de Dunkerque

Le périmètre du TRI est constitué de 11 communes et a été défini autour de l'unité urbaine de Dunkerque. La cartographie des phénomènes d'inondation a été élaborée pour la submersion marine.

---

<sup>1</sup> Plus d'informations sur le site Internet de la DREAL Nord – Pas-de-Calais : <http://www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/?Cartographie-des-TRI>

## La cartographie du TRI de Dunkerque

### *Objectifs généraux et usages*

La cartographie du TRI de Dunkerque apporte un approfondissement de la connaissance sur les surfaces inondables et les risques pour trois types d'événements :

- fréquent (événement présentant une probabilité sur 10 de se produire chaque année),
- moyen (événement présentant une probabilité sur 100 de se produire chaque année) ainsi que l'événement moyen intégrant les conséquences du changement climatique,
- extrême (événement présentant une probabilité sur 1000 de se produire chaque année).

De fait, elle apporte un premier support d'évaluation des conséquences négatives du TRI pour ces trois événements en vue de l'élaboration d'une stratégie locale de gestion des risques.

Elle vise en outre à enrichir le porter à connaissance de l'État dans le domaine des inondations et à contribuer à la sensibilisation du public. Plus particulièrement, le scénario « extrême » apporte des éléments de connaissance ayant principalement vocation à être utilisés pour limiter les dommages irréversibles et chercher à assurer, dans la mesure du possible, la continuité de fonctionnement du territoire et la gestion de crise. La cartographie de l'événement extrême devra notamment permettre d'orienter les choix d'implantation de projets structurants.

**Toutefois, cette cartographie du TRI n'a pas vocation à se substituer aux cartes d'aléa des plans de prévention des risques d'inondation (PPRI), lorsqu'elles existent sur le TRI, qui restent le document réglementaire de référence pour la maîtrise de l'urbanisation.**

### *Élaboration des cartes*

L'élaboration de la cartographie des surfaces inondables et des risques repose sur une étude spécifique du littoral de la Région Nord – Pas-de-Calais, modélisant les effets de la houle (niveau marin, y compris surcote atmosphérique et surcote de déferlement) sur des sites identifiés en raison de la topographie ou d'événements historiques. Les phénomènes modélisés peuvent être du débordement, du franchissement par paquets de mer ou de rupture (brèche dans les ouvrages ou du cordon dunaire).

### *Principaux résultats de la cartographie du TRI*

La cartographie du TRI de Dunkerque se décompose en un jeu de trois types de cartes au 1/25 000<sup>ème</sup> pour la submersion marine :

- 4 cartes des surfaces inondables correspondant chacune aux événements fréquent, moyen (avec et sans changement climatique), extrême, et présentant une information sur les surfaces inondables et les hauteurs d'eau ;
- une carte de synthèse pour les trois scénarios retenus ;
- une carte des risques présentant les enjeux situés dans les surfaces inondables et apportant une information sur les populations et les emplois exposés par commune et par scénario.

À l'échelle du TRI de Dunkerque, la cartographie des risques d'inondation fait ressortir l'estimation des populations et des emplois en zone inondable, présentée dans le tableau ci-dessous :

	Population permanente			Emplois		
	Crue fréquente	Crue moyenne	Crue extrême	Crue fréquente	Crue moyenne	Crue extrême
Submersion marine	243 à 262	18 680	25 693	37 à 86	7 951 à 8 049	9 043

## Table des sigles et acronymes utilisés

- AZI : Atlas des zones inondables
- DCE : Directive cadre sur l'eau
- DDTM : Direction départementale des territoires et de la mer
- DI : Directive Inondation
- DREAL : Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
- EPRI : Évaluation préliminaire des risques d'inondation
- ICPE : Installation classée pour la protection de l'environnement
- IGN : Institut national de l'information géographique et forestière (*Institut Géographique National*)
- MEDDE : Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie
- ONERC : Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique
- PPRi : Plan de prévention des risques d'inondation
- PPRL : Plan de prévention des risques littoraux
- PGRI : Plan de gestion des risques inondation
- SAGE : Schéma d'aménagement et de gestion des eaux
- SCoT : Schéma de cohérence territoriale
- SHOM : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine
- STEU : Station de traitement des eaux usées
- TRI : Territoire à risque important d'inondation

# 1 - Introduction

## *Une cartographie s'inscrivant dans le cadre de la Directive Inondation*

La Directive 2007/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2007, relative à l'évaluation et la gestion des risques d'inondations dite « Directive Inondation », a pour principal objectif d'établir un cadre pour l'évaluation et la gestion globale des risques d'inondations, qui vise à réduire les conséquences négatives pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique associées aux différents types d'inondations.

L'évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI), arrêtée le 22 décembre 2011, a posé un diagnostic global à l'échelle du bassin Artois-Picardie. Sur cette base, un plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) à la même échelle définira un cadre de définition des objectifs et de dispositions pour la réduction des conséquences dommageables des inondations. Le PGRI devra être arrêté avant le 22 décembre 2015 par le préfet coordonnateur de bassin Artois-Picardie.

Le PGRI constitue un document de planification pour la gestion des risques d'inondation sur le bassin. À ce titre, au-delà de dispositions communes à l'ensemble du bassin, celui-ci doit porter les efforts en priorité sur les territoires à risque important d'inondation (TRI).

Sur la base du diagnostic de l'EPRI et d'une concertation avec les parties prenantes du bassin, 11 TRI ont été arrêtés le 26 décembre 2012 sur le bassin Artois-Picardie. Le choix de ces territoires et de leur périmètre s'est appuyé sur plusieurs éléments à partir d'une méthode nationale unifiée : les travaux de l'EPRI, l'arrêté national définissant les critères de sélection des TRI et précisant des indicateurs d'enjeux, la base des unités urbaines, bassins de vie et concentration d'enjeux exposés aux inondations au regard de leur impact potentiel sur la santé humaine et l'activité économique, en concertation avec les parties prenantes du bassin Artois-Picardie.

Le TRI de Dunkerque a été retenu au regard de la submersion marine. La qualification de ce territoire en TRI implique l'élaboration d'une stratégie locale de gestion des risques d'inondation co-construite avec les services de l'État et les parties prenantes, arrêtée par le préfet, et qui décline les objectifs de réduction des conséquences négatives des inondations du PGRI à l'échelle d'un bassin de gestion du risque cohérent.

Pour la définition de cette stratégie, le TRI constitue le périmètre de mesure des effets et la stratégie éclaire les choix à faire et à partager sur les priorités.

Le périmètre de la stratégie locale sera défini sur un périmètre vraisemblablement plus large que celui du TRI permettant de prendre en compte la solidarité amont-aval ainsi que d'autres phénomènes, tels que le ruissellement.

La cartographie des surfaces inondables et des risques apporte une base d'approfondissement de la connaissance mobilisable en ce sens pour trois scénarios :

- scénario fréquent (période de retour de 10 ans) ;
- scénario moyen – avec et sans changement climatique (période de retour de 100 ans) ;
- scénario extrême (période de retour de 1 000 ans).

### ***Objectifs de la cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondation***

Ces cartes contribueront à la prise en compte du risque dans les documents d'urbanisme et l'application du droit des sols par l'État et les collectivités territoriales, selon des modalités à adapter à la précision des cartes et au contexte local, et ceci surtout en l'absence de PPRi ou d'autre document de référence à portée juridique<sup>2</sup>.

Par ailleurs, le scénario « extrême » apporte des éléments de connaissance ayant principalement vocation à être utilisés pour préparer la gestion de crise ainsi que dans les réflexions sur les choix d'implantation de projets structurants.

Ces cartes constituent un premier niveau de connaissance et de diagnostic du territoire qui pourra être précisé dans le cadre des stratégies locales, tant sur le volet de l'aléa que sur la connaissance fine des enjeux concernés par les inondations.

### ***Contenu de la cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondation***

La cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondation du TRI est constitué d'un jeu de trois types de cartes au 1/ 25 000<sup>ème</sup> pour la submersion marine :

- Une carte des surfaces inondables de chaque scénario (fréquent, moyen – avec et sans changement climatique – et extrême)  
Elles représentent l'extension des inondations et les classes de hauteurs d'eau.
- Une carte de synthèse des surfaces inondables des trois scénarios  
Elle représente sur une même carte l'extension des inondations des débordements des différents cours d'eau synthétisant les trois scénarios.
- Une carte des risques d'inondation  
Elle représente la superposition de la carte de synthèse des surfaces inondables avec les enjeux présents sur les communes situées en TRI (bâti ; activités économiques ; installations polluantes ; établissements, infrastructures ou installations sensibles dont l'inondation peut aggraver ou compliquer la gestion de crise ; patrimoine culturel ; réseaux).

Le présent rapport a pour objectif de rappeler les principaux éléments de caractérisation du TRI de Dunkerque, d'explicitier les méthodes utilisées pour cartographier les surfaces inondables et la carte des risques d'inondation. Ce rapport est accompagné d'un atlas cartographique qui présente le jeu des différents types de cartes au 1/ 25 000<sup>ème</sup>.

---

2 Type PIG : Projet d'intérêt général. L'article R. 121-3 du code de l'urbanisme prévoit ainsi que peut constituer un P.I.G. tout projet d'ouvrage, de travaux ou de protection destiné, notamment, à la prévention des risques. La circulaire du 27 juin 1985 portant application des dispositions du code de l'urbanisme relatives aux projets d'intérêt général en matière de documents d'urbanisme précise que les P.I.G. pourront consister en des dispositions de protection (diminution de densité, règles de recul, de réduction de hauteur...) ou des projets de travaux de protection tels que des projets de digues, de paravalanches, de pistes forestières de défense contre l'incendie, etc.

## 2 - Présentation générale du TRI

### 2.1 - Présentation du TRI de Dunkerque

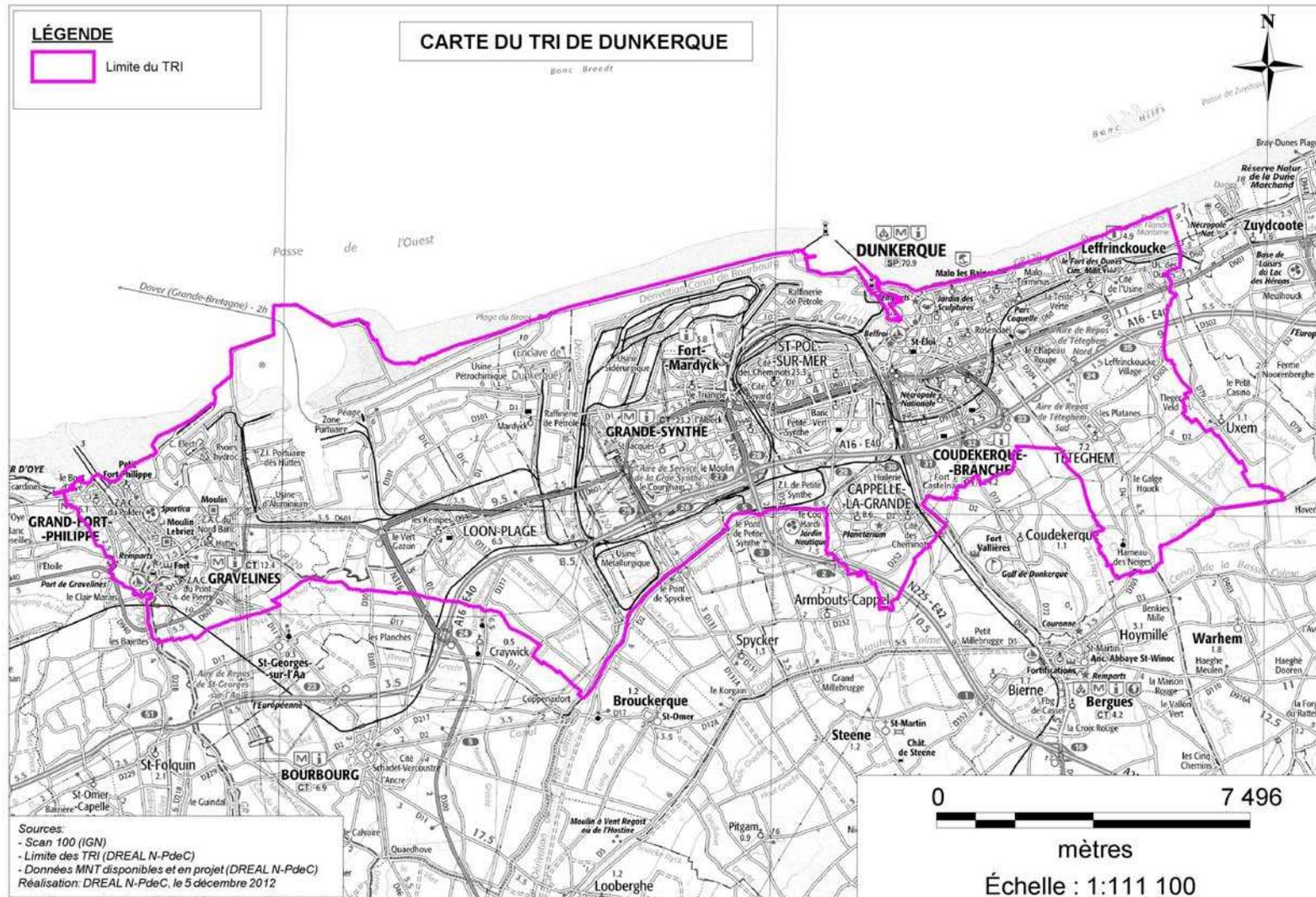
- **Libellé de la poche d'enjeux** : Unité urbaine de Dunkerque
- **Région concernée** : Nord – Pas-de-Calais
- **Département concerné** : Nord
- **Carte de situation comportant le périmètre concerné** : cf. carte page suivante
- **Liste des communes concernées par la poche d'enjeux** : Cappelle-la-Grande, Coudekerque-Branche, Dunkerque, Fort-Mardyck, Grand-Fort-Philippe, Grande-Synthe, Gravelines, Leffrinckoucke, Loon-Plage, Saint Pol sur Mer, Tétéghem
- **Type d'aléa** : submersion marine

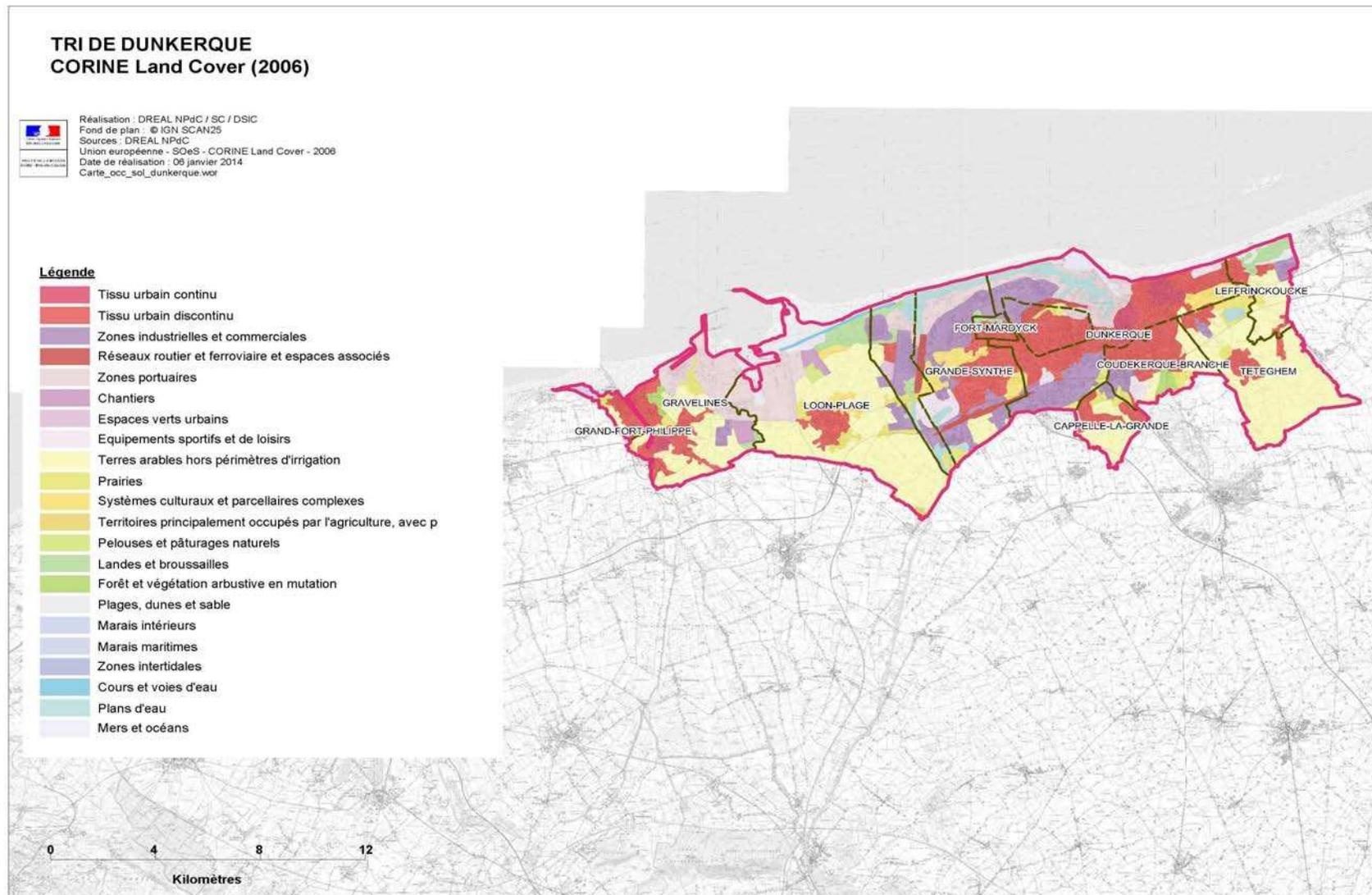
Le TRI de Dunkerque est situé en région Nord – Pas-de-Calais, dans le département du Nord. Il est composé de 11 communes, comprenant l'unité urbaine de Dunkerque. Ce territoire regroupe 181 699 habitants<sup>3</sup>, dont 25 693 situés en zone inondable (compris dans l'enveloppe de submersion marine du scénario extrême), soit environ 14% de la population de ce territoire.

La carte de l'occupation des sols sur le TRI de Dunkerque (cf. carte page 10 – Source CORINE Land Cover, 2006) offre un premier aperçu de l'aménagement de ce territoire, structuré autour de la métropole de Dunkerque.

---

<sup>3</sup> Population INSEE 2010





### Niveaux de réalisation antérieure en termes de gestion des risques d'inondation

Un PPRL a été prescrit sur les communes du TRI le 14 septembre 2011.

Les cartes des aléas PPRL et les cartes de la DI sont issues de la même étude. Toutefois, certaines différences sont à noter dans la présentation, en raison de l'utilisation des standards cartographiques utilisées (PPRL ou DI) ou en raison de notion spécifique aux PPRL ou à la DI (présence ou non de bandes de protection, non effacement des ouvrages hydrauliques pour l'événement fréquent).

## **2.2 - Phénomènes pris en compte pour la cartographie**

### **2.2.1 - Inondations significatives du passé**

Ci-après sont cités quelques événements remarquables liés à la submersion marine. Une liste plus complète des inondations significatives du passé ayant touché le TRI de Dunkerque est disponible dans le volet « Unité de présentation Aa Yser Audomarois » de l'EPRI du bassin Artois-Picardie<sup>4</sup>.

La submersion marine liée à la tempête de 1953 est la plus importante de par son caractère exceptionnel.

#### **Les submersions marines du 31 janvier au 2 février 1953**

Les 31 janvier et 1<sup>er</sup> février 1953, une dépression centrée en Mer d'Irlande génère un violent flux de Nord/Nord-Ouest en Mer du Nord. Les vents orientés perpendiculairement à la côte propulsent sur le littoral une masse d'eau importante qui provoque des submersions exceptionnelles sur toute la région. La surcote dépasse trois mètres dans l'estuaire de la Tamise. Au port de Dunkerque, la marée haute, renforcée par les vents violents, atteint 8 m (côte marine Dunkerque), soit 2.40m au-dessus de la normale. Les Pays-Bas paieront le plus lourd tribut lors de cet événement avec 1 800 morts. En France, tout le littoral, de Sangatte à la frontière belge, est submergé. Aucune commune n'est épargnée. Sur certaines, on constate un simple franchissement du perré. Sur d'autres, les dépassements sont plus sévères et destructeurs : destructions de digues, recul ou rupture du cordon dunaire. Souvent, la mer pénètre dans les terres et submerge les espaces agricoles ou les secteurs urbanisés.

À Dunkerque, deux brèches, respectivement de 200 et 120 m, se forment sur la digue du canal exutoire. L'eau envahit rapidement plusieurs quartiers en pleine nuit, notamment la cité du stade Tribut et les rues limitrophes. Caves, jardins, rez-de-chaussée sont sous les eaux. La marée haute suivante s'engouffre par les brèches, remonte le canal exutoire et inonde d'autres quartiers. Malgré la dissipation de la tempête, certaines zones resteront inondées plusieurs jours.

À Malo-les-Bains, la digue promenade est fortement endommagée. L'eau pénètre dans les rues et inonde les sous-sols des habitations.

À Bray-Dunes, la force des vagues défonce les fenêtres et les portes des habitations les plus proches du littoral.

### **2.2.2 - Aléa cartographié**

Le TRI de Dunkerque a été retenu au titre de l'aléa submersion marine. La cartographie réalisée prend en compte soit le phénomène de franchissement, soit le phénomène de rupture de digue ou de cordon dunaire.

<sup>4</sup> Document disponible sur le site Internet de la DREAL Nord – Pas-de-Calais : <http://www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/?Evaluation-preliminaire-des-risques-d-inondation>

## 2.3 - Association des parties prenantes pour la phase cartographie

### Travaux préparatoires :

- 5 juillet 2013 : Atelier cartographique – Réunion de présentation de la méthodologie de la phase cartographie aux parties prenantes
- Juillet 2013 – février 2014 : Mise à disposition d'un site internet d'accès réservé pour la consultation des différentes étapes de réalisation de la cartographie (cartes des enjeux, rapports des bureaux d'étude)
- Juillet 2013 – février 2014 : Mise à disposition d'une adresse mail spécifique pour recueillir les contributions des parties prenantes
- Août/septembre 2013 : Finalisation des bases enjeux
- 31 octobre 2013 : Réunion de présentation des cartes finalisées aux communes et EPCI concernés par le TRI de Dunkerque

### Consultation de deux mois organisée par le Préfet de région Nord – Pas-de-Calais : du 11 décembre 2013 au 11 février 2014

#### *Personnes consultées :*

- Monsieur le préfet coordonnateur de bassin Artois-Picardie
- Monsieur le préfet du Nord
- Monsieur le directeur général de l'Agence de l'eau Artois-Picardie
- Monsieur le président du Conseil régional du Nord – Pas-de-Calais
- Monsieur le président du Conseil général du Nord
- Messieurs et mesdames les maires des communes du TRI de Dunkerque
- Monsieur le président de Dunkerque Grand littoral
- Monsieur le président de la CLE du SAGE<sup>5</sup> du delta de l'Aa
- Monsieur le directeur du Grand Port Maritime de Dunkerque
- Monsieur le président du Syndicat Mixte du SCoT de la région Flandre-Dunkerque
- Monsieur le président du Syndicat Mixte de la Côte d'Opale (SMCO)
- Monsieur le directeur Général de l'Agence d'Urbanisme et de développement de la Région Flandre (AGUR)
- Monsieur le directeur de Voies Navigables de France (VNF)

### Partie générale commune d'association :

- 16 octobre 2013 et 19 février 2014 : Commission inondation de bassin Artois – Picardie
- 6 décembre 2013 : Comité de bassin Artois – Picardie
- 25 mars 2014 : Commission administrative de bassin Artois – Picardie

---

<sup>5</sup> L'instance en charge de l'élaboration du SAGE est la commission locale de l'eau (CLE)

### 3 - Cartographie des surfaces inondables du TRI

Les cartes des surfaces inondables du TRI de Dunkerque délimitent le territoire inondé par submersion marine pour trois scénarios : fréquent, moyen (avec et sans changement climatique) et extrême.

La carte de synthèse définit une vision synthétique des surfaces inondables obtenues pour ces trois scénarios.

**L'échelle de validité de ces cartes est le 1/ 25 000<sup>ème</sup>.**

#### 3.1 - Généralités sur la submersion marine

La submersion marine est une inondation temporaire de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques et maritimes sévères provoquant des ondes de tempête. Trois phénomènes peuvent alors se produire :

**Débordement :** la mer envahit par débordement les terres situées sous le niveau exceptionnel de la mer.

**Rupture :** les protections telles que les digues et les cordons dunaires peuvent céder sous l'effet de la mer et créer des raz-de-marée.

**Franchissement :** les terres situées au-dessus du niveau de la mer peuvent parfois aussi être inondées, lorsque des projections d'eau de mer franchissent les ouvrages de protection sous l'effet de la houle. Le niveau atteint par les inondations peut alors être supérieur au niveau de la mer.

Ces trois phénomènes peuvent se produire conjointement ou indépendamment. Cependant, le phénomène de franchissement apporte des volumes d'eau négligeables en comparaison des volumes apportés par le débordement ou la rupture. De ce fait, le franchissement n'est pas étudié lorsqu'une inondation est par ailleurs générée par débordement ou rupture.

Le calcul de l'aléa submersion marine est par conséquent mené pour chaque zone identifiée comme potentiellement submersible, en tenant compte des spécificités du site considéré (type d'ouvrages, dunes, type de franchissement, scénarios de rupture).

La période de retour définit la fréquence statistique à laquelle un événement donné est susceptible de se produire<sup>6</sup>. Dans le présent contexte, la période de retour caractérise l'état de la mer (niveau et condition de houle), mais est indépendante des conséquences éventuelles telles que les ruptures d'ouvrage.

Il s'agit donc dans un premier temps de définir les niveaux marins extrêmes et les conditions de houle, pour deux périodes de retour étudiées, soit les périodes de retour décennale et centennale. Ces conditions sont déterminées tout le long du littoral du Nord – Pas-de-Calais à partir de données statistiques et d'un modèle numérique de propagation de la houle.

En parallèle, la connaissance des niveaux marins extrêmes le long des côtes permet, par comparaison avec la topographie des terres, d'identifier les sites potentiellement exposés à la submersion marine. Cette identification est ensuite ajustée et complétée par l'historique des submersions marines en Nord – Pas-de-Calais et par les conclusions de l'étude Visites Simplifiées Comparées (VSC)<sup>7</sup>, qui fournit une connaissance des risques de rupture des digues et cordons dunaires.

<sup>6</sup> À titre d'exemple, un événement de période de retour 100 ans apparaît en moyenne une fois tous les 100 ans, bien que plusieurs événements similaires puissent se produire sur cette période. Formulé autrement, l'événement centennal a une chance sur 100 de se produire à une année donnée. Ainsi, durant une période d'observation de 100 ans, l'événement centennal a une probabilité d'occurrence de 63,4%.

<sup>7</sup> Étude disponible sur le site Internet de la Préfecture du Pas-de-Calais : <http://www.nord.gouv.fr/Politiques-publiques/Prevention-des-risques-naturels-et-technologiques/La-prevention-des-risques/Prevenir-les-risques-naturels/Plans-de-prevention-des-risques-naturels-PPRN/PPRN-en-cours-d-elaboration/Les-risques-littoraux/Les-ouvrages-de-defense-a-la-mer/Etude-VSC>

Pour chaque site ainsi soumis à l'aléa submersion, les conditions de mer définies pour les périodes de retour 10 ans, 100 ans et 100 ans avec changement climatique sont ensuite simulées à l'aide d'un modèle numérique hydrodynamique. Ce modèle numérique calcule l'évolution dans le temps de l'inondation, et fournit les hauteurs de submersion et les vitesses d'écoulement permettant de caractériser l'aléa, ainsi que les temps de propagation de l'inondation. Les cartographies de l'aléa issues du modèle sont ensuite ajustées afin de classer en aléa fort les secteurs situés à moins de 100 m de la côte et des ouvrages de protection.

Pour les sites dont les ouvrages de défense contre la mer sont susceptibles de rompre, une largeur de brèches est étudiée. Dans le cas général, une largeur de 100 m correspondant au retour d'expérience de la tempête Xynthia et aux attendus de la circulaire du 27 juillet 2011<sup>8</sup> est retenue. Des adaptations particulières ont cependant été adoptées pour certains sites. Elles sont décrites dans les présentations par sites.

De plus, il aurait été possible de simuler simultanément plusieurs brèches dans une même digue ou dans une même dune, ou encore des ruptures en cascade des diverses digues de protection situées en retrait à l'intérieur des terres. Pour chaque période de retour, de multiples scénarios auraient donc pu être simulés, cependant seule l'hypothèse d'une unique brèche par site a été retenue afin de définir une configuration réaliste et probable, sans rechercher à majorer l'aléa.

Il est à noter que l'identification des sites pouvant être soumis à l'aléa submersion a été effectuée d'après l'état actuel des digues et cordons dunaires. De ce fait, les cartographies de l'aléa résultant de cette analyse représentent également la situation actuelle, et un suivi régulier de l'état des protections littorales est nécessaire afin de suivre l'évolution dans le temps du risque de submersion.

### **3.2 - Cartes des surfaces inondables**

La Directive Inondation prévoit la réalisation des cartographies des zones inondables pour trois niveaux de période de retour :

- scénario fréquent (période de retour de 10 ans)
- scénario moyen avec et sans changement climatique (période de retour de 100 ans)
- scénario extrême (période de retour de 1 000 ans)

---

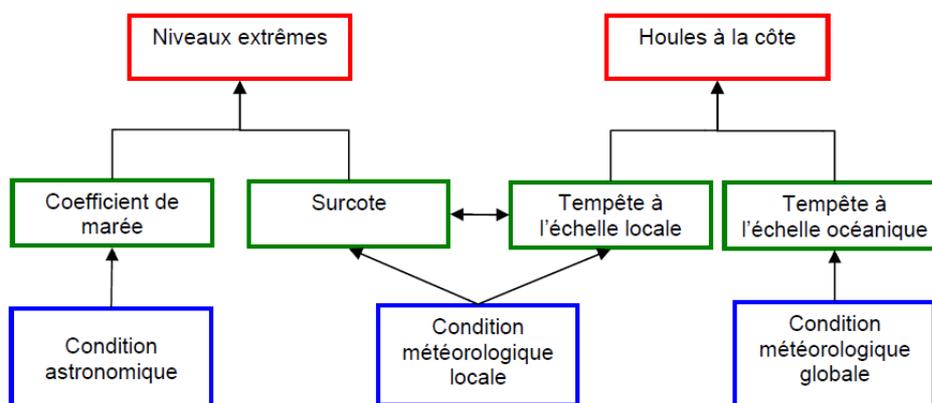
<sup>8</sup> Circulaire relative à la prise en compte du risque de submersion marine dans les PPRL, consultable sur le site Internet du MEDDE : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/27-07-2011.pdf>

### 3.2.1 - Méthodologie employée

La méthodologie employée est décrite dans le rapport d'étude de détermination de l'aléa de submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord – Pas-de-Calais<sup>9</sup>.

Schématiquement, la méthodologie prend en compte les fluctuations du niveau de la mer liées aux facteurs astronomiques et climatiques. Le niveau marin extrême est défini comme la combinaison d'un signal de marée, d'une surcote météorologique et d'une surcote de déferlement qui se produit dans la zone de déferlement de la houle. La surcote de déferlement correspond à une surcote locale du niveau marin provenant du déferlement de la houle.

La hauteur d'eau mesurée par les marégraphes est une combinaison de la marée et de la surcote météorologique. Ainsi les événements de référence sont étudiés par une méthode statistique sur le niveau de la mer mesuré par les marégraphes, définissant les niveaux marins extrêmes, auxquels il convient éventuellement d'ajouter l'effet local de la surcote de déferlement. Ce niveau marin extrême est variable le long du littoral.



#### Détermination de la houle à la côte :

La connaissance des conditions de houle à la côte est nécessaire pour quantifier les niveaux marins extrêmes. En effet, d'une part la houle tend à augmenter le niveau de la mer dans les zones de déferlement, et d'autre part elle conditionne directement la quantité d'eau passant par-dessus les perrés en cas de franchissement.

En absence de mesures, la caractérisation des vagues au droit des sites de submersion n'est pas immédiate. C'est pourquoi, pour connaître les conditions de houle aux abords des sites submersibles, il a été nécessaire de calculer au moyen d'un modèle numérique la propagation et la génération des houles depuis le large, où elles sont connues, jusqu'au littoral.

#### Définition des niveaux extrêmes :

Les niveaux extrêmes de pleine mer<sup>10</sup> ont été obtenus graphiquement à partir des courbes du cédérom « Statistiques des niveaux marins extrêmes de pleine mer Manche et Atlantique » (© CETMEF/SHOM 2008) et des SIG et notices de l'actualisation réalisée en 2012. Ces niveaux marins extrêmes de pleine mer rassemblent les phénomènes statiques (comme la marée) et les phénomènes dynamiques de grande ampleur de type météorologique. Il a été retenu :

- dans le port de référence de Dunkerque : données SHOM 2012.
- dans les autres sites : maximum entre les données SHOM 2008 et SHOM 2012

<sup>9</sup> Document disponible sur le site Internet de la DREAL Nord – Pas-de-Calais : <http://www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/?Etudes-analyses-et-simulations-des-submersions-marines-en-Nord-Pas-de-Calais-6606>

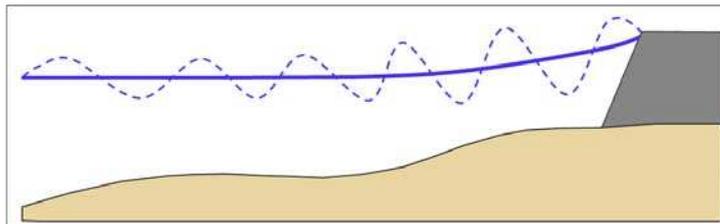
<sup>10</sup> Au sens du Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM)

Ces niveaux marins extrêmes sont établis à partir de mesures effectuées en dehors des zones d'influence de la houle, et ne tiennent donc pas compte de la surcote de déferlement. Pour les sites étudiés exposés à la houle, il convient donc d'ajouter à ces niveaux extrêmes une surélévation due à la surcote de déferlement.

À ce niveau statique a été ajouté une surcote de 20 cm constituant une première étape vers le changement climatique, conformément à la circulaire du 27 juillet 2011, pour l'aléa actuel. Par ailleurs, une augmentation moyenne de 60 cm pour l'aléa futur à l'horizon 2100 a été considérée. Ce scénario est conforme au scénario pessimiste précisé par l'ONERC dans sa note d'adaptation au changement climatique.

Détermination de la surcote de déferlement :

La surcote de déferlement correspond à la surélévation du niveau moyen, due au déferlement des vagues. La figure ci-dessous illustre ce phénomène (effet de la surcote de déferlement de la houle sur le niveau de la mer à l'approche de la côte) :



La surcote de déferlement s'applique donc à chaque site significativement exposé à la houle. Il se traduit par une augmentation locale du niveau de la mer, sur toute la durée durant laquelle une forte houle est observée.

Les périodes de retour de la houle au large et les niveaux extrêmes peuvent être estimés indépendamment les uns des autres. Toutefois, l'analyse statistique des paramètres croisés est nécessaire pour définir la période de retour de l'événement global. La caractérisation d'un événement de période de retour donné revient donc à définir un couple de niveau extrême / houle.

Application aux sites soumis au franchissement d'ouvrage

Les sites soumis au franchissement d'ouvrage de protection sont situés au-dessus du niveau extrême de la mer. Leur inondation ne peut donc pas être étudiée grâce à la seule connaissance du niveau (même en tenant compte de la surcote de déferlement), mais doit être analysée en estimant le débit franchissant l'ouvrage. Ce débit dépend tout autant du niveau moyen de la mer que de la hauteur de la houle au pied de l'ouvrage, de la période de la houle et de la géométrie de l'ouvrage (pente et hauteur).

Par conséquent tous les couples niveau marin / houle définis par les probabilités croisées sont testés pour caractériser le couple le plus pénalisant. Pour cela les conditions de mer définies sont propagées à l'aide du modèle numérique LITPACK, qui permet de calculer l'évolution de la houle dans le profil et la surcote de déferlement à l'approche de la côte (approche 1D). Le modèle fournit ainsi les conditions de mer au pied de l'ouvrage, en tenant compte de la bathymétrie locale.

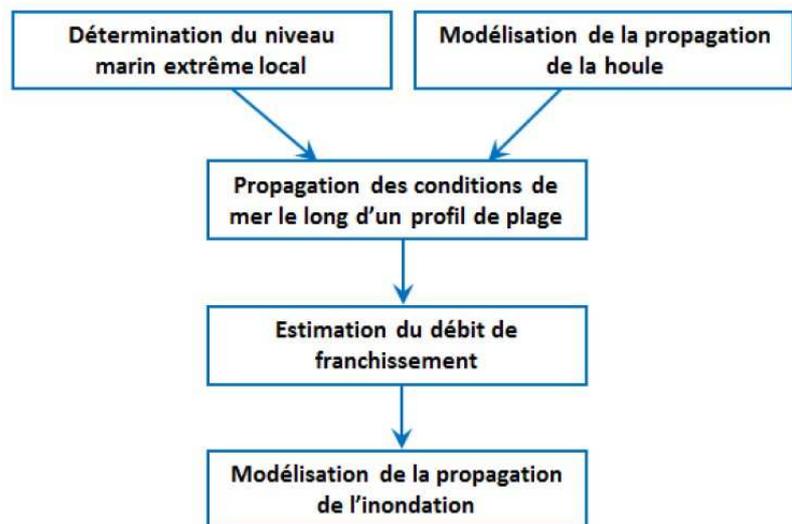


Figure 4-21 : Méthodologie pour la modélisation de franchissements

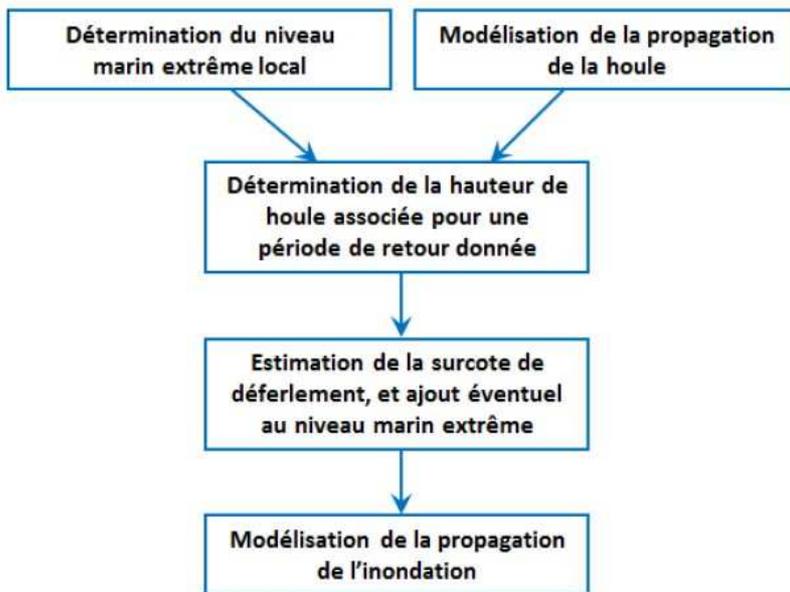
Application aux sites à rupture et aux sites à débordement

Le seul paramètre caractérisant ce phénomène est le niveau d'eau. Le couple retenu pour la modélisation le plus pénalisant est le niveau marin élevé associé à une faible houle.

Les conditions de mer, définies par ce couple, sont propagées à l'aide d'un modèle numérique. Le modèle utilisé, nommé LITPACK, permet de calculer l'évolution de la houle et de la surcote de déferlement à l'approche de la côte. Cette modélisation est effectuée le long d'un profil de plage, sur une distance de l'ordre de 2 km, c'est-à-dire à partir des fonds généralement compris entre -10 et -15 m IGN69. Ces profils sont construits à l'aide des données bathymétriques de la base de données C-Map et des données topographiques LIDAR sur l'estran.

Le modèle fournit ainsi les conditions de mer au pied de l'ouvrage, en tenant compte de la bathymétrie locale. La différence de niveau à pleine-mer entre les conditions de mer au large et au pied de l'ouvrage constitue l'estimation de la surcote de déferlement.

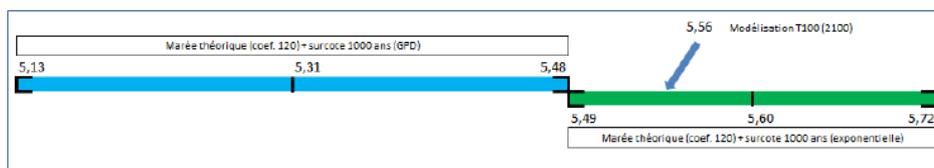
La rupture de digue ou de cordon dunaire n'est pas considérée pour l'événement décennal, sauf exception dû à l'état de l'ouvrage considéré.



**3.2.2 - Scénario extrême**

Il a été considéré la marée théorique (PHMA) de coefficient 120 pour Dunkerque ainsi que les surcotes millénales estimées par le CETMEF.

En considérant les ajustements à une loi exponentielle (valeur moyenne + bornes supérieure et inférieure de l'intervalle de confiance à 70 %) et à une loi GPD<sup>11</sup> (valeur moyenne + bornes supérieure et inférieure de l'intervalle de confiance à 70 %), il a été pris en compte des modèles T100 à 2100 comme base de l'aléa millénal :



<sup>11</sup> loi GPD (Generalized Pareto Distribution) : loi de probabilité

### 3.2.3 - Présentation des sites retenus sur le TRI de Dunkerque

Les hypothèses retenues sur la prise en compte des ouvrages de protection en fonction du scénario étudié sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Sites / type (ou nom) de l'ouvrage de protection	Scénario Fréquent	Scénario Moyen Moyen changement climatique	Scénario extrême
Bray Dunes cordon dunaire	Résistant	Rupture partielle (brèches)	Rupture partielle (brèches)
Bray-Dunes perré	Franchissement	Franchissement	Franchissement
Malo les Bains perré	Franchissement	Franchissement	Franchissement
Dunkerque digue	Résistante	Rupture partielle (brèches)	Rupture partielle (brèches)
Dunkerque avant-port	Pas de débordement	débordement	débordement
Oye-Plage – digue TAAF/1925 cordon dunaire Escardine cordon dunaire Petit Fort Philippe	Résistants	Ruptures partielles (brèches)	Ruptures partielles (brèches)
Rives de l'Aa	débordement	débordement	débordement

Les hypothèses, modélisation et dynamique de submersion sont détaillées site par site ci-dessous :

#### ***Bray-Dunes – rupture du cordon dunaire***

##### **Hypothèses**

Ce secteur est entouré de dunes, et l'extension de cette submersion est donc très limitée spatialement du fait de la topographie. Les effets dynamiques de la submersion marine sur ce site étant par conséquent négligeables, la cartographie de l'aléa a exceptionnellement été effectuée par analyse topographique, c'est-à-dire que la surface inondée est celle dont la topographie est située sous le niveau marin.

##### **Les niveaux marins statiques extrêmes retenus**

Le niveau (4,70 m) retenu pour l'événement d'occurrence centennale est celui du SHOM 2012, plus pénalisant.

##### **Les niveaux marins totaux retenus**

Une élévation du niveau marin liée au réchauffement climatique pris en compte en 2013 de 0,20 m a été ajoutée au niveau de pleine-mer centennal. Pour la modélisation de l'événement centennal incluant le changement climatique à l'horizon 2100, une surcote supplémentaire de 0,40 m a été ajoutée afin d'obtenir une élévation moyenne de 0,60 m conforme au scénario pessimiste établi par l'ONERC.

Le calcul de la surcote de déferlement liée aux niveaux marins précédemment exposés est effectué par propagation de la houle au travers d'un modèle 1D.

L'incertitude sur les hypothèses de calcul de la surcote de déferlement est de plus intégrée aux niveaux marins finaux.

Les niveaux marins totaux s'établissent ainsi :

	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitude sur le calcul de la surcote de déferlement	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
T100	4,70	0,20	0,39	0,07	5,36
T100 à l'horizon 2100	4,70	0,60	0,30	0,07	5,67

*Niveaux marins extrêmes de pleine-mer totaux (en m IGN 69) retenus à Bray-Dunes*

## Dynamique de submersion

L'analyse topographique effectuée pour l'événement centennal permet de définir l'étendue de l'inondation en considérant comme submersible l'intégralité de la zone située sous le niveau marin. Dans ces conditions, les hauteurs de submersion sont égales à la différence entre le niveau marin et la topographie de chaque point de l'espace.

## Bray-Dunes – franchissement de perré

### Hypothèses

#### Caractéristiques de l'ouvrage et des profils

L'altitude du perré est homogène sur tout son linéaire, mais le profil transversal de la plage diffère entre la partie ouest et la partie est. Le calcul de la propagation de la houle sur ce site est donc effectué sur deux profils distincts.

Comme pour l'analyse de tous les autres sites soumis au franchissement, le calcul de propagation de la houle tient compte de l'effet de la surcote de déferlement.

#### Conditions en mer et conditions au pied de l'ouvrage

Les niveaux marins extrêmes au large de Bray-Dunes ont été extraits des cartes du SHOM 2008 pour les périodes de retour décennale et centennale.

	Niveau extrême de pleine-mer
T10	4,30
T100	4,70

*Niveaux marins extrêmes de pleine-mer (en m IGN 69) retenus à Bray-Dunes*

#### Les niveaux marins totaux retenus

Une élévation du niveau marin liée au réchauffement climatique pris en compte en 2013 de 0,20 m a été ajoutée au niveau de pleine-mer centennal. Pour la modélisation de l'événement moyen intégrant le changement climatique, une surcote supplémentaire de 0,40 m a été ajoutée afin d'obtenir une élévation moyenne de 0,60 m conforme au scénario pessimiste établi par l'ONERC.

La propagation des conditions de mer au large au pied de l'ouvrage de Bray-Dunes a été effectuée en 1D le long des deux profils précédemment décrits grâce au logiciel LITPACK.

L'incertitude sur les hypothèses de calcul de la surcote de déferlement est de plus intégrée aux niveaux marins finaux.

Les niveaux marins extrêmes de pleine-mer (en m IGN 69) à Bray-Dunes totaux s'établissent ainsi par profils :

T10	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitude sur le calcul de la surcote de déferlement	Niveau extrême de pleine-mer total au pied de l'ouvrage
Profil 1	4,30	-	0,32	0,08	4,70
Profil 2	4,30	-	0,44	0,07	4,81
T100	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitude sur le calcul de la surcote de déferlement	Niveau extrême de pleine-mer total au pied de l'ouvrage
Profil 1	4,70	0,20	0,30	0,08	5,28
Profil 2	4,70	0,20	0,39	0,07	5,36
T100 à l'horizon 2100	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitude sur le calcul de la surcote de déferlement	Niveau extrême de pleine-mer total au pied de l'ouvrage
Profil 1	4,70	0,60	0,22	0,08	5,60
Profil 2	4,70	0,60	0,30	0,07	5,67

Les caractéristiques de la houle en pied d'ouvrage sont les suivantes :

	Hauteur significative de la houle au large (m)	Période de la houle (s)	Hauteur significative de la houle au pied de l'ouvrage (m)	
			Profil 1	Profil 2
T100	2,9	9	1,17	
T100 à l'horizon 2100	2,9	9	1,62	

Les signaux de marée utilisés comme conditions aux limites du modèle au large ont été modifiés pour atteindre les niveaux extrêmes de pleine-mer calculés.

### **Les débits injectés dans le modèle hydrodynamique terrestre**

L'estimation des débits de franchissement a été effectuée à l'aide de la formule empirique proposée dans le « Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures – Assessment Manual ».

		Profil 1	Profil 2
10 ans	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	2,54	-
	Débit linéique maximal (l/s/m)	0,4	-
100 ans	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	1,97	1,64
	Débit linéique maximal (l/s/m)	115	40
100 ans à l'horizon 2100	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	1,65	1,33
	Débit linéique maximal (l/s/m)	329	185

*Calculs des débits linéiques injectés dans le modèle*

## **Dynamique de submersion**

Les inondations calculées sont majoritairement limitées à une étroite bande le long du perré. Pour le scénario moyen incluant le changement climatique, l'emprise de l'inondation est plus grande, avec quelques avancées de l'eau jusqu'à l'avenue de la Liberté, notamment en s'écoulant par l'avenue du Général de Gaulle. Les quartiers à l'est de la ville sont affectés par les écoulements via l'avenue du Casino. À l'ouest de la ville, une zone basse est inondée avec des hauteurs d'eau maximales importantes et est donc classée en aléa fort.

Les aléas restent néanmoins de faible à moyen sur la majeure partie de l'inondation pour ces deux scénarios.

## ***Malo-les-Bains- franchissement de perré***

### **Hypothèses**

#### **Caractéristiques de l'ouvrage et des profils**

Le calcul du débit franchissant le perré est effectué sur trois profils transversaux de la plage, afin de tenir compte des variations de géométrie de l'ouvrage (hauteur et pente).

#### **Conditions en mer et conditions au pied de l'ouvrage**

Les niveaux marins extrêmes au large de Malo-les-Bains ont été extraits des cartes du SHOM 2008 et 2012 pour les périodes de retour décennale et centennale.

Le niveau retenu pour l'événement fréquent est celui du SHOM 2012, plus fort que celui du SHOM 2008.

Le niveau retenu pour l'événement moyen est celui du SHOM 2012, plus pénalisant.

	Niveau extrême de pleine-mer
T10	4,30
T100	4,70

*Niveaux marins extrêmes de pleine-mer (en m IGN 69) retenus à Malo les Bains*

#### **Les niveaux marins totaux retenus**

Une élévation du niveau marin liée au réchauffement climatique pris en compte en 2013 de 0,20 m a été ajoutée au niveau de pleine-mer centennal. Pour la modélisation de l'événement moyen intégrant le changement climatique, une surcote supplémentaire de 0,40 m a été ajoutée afin d'obtenir une élévation moyenne de 0,60 m conforme au scénario pessimiste établi par l'ONERC.

La propagation des conditions de mer au large au pied de l'ouvrage de Malo-les-Bains a été effectuée en 1D le long des profils précédemment décrits grâce au logiciel LITPACK.

L'incertitude sur les hypothèses de calcul de la surcote de déferlement est de plus intégrée aux niveaux marins finaux.

Les niveaux marins extrêmes de pleine-mer (en m IGN 69) totaux s'établissent ainsi par profils :

	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitude sur le calcul de la surcote de déferlement	Niveau extrême de pleine-mer total au pied de l'ouvrage
T10					
Profil 1	4,30	-	0,26	0,03	4,59
Profil 2	4,30	-	0,13	0,05	4,48
Profil 3	4,30	-	0,13	0,03	4,46
T100					
Profil 1	4,70	0,20	0,24	0,03	5,17
Profil 2	4,70	0,20	0,10	0,03	5,03
Profil 3	4,70	0,20	0,12	0,03	5,05
T100 à l'horizon 2100					
Profil 1	4,70	0,60	0,19	0,04	5,53
Profil 2	4,70	0,60	0,09	0,02	5,41
Profil 3	4,70	0,60	0,10	0,02	5,42

Houles (en m) à Malo-les-Bains :

	Hauteur significative de la houle au large (m)	Période de la houle (s)	Hauteur significative de la houle au pied de l'ouvrage (m)	
			Profil 1	Profil 2
T10	2,5	8,7	0,08	1,02
T100	3,2	9	0,64	1,61
T100 à l'horizon 2100	3,2	9	0,99	1,82

Les signaux de marée utilisés comme conditions aux limites du modèle au large ont été modifiés pour atteindre les niveaux extrêmes de pleine-mer calculés.

### **Les débits injectés dans le modèle hydrodynamique terrestre**

L'estimation des débits de franchissement a été effectuée à l'aide de la formule empirique proposée dans le « Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures – Assessment Manual ».

		Profil 1	Profil 2
10 ans	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	0,91	0,77
	Débit linéique maximal (l/s/m)	0	439
100 ans	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	0,33	0,22
	Débit linéique maximal (l/s/m)	257	1629
100 ans à l'horizon 2100	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	Débordement	Débordement
	Débit linéique maximal (l/s/m)	-	-

*Calculs des débits linéiques injectés dans le modèle*

## Dynamique de submersion

L'extension des inondations calculées pour les différentes périodes de retour reste limitée au perré, et n'atteint généralement que la première rangée de bâtiments.

Les caractéristiques de la partie est du perré sont telles que le débit linéique de franchissement calculé sur cette partie est faible en comparaison des débits linéiques calculés sur les parties ouest et centre de l'ouvrage. Il en résulte sur cette partie est une hauteur d'eau insuffisante pour que l'inondation se propage dans les rues perpendiculaires au perré.

Pour les simulations des aléas moyens intégrant le changement climatique, l'ampleur de l'inondation est à peine supérieure à la simulation des aléas moyens, mais l'aléa plus fort s'explique principalement par des hauteurs d'eau maximales plus élevées sur le perré.

## Cartographie

La bande de 100 m est délimitée à l'ouest par la rue de la Plage, au-delà de laquelle la topographie est rapidement plus élevée. À l'est, cette bande s'étend jusqu'à la rue de Flandre. En effet, la modélisation de la propagation de la houle sur un profil situé au-delà de cette rue a montré qu'il n'y existait pas de risque de franchissement pour l'événement centennal.

## Dunkerque – rupture de la digue des Alliés

### Hypothèses

#### Les niveaux marins statiques extrêmes retenus

Les niveaux marins à Dunkerque ont été extraits des chroniques enregistrées au marégraphe, le port de Dunkerque étant un port de référence. La chronique d'acquisition des données s'étend du 07 juin 1956 au 24 novembre 2009. La chronique présente 23,3% de lacunes soit une durée utile de 41 années.

	Niveau extrême de pleine-mer
T100	4,70
<i>Niveaux marins extrêmes de pleine-mer (en m IGN 69) retenus à Dunkerque</i>	

#### Les niveaux marins totaux retenus

Une élévation du niveau marin liée au réchauffement climatique pris en compte en 2013 de 0,20 m a été ajoutée au niveau de pleine-mer centennal. Pour la modélisation de l'événement moyen intégrant le changement climatique, une surcote supplémentaire de 0,40 m a été ajoutée afin d'obtenir une élévation moyenne de 0,60 m conforme au scénario pessimiste établi par l'ONERC.

Le calcul de la surcote de déferlement liée aux niveaux marins précédemment exposés est effectué par propagation de la houle au travers d'un modèle 1D.

Le profil utilisé pour déterminer la surcote de déferlement est celui mesuré avant le rechargement de la digue des Alliés.

L'incertitude sur les hypothèses de calcul de la surcote de déferlement est de plus intégrée aux niveaux marins finaux.

Les niveaux marins extrêmes de pleine-mer totaux (en m IGN 69) retenus à Dunkerque s'établissent ainsi :

	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitude sur le calcul de la surcote de déferlement	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
T100	4,70	0,20	0,32	0,06	5,28
T100 intégrant le changement climatique	4,70	0,60	0,20	0,06	5,56

Notons également que le modèle a été étendu sur l'avant-port de Dunkerque au niveau du bassin à marée afin de prendre en compte les débordements sur les terre-pleins portuaires. Les niveaux retenus pour l'aléa décennal, centennal et centennal intégrant le changement climatique sont respectivement 4,66 m NGF, 5,09 m NGF et 5,43 m NGF. Ces niveaux ont été déterminés à partir des niveaux statiques de pleine mer sans prise en compte des phénomènes de surcote de déferlement. En effet, la profondeur dans l'avant-port, supérieure à celle du littoral adjacent, et les évolutions bathymétriques (pentes du fond de l'avant-port) ne sont pas de nature à générer de surcote lié au déferlement bathymétrique dans l'intérieur du port. Cependant, le déferlement de la houle à l'entrée du port sur la plage du Braeck pouvant se propager dans l'avant-port, la possibilité de la bascule du plan d'eau dans le bassin à marée (fetch > 2 km) et le phénomène de clapot généré sont des phénomènes pouvant conduire à une sous-estimation du niveau marin total. C'est pourquoi une surcote égale à 50% de la surcote de déferlement due à la houle a été considérée dans le bassin à marée correspondant au retour d'expérience rapporté par le CETMEF lors de la tempête Xynthia.

### **Conditions initiales pour le canal exutoire**

Le canal exutoire est pris en compte dans le modèle 2D, sa bathymétrie est définie à -5 m IGN 69, valeur déterminée à l'aide des profils en travers réalisés par le bureau d'études SOGREAH.

La détermination des conditions de remplissage du canal exutoire au moment de l'initialisation de la brèche a été déterminée par une analyse statistique des niveaux d'eau. Le niveau dans le canal exutoire a ainsi été fixé à -1,51 m IGN69 correspondant au 25<sup>ème</sup> percentile du total de l'échantillon. Cette valeur est d'une part conforme à la régulation des niveaux effectués dans le canal exutoire confirmé par l'Institution Interdépartementale des Wateringues et d'autre part n'est pas de nature à cumuler des phénomènes probabilistes maritimes et fluviaux qui pourraient surévaluer le phénomène de submersion.

### **Ouvrage des 4 écluses**

En cohérence avec le niveau initial dans le canal exutoire correspondant à une situation de basses eaux, l'ouvrage de jonction est considéré comme fermé. En effet en l'absence de crues continentales, pour un niveau à -1,51 m NGF dans le canal exutoire, l'ouvrage de jonction est fermé pour maintenir les niveaux normaux de navigation.

### **Modèle des wateringues**

Le réseau des Wateringues est représenté par un modèle 1D, avec un couplage latéral avec le modèle 2D pour les portions de canaux au plus près de l'ouvrage de jonction, qui sont les plus susceptibles de déborder ou de recevoir de l'eau de la submersion des terrains du modèle 2D. Il est vérifié a posteriori que les niveaux d'eau dans les canaux non couplés au modèle 2D n'atteignent pas la cote de débordement et qu'il n'est donc pas nécessaire d'y intégrer des liens latéraux.

Les extrémités des canaux sont localisés sur les écluses, hormis pour le canal Hougracht interrompu en limite du modèle 2D, et les canaux Langhe-Gracht et Coudekerque. Les canaux de Furnes et de Basse Colme (tels que représentés sur la carte page suivante) sont prolongés par une branche représentative de la distance jusqu'à l'écluse du côté Belgique.



Réseau des canaux modélisés en 1D

Afin de mieux représenter les débordements du canal de Furnes, deux points de débordements en rive Sud ont été identifiés sur le terrain :

- la connexion du canal de Furnes avec le lac de Tétéghem via un watergang ;
- la connexion du canal de Furnes avec un fossé longeant la route via la station de pompage de Ghyvelde (près de la frontière belge).

Un couplage 1D/2D a été réalisé au niveau des 4 écluses, avec les liens latéraux sur toutes les portions de canaux pour prendre en compte l'ensemble des échanges des canaux vers le terrain naturel et inversement. Des portions de liens latéraux (en rouge sur la figure ci-dessous) représentent spécifiquement les échanges entre l'ouvrage de jonction et l'ensemble canal de jonction – canal de dérivation du canal de Bergues d'une part, et entre l'écluse de Furnes et l'ensemble canal de Furnes – canal des Moères (isolé par le côté sud du sas) d'autre part.

Le complexe de l'ouvrage de jonction et de l'écluse de Furnes est représenté ainsi par quatre seuils dans le modèle hydraulique :

- un seuil sur l'ouvrage de jonction alimentant le canal de Bergues et le canal de jonction. La cote du seuil est calé à la cote d'arase de l'ouvrage ;
- un seuil au niveau de l'écluse de Furnes en amont du sas permettant une alimentation du canal de Furnes et du canal des Moères. La cote du seuil est calé à la cote d'arase de l'ouvrage ;
- deux seuils permettant d'isoler les différents canaux (Bergues, Moères, Furnes).



Modalité de couplage 1D / 2D au niveau de l'écluse carrée

La structure des canaux dans le modèle 1D est donnée par les profils en travers fournis. Pour le canal de Furnes, où se concentre la majeure partie de l'inondation, des profils en travers supplémentaires ont été extraits des données LIDAR, avec un espacement de 50 m en zone urbaine près du canal exutoire, et tous les 200 m au-delà. La densification des profils en travers le long du canal de Furnes permet de modéliser plus finement les échanges 1D / 2D via les liens de déversement. Pour le canal des Moeres, également sensible à l'ampleur de l'inondation, quelques profils ont été ajoutés de la même manière, afin d'avoir un espacement inférieur à 200m sur le premier kilomètre à partir de l'ouvrage de jonction.

Les niveaux d'eau initiaux imposés dans les canaux sont résumés dans le tableau suivant. Les stations de pompage existantes sur l'ensemble des Wateringues ne sont pas considérées, leur influence n'est donc pas prise en compte.

Canal	Niveau d'eau initial (m IGN 69)
Furnes	0.90
Bourbourg	1.26
Grand Gabarit	1.26
Bergues	-0.17
Langhe-Gracht	-0.10
Haute Colme	0.71
Basse Colme	0.00
Hougracht	0.00
Moeres	-1.30
Chats	-1.30
Ringsloot	-1.30
Coudekerque	-1.30

*Niveaux d'eau initiaux dans les canaux*

### **Régulation de l'ouvrage Tixier**

L'ouvrage Tixier, entre l'extrémité Ouest du canal exutoire et le port est représenté in extenso par l'ensemble des vannes dans le modèle 1D. Il est ouvert à marée descendante uniquement, et permet une vidange du canal exutoire lorsque son niveau d'eau est supérieur d'au moins 10 cm à celui du port conformément aux consignes de régulation précisées par l'Institution Interdépartementale des Wateringues.

Le fonctionnement des asservissements de l'ouvrage Tixier a été pris en compte : les débits d'eau transitant du canal exutoire vers le port à travers l'ouvrage, ainsi que les niveaux d'eau dans le port et le canal exutoire pour la simulation avec le niveau centennal.

Les hypothèses prises en compte pour la modélisation de la submersion marine sur le site de Dunkerque sont construites sur la base du scénario centennal actuel. Elles sont également justifiées pour le scénario centennal intégrant le changement climatique.

### **Les caractéristiques de la brèche**

La brèche simulée dans la digue des Alliés est d'une longueur de 100 m (voir figure page suivante). La crête de la digue est arasée de 8,5 m à 0,8 m IGN69 en 15 minutes.



*Position de la brèche dans la digue des Alliés*

## **Dynamique de submersion**

La dynamique de la submersion est décrite dans le rapport d'étude de détermination de l'aléa de submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord – Pas-de-Calais précité.

Au niveau des quatre écluses, le niveau d'eau au sud du canal exutoire atteint l'altitude de l'ouvrage de jonction et de l'écluse de Furnes.

L'eau passant au-dessus de l'ouvrage de jonction se déverse alors dans le canal de jonction menant au canal de Bourbourg et dans le canal de dérivation du canal de Bergues, faisant augmenter le niveau de 8 cm environ.

L'eau se déversant par-dessus l'écluse de Furnes est majoritairement exportée vers le canal de Furnes, le modèle actuel ne prenant pas en compte l'isolement partiel du canal de Furnes par le côté est du sas. Le canal étant par ailleurs alimenté par les débordements du canal exutoire, l'élévation de son niveau implique un fonctionnement en régime noyé du seuil précédemment décrit.

Les débits vers le canal des Moeres est alors quasi nul du fait de sa déconnexion du canal de Furnes par le sas. Ce parti pris de schématisation n'a pas de conséquence sur le canal de Furnes (apport via l'écluse s'élevant à  $0,15\text{m}^3/\text{s}$ ,  $Q_p = 163\text{m}^3/\text{s}$  au pk 775), ni sur le canal des Moères dont la capacité est bien supérieure aux quelques  $\text{m}^3/\text{s}$  qui seraient générés.

Les débordements du canal exutoire sont restitués au canal de Furnes entre pk 500 et pk 775. Cette restitution s'accompagne d'un rehaussement de la ligne d'eau dans le canal responsable du débordement en rive droite entre pk 350 et pk 725. Trois autres points d'alimentation en rive gauche sont à noter entre pk 900 et pk 1600.

L'onde de submersion générée dans le canal de Furnes se propage sur l'intégralité du linéaire. Le canal présente à son tour des points de débordement (pk 5000, pk 5800, pk 9200, pk 10 250).

La rive nord présente davantage de points bas que la rive sud, ce qui explique les débordements du canal côté nord et l'absence de débordement sur la berge côté Sud au-delà du pK 750.

Les débordements du canal de Furnes en rive droite entre pk 350 et pk 725 provoquent une inondation qui s'étale vers le sud le long du canal des Moeres, avec une hauteur maximale de l'ordre de 50 cm sur l'ensemble de cette surface. Cependant, le niveau reste inférieur à celui des berges du lit majeur du canal

de Moeres en rive droite (4 à 5 m IGN69). Il n'y a donc pas d'échange 1D / 2D mis en évidence.

Pour le scénario moyen intégrant le changement climatique, une restitution dans le canal des Moeres est mise en évidence sans pour autant induire de débordements délocalisés.

La restitution dans le canal des Moeres se partage plus à l'aval entre le canal de Coudekerque et le canal des Moères (schématisée sur la figure suivante). Le débit de pointe atteint  $4\text{m}^3/\text{s}$ , soit bien inférieur à celui du canal des Moeres, supérieur à  $15\text{m}^3/\text{s}$ .



*Schéma explicatif de la restitution d'eau dans le canal des Moeres entraînant une modification du débit dans le canal de Coudekerque (affluent du canal des Moeres, au sud)*

L'ensemble des lignes d'eau ne montre pas de débordement nécessitant le couplage lit mineur / lit majeur.

La prise en compte du watergang du lac de Téteghem permet le remplissage du lac, sans pour autant engendrer de débordement.

Le rétablissement hydraulique au droit de la station de pompage de Ghyvelde provoque un écoulement qui est pris en charge par les fossés latéraux de la route départementale. Cependant les volumes transitant par le dalot sont très supérieurs à la capacité de stockage des fossés. Un débordement est ainsi mis en évidence sur le secteur. Les débits maximums transitant s'établissent à  $0,68\text{ m}^3/\text{s}$  pour un volume total en cours de simulation de  $39\ 000\text{ m}^3$ .

### **Dunkerque – débordement avant-port**

L'avant-port de Dunkerque est modélisé au niveau du bassin à marée afin de prendre en compte les débordements sur les terre-pleins portuaires.

Les niveaux retenus pour l'aléa décennal, centennal et centennal intégrant le changement climatique sont respectivement  $4,66\text{ m NGF}$ ,  $5,09\text{ m NGF}$  et  $5,43\text{ m NGF}$ . Ces niveaux ont été déterminés à partir des niveaux statiques de pleine mer sans prise en compte des phénomènes de surcote de déferlement. En effet, la profondeur dans l'avant-port, supérieure à celle du littoral adjacent et les évolutions bathymétriques (pentes du fond de l'avant-port) ne sont pas de nature à générer de surcote lié au déferlement bathymétrique dans l'intérieur du port. Cependant le déferlement de la houle à l'entrée du port sur la plage du Braeck pouvant se propager dans l'avant-port, la possibilité de la bascule du plan d'eau dans le bassin à marée (fetch  $> 2\text{ km}$ ) et le phénomène de clapot généré sont des phénomènes pouvant conduire à une sous-estimation du niveau marin total. C'est pourquoi une surcote égale à 50% de la surcote de déferlement due à la houle a été considérée dans le bassin à marée correspondant au retour d'expérience rapporté par le CETMEF lors de la tempête Xynthia.

## Oye-Plage et Rives de l'Aa – ruptures et débordement

### Hypothèses

#### Les niveaux marins statiques extrêmes retenus

Les niveaux marins extrêmes sur le secteur de l'estuaire de l'Aa ont été extraits des cartes du SHOM 2008 et 2012 pour les périodes de retour fréquente et moyenne.

Les niveaux retenus pour les événements fréquent et moyen sont ceux du SHOM 2008, plus fort que ceux du SHOM 2012.

	Niveau extrême de pleine-mer
T10	4,50
T100	4,80

*Niveaux marins extrêmes de pleine-mer (en m IGN 69) retenus dans l'estuaire de l'Aa*

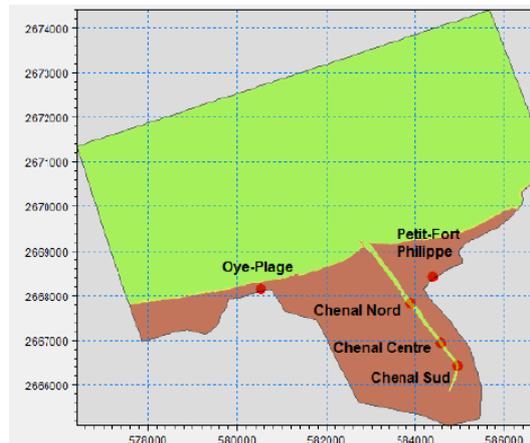
#### Estimation de la surcote de déferlement

L'estuaire de l'Aa est un site complexe au niveau hydrodynamique. L'interaction des houles avec les courants marins en fait un site impossible à traiter via un modèle 1D.

Un modèle 2D couplé HD/SW (Hydrodynamic / Spectral Waves) a été construit, représentant les rives de l'Aa, ainsi que Oye-Plage et Petit-Fort-Philippe. Ce modèle couplé permet de calculer l'influence des houles sur les courants marins, mais aussi l'influence des courants marins sur les houles dans l'estuaire de l'Aa. La bathymétrie mise en œuvre est issue des données du SHOM.

Un marégramme est imposé en condition limite de ce modèle. Il est à noter que pour la stabilité du modèle, l'ajout d'un cycle de marée d'initialisation est nécessaire (3 marées).

Les différentes surcotes de déferlement sont calculées à partir des séries temporelles des niveaux d'eau extraites en différents points :



*Points d'extraction des niveaux d'eau sur le site de l'estuaire de l'Aa*

#### Les niveaux marins totaux retenus

Le calcul de l'incertitude sur la surcote de déferlement montre que, bien qu'il y ait une évolution sur Oye-Plage et Petit-Fort-Philippe, la décote observée dans le chenal n'est pas affectée.

Les niveaux marins totaux s'établissent ainsi :

T10	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote / Décote due au déferlement	Incertitude sur le calcul de la surcote de déferlement	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
Chenal Nord	4,50	-	0,02	-	4,52
Chenal Centre	4,50	-	0,01	-	4,51
Chenal Sud	4,50	-	-0,04	-	4,46

*Niveaux marins extrêmes de pleine-mer totaux (en m IGN 69) retenus dans l'estuaire de l'Aa*

Il n'est pas considéré de brèche pour l'événement décennal mais uniquement le débordement.

T100	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote / Décote due au déferlement	Incertitude sur le calcul de la surcote de déferlement	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
Oye-Plage	4,80	0,20	0,07	0,02	5,09
Chenal Nord	4,80	0,20	-0,05	-	4,95
Chenal Centre	4,80	0,20	-0,22	-	4,78
Chenal Sud	4,80	0,20	-0,24	-	4,76
Petit-Fort-Philippe	4,80	0,20	0,08	0,02	5,10

T100 intégrant le changement climatique	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote / Décote due au déferlement	Incertitude sur le calcul de la surcote de déferlement	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
Oye-Plage	4,80	0,60	0,09	0,02	5,51
Chenal Nord	4,80	0,60	-0,14	-	5,26
Chenal Centre	4,80	0,60	-0,31	-	5,09
Chenal Sud	4,80	0,60	-0,33	-	5,07
Petit-Fort-Philippe	4,80	0,60	0,11	0,03	5,54

### **Conditions initiales**

Les portes de l'écluse de Gravelines sont considérées fermées. Un test de sensibilité a montré que l'ouverture de la porte Nord n'entraîne pas de modification significative des résultats.

### **Topographie**

La bathymétrie du site des rives de l'Aa prend en compte les données topographiques fournies par les services de la commune de Gravelines. Ainsi les digues en bordure du chenal de l'Aa ont été mises à la cote maximum du profil levé.

### **Les caractéristiques de la brèche**

L'étude VSC a permis d'identifier un secteur potentiellement submersible dans le cas d'une brèche dans le cordon dunaire des Escardines. Celle-ci a été simulée avec une longueur de 100 m, le sommet de la dune s'effondrant de 12,5 à 4,517 m IGN69 à partir d'une heure avant la pleine-mer sur une durée de 15 minutes.

La brèche simulée à la jonction de la digue Taaf et de la digue de 1925 est d'une longueur de 100 m. La crête de la digue est arasée de 6 m à 3,7 m IGN69 en 15 minutes.

La brèche simulée à Petit-Fort-Philippe est d'une longueur de 15 m, la crête du cordon dunaire s'effondrant de 6,75 m à 4,50 m IGN69. La rupture de ce cordon dunaire intervient lorsque le niveau de

la marée entraîne une charge hydraulique de 50 cm sur la dune, c'est-à-dire lorsque la marée atteint 5 m IGN69. Cette cote est atteinte 15 minutes avant la pleine-mer pour T100 et 50 minutes avant la pleine-mer pour T100 + changement climatique. La rupture intervient en 15 minutes.

La position de ces trois brèches simulées est indiquée sur la figure suivante :



*Position des brèches simulées sur le secteur des rives de l'Aa*

Les hypothèses prises en compte pour la modélisation de la submersion marine sur ce site sont construites sur la base du scénario moyen. Elles sont également justifiées pour le scénario moyen intégrant le changement climatique.

### **Dynamique de submersion**

Les inondations sur ce secteur sont issues de la combinaison de la rupture du cordon dunaire aux Escardines, de la rupture des digues Taaf et 1925 sur la rive gauche de l'Aa et de la brèche de Petit-Fort-Philippe sur la rive droite, ainsi que du débordement depuis les marais littoraux et le long des deux rives de l'Aa.

Face à la dune des Escardines et aux marais, le niveau de la mer est surélevé sous l'effet de la surcote de déferlement. Le niveau de la mer à l'entrée du chenal est alors identique au niveau face aux marais et à la dune. En se propageant dans le chenal vers le sud, le niveau de la mer diminue progressivement. Ainsi, le niveau de la mer au Sud du chenal pour l'événement centennal n'est plus que de 4.76 m IGN69, alors qu'il est de 5.09 m IGN69 à l'entrée du chenal.

Pour l'événement centennal, 15 minutes après l'apparition de la brèche, le quartier des Escardines est en partie inondé, ainsi que les terres situées à l'arrière de la digue Taaf. Les premiers débordements ont lieu à partir des marais 10 minutes avant la pleine-mer et à partir du chenal de l'Aa en rive gauche et en rive droite, respectivement 20 minutes et 50 minutes avant la pleine-mer.

Ces inondations se propagent ensuite rapidement, et touchent dans un premier temps deux secteurs distincts : le secteur au nord concernant les Escardines, dont les inondations proviennent à la fois de la brèche du cordon dunaire et de la brèche de la digue délimitant les marais, le secteur des rives de l'Aa dont les inondations sont dues au débordement du chenal. Les inondations à Petit-Fort-Philippe restent relativement contenues.

La propagation de l'inondation est ensuite contrainte par la présence de digues de second rang, généralement orientées suivant l'axe est-ouest. Ces digues contiennent dans un premier temps les inondations dans le nord, jusqu'à ce que le niveau soit tel qu'elles franchissent ces digues.

Enfin, lorsque la mer se retire les hauteurs de submersion diminuent à la fois sur le quartier des Escardines et le long des rives de l'Aa. Néanmoins, l'eau continue à s'étaler lentement vers le sud-ouest jusqu'à atteindre un niveau d'équilibre.

En parallèle, la brèche apparaissant à Petit-Fort-Philippe engendre également des inondations derrière la dune, mais celles-ci restent relativement limitées au niveau de la rue Victor Hugo.

Il est à noter que le fonctionnement hydraulique des ouvrages régulant les niveaux d'eau dans les waterings n'est pas modélisé. Ainsi le modèle ne tient pas compte de l'ouverture de la Porte Noire, séparant le Schelf Vliet du chenal, qui s'ouvre en conditions normales lorsque le niveau d'eau dans le chenal est inférieur au niveau du Schelf Vliet.

## **Cartographie**

La bande de 100 m sur ce secteur concerne le quartier des Escardines, exposé au risque de rupture du cordon dunaire, car la dune est actuellement en érosion. Cette bande longe donc la dune à partir des Huttes d'Oye à l'Ouest, et jusqu'aux marais à l'Est. À ce niveau, la bande se prolonge le long de la digue bordant les marais, jusqu'à ce que le terrain naturel redevienne plus élevé que la digue.

Une autre bande de 100 m est appliquée sur l'ensemble de la digue Taaf et la digue 1925.

Aucune bande de 100 m n'est considérée à Petit Fort Philippe, le point de fragilité étant ponctuel et identifié.

### **3.2.4 - Limite de validité des cartes**

Les cartes ont été créées pour une **échelle de validité de 1/ 25 000<sup>ème</sup>**. L'utilisateur est ainsi invité à conserver l'échelle du 1/25 000<sup>ème</sup>, car les données ne permettent pas de réaliser une cartographie fiable à une échelle plus précise.

## **3.3 - Carte de synthèse des surfaces inondables**

La carte de synthèse du TRI de Dunkerque correspond aux zones de submersion marine.

Il s'agit d'une carte restituant la synthèse des surfaces inondables de l'ensemble des scénarios (fréquent, moyen – avec et sans changement climatique – et extrême) considérés pour le TRI. Ce sont les limites des surfaces inondables qui sont ainsi représentées sur cette carte.

**Son échelle de validité est le 1/ 25 000<sup>ème</sup>.**

## 4 - Cartographie des risques d'inondation du TRI de Dunkerque

La cartographie des risques d'inondation est construite à partir du croisement entre les cartes de synthèse des surfaces inondables et les enjeux présents au sein de ces enveloppes.

Une estimation de la population permanente et des emplois a été comptabilisée par commune et par scénario. Celle-ci est complétée avec la population communale totale moyenne à l'échelle de la commune.

Son échelle de validité est le 1/ 25 000<sup>ème</sup>.

### 4.1 - Méthode de caractérisation des enjeux

L'élaboration des cartes de risques s'est appuyée sur un système d'information géographique (SIG) respectant le modèle de données établi par l'IGN et validé par la commission de validation des données pour l'information spatialisée (COVADIS)<sup>12</sup>.

Certaines bases de données ont été produites au niveau national. D'autres données proviennent d'informations plus locales, via des bases de données régionales ou directement des communes, suites aux retours des élus entre juillet et septembre 2013.

### 4.2 - Type d'enjeux caractérisés pour la cartographie des risques

L'article R. 566-7 du Code l'environnement demande de tenir compte a minima des enjeux suivants :

1. Le nombre indicatif d'habitants potentiellement touchés ;
2. Les types d'activités économiques dans la zone potentiellement touchée ;
3. Les installations ou activités visées à l'annexe I de la directive 2010/75/ UE du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles, qui sont susceptibles de provoquer une pollution accidentelle en cas d'inondation, et les zones protégées potentiellement touchées visées à l'annexe IV, point 1 i, iii et v, de la directive 2000/60/ CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau ;
4. Les installations relevant de l'arrêté ministériel prévu au b du 4° du II de l'article R. 512-8 ;
5. Les établissements, les infrastructures ou installations sensibles dont l'inondation peut aggraver ou compliquer la gestion de crise, notamment les établissements recevant du public.

<sup>12</sup> La Commission de Validation des Données pour l'Information Spatialisée (COVADIS) est une instance interministérielle mise en place par le MEDDE et par le ministère de l'agriculture et de l'agroalimentaire pour standardiser leurs données géographiques les plus fréquemment utilisées dans leurs métiers. Cette standardisation prend la forme de *géostandards* que les services doivent appliquer dès qu'ils ont à échanger avec leurs partenaires ou à diffuser sur internet de l'information géographique. Ils sont également communiqués aux collectivités territoriales et autres partenaires des deux ministères. La COVADIS inscrit son action en cohérence avec la directive INSPIRE et avec les standards reconnus.

### 4.3 - Sources des données relatives aux enjeux

Les enjeux retenus pour la cartographie des risques du TRI sont les suivants :

#### 1. Estimation de la population permanente dans la zone potentiellement touchée

Il s'agit d'une évaluation de la population permanente présente dans les différentes surfaces inondables cartographiées du TRI, au sein de chaque commune. Celle-ci a été établie à partir d'un semis de points discrétisant l'estimation de la population légale INSEE 2010<sup>13</sup> à l'échelle de chaque parcelle.

#### 2. Estimation des emplois dans la zone potentiellement touchée

Il s'agit d'une évaluation du nombre d'emplois présents dans les différentes surfaces inondables, au sein de chaque commune du TRI.

#### 3. Bâtiments dans la zone potentiellement touchée (Bâti)

Seuls les bâtiments dans la zone potentiellement touchée sont représentés dans les cartes de risque. Cette représentation est issue de la BD Topo de l'IGN (pour plus de détails : <http://professionnels.ign.fr/bdtopo>). Ils tiennent compte de l'ensemble des bâtiments de plus de 20 m<sup>2</sup> (habitations, bâtiments industriels, bâtis remarquables...).

#### 4. Types d'activités économiques dans la zone potentiellement touchée (Surface d'activité économique)

Il s'agit de surfaces décrivant un type d'activité économique incluses, au moins en partie, dans les communes situées en TRI.

En présence d'un document d'urbanisme (plan local d'urbanisme ou plan d'occupation des sols) numérisé, ce dernier a été utilisé. En l'absence d'un tel document, cette information est issue de la BD Topo de l'IGN (pour plus de détails : <http://professionnels.ign.fr/bdtopo>). Elle tient compte des zones d'activités commerciales et industrielles, des zones de camping ainsi que des zones portuaires ou aéroportuaires. Ces données ont été vérifiées et rectifiées le cas échéant, suite aux rencontres avec les communes.

#### 5. Installations polluantes

Deux types d'installations polluantes sont prises en compte : les établissements classés IED<sup>14</sup> et les stations de traitement des eaux usées.

Les IED (ex-IPPC) sont les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) qui sont soumises à la directive IED. Il s'agit d'une donnée établie par les DREAL, collectée dans la base S3IC<sup>15</sup> pour les installations situées dans le périmètre du TRI.

Les stations de traitement des eaux usées (STEU) prises en compte sont les installations de plus de 2 000 équivalents-habitants (EH) présentes dans les communes situées en TRI. La localisation de ces stations est issue d'une base de donnée nationale « BD ERU<sup>16</sup> ».

#### 6. Zones protégées pouvant être impactées par des installations polluantes (Limite de zones de protection naturelle)

Il s'agit des zones protégées pouvant être impactées par des installations IED ou par des stations de traitement des eaux usées. Ces zones, rapportées dans le cadre de la directive cadre sur l'eau 2000/60/CE

13 Données issues de l'INSEE. Les populations légales millésimées 2010 entrent en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2013. Elles ont été calculées conformément aux concepts définis dans le décret n° 2003-485 du 5 juin 2003. Leur date de référence statistique est le 1<sup>er</sup> janvier 2010.

14 Au sens de la directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, dite « directive IED »

15 S3IC : Système d'information de l'inspection des installations classées. S3IC (ou SIIC) est un logiciel professionnel de gestion des ICPE

16 BD ERU : Base de données sur les eaux résiduelles urbaines

(DCE), sont les suivantes :

- « zones de captage » : zones désignées pour le captage d'eau destinée à la consommation humaine en application de l'article 7 de la directive 2000/60/CE (toutes les masses d'eau utilisées pour le captage d'eau destinée à la consommation humaine fournissant en moyenne plus de 10 m<sup>3</sup> par jour ou desservant plus de cinquante personnes, et les masses d'eau destinées, dans le futur, à un tel usage) ;
- « eaux de plaisance » : masses d'eau désignées en tant qu'eaux de plaisance, y compris les zones désignées en tant qu'eaux de baignade dans le cadre de la directive 76/160/CEE (« eaux de baignade » : eaux ou parties de celles-ci, douces, courantes ou stagnantes, ainsi que l'eau de mer, dans lesquelles la baignade est expressément autorisée par les autorités compétentes de chaque État membre ou n'est pas interdite et habituellement pratiquée par un nombre important de baigneurs) ; en France les « eaux de plaisance » se résument aux « eaux de baignade » ;  
*Cette base nationale a été amendée, le cas échéant, suite aux rencontres avec les communes.*
- « zones de protection des habitats et espèces » : zones désignées comme zone de protection des habitats et des espèces et où le maintien ou l'amélioration de l'état des eaux constitue un facteur important de cette protection, notamment les sites Natura 2000 pertinents désignés dans le cadre de la directive 92/43/CEE et de la directive 79/409/CEE.

#### 7. Établissements, infrastructures ou installations sensibles dont l'inondation peut aggraver ou compliquer la gestion de crise, notamment les établissements recevant du public

Il s'agit des enjeux situés dans les communes situées en TRI, dont la représentation est issue de la BD Topo de l'IGN (pour plus de détails : <http://professionnels.ign.fr/bdtopo>). Cette catégorie d'enjeux a été affinée suite aux rencontres avec les élus entre mai et août 2013.

Elle a été subdivisée en plusieurs catégories :

- les bâtiments utiles pour la gestion de crise (centres de décisions, centres de sécurité et de secours) référencés « établissement utile à la gestion de crise », sont concernés les casernes, les gendarmeries, les mairies, les postes de police, les préfetures. La catégorie « Autre » comprend notamment les salles pouvant être utiles pour la gestion de crise
- les bâtiments et sites sensibles pouvant présenter des difficultés d'évacuation, ils sont référencés dans : « Établissements hospitaliers », « Établissements d'enseignement », « Campings », « Établissements pénitentiaires ».
- les réseaux et installations utiles pour la gestion de crise, ils sont référencés dans : « Gare », « Aéroport – Aérodrome », « Autoroute, quasi-autoroute », « Route, liaison principale », « Voie ferrée principale » .
- les établissements ou installations susceptibles d'aggraver la gestion de crise, ils sont référencés dans : « installation d'eau potable », « transformateur électrique », « autre établissement sensible à la gestion de crise » (cette dernière catégorie recense principalement les installations SEVESO et les installations nucléaires de base).
- « Autres », catégorie qui comprend les enjeux recensés suite aux rencontres avec les élus, mais ne rentrant pas dans les autres catégories, en particulier les administrations et les médiathèques (bâtiments et sites sensibles pouvant présenter des difficultés d'évacuation) et les salles pouvant être utiles pour la gestion de crise.

#### 8. Patrimoine culturel

Ensemble des sites inscrits ou classés au titre des monuments historiques. Bien que tous recensés, seuls les enjeux de type « ponctuel » ont été représentés sur la carte « Risques ».

## 5 - Liste des Annexes

### ***Annexe I : Atlas cartographique***

- Cartes des surfaces inondables de chaque scénario (fréquent, moyen, moyen intégrant le changement climatique, extrême) pour la submersion marine (2 × 4 cartes au format A1)
- Carte de synthèse des surfaces inondables des différents scénarios pour la submersion marine (2 cartes au format A1)
- Carte des risques d'inondation : Croisement des enveloppes de surfaces inondables (aléas) et des enjeux (2 cartes au format A1)

### ***Annexe II : Compléments méthodologiques***

- Fiche d'identification du standard de données COVADIS Directive Inondation  
Pour en savoir plus : <http://www.cnig.gouv.fr/Front/index.php?RID=154>

## Annexe II : Compléments méthodologiques



## COMMISSION DE VALIDATION DES DONNEES POUR L'INFORMATION SPATIALISEE



### Fiche d'identification du standard

Nom	Standard de données COVADIS : Directive inondation
<b>Description du contenu</b>	<p>Le géostandard Directive inondation décrit le socle des données géographiques produites sur les 120 territoires à risque important d'inondation (TRI) et cartographiées aux fins de rapportage pour la directive européenne sur les inondations.</p> <p>La Directive européenne 2007/60/CE du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation (JOUE L 288, 06-11-2007, p.27) influence la stratégie de prévention des inondations en Europe, puisqu'elle impose la production de plan de gestion des risques d'inondations sur chaque district hydrographique.</p> <p>L'article 1 de la directive inondation précise son objectif qui est d'établir un cadre pour l'évaluation et la gestion des risques d'inondation, qui vise à réduire les conséquences négatives des inondations sur la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique.</p> <p>Les objectifs et exigences de réalisation sont donnés par la loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (LENE) et le décret du 2 mars 2011. Dans ce cadre, l'objectif premier de la cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondation pour les TRI est de contribuer, en homogénéisant et en objectivant la connaissance de l'exposition des enjeux aux inondations, à la rédaction des plans de gestion des risques d'inondation (PGRI), à la définition des objectifs de ce plan et à l'élaboration des stratégies locales par TRI.</p> <p>Ainsi le présent géostandard vise-t-il à :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. homogénéiser la production des données utilisées pour les cartes des surfaces inondables et des risques d'inondation,</li> <li>2. faciliter la mise en place d'un SIG sur chaque TRI. Ce SIG Directive inondation doit devenir une référence vivante pour la connaissance des aléas et des risques d'inondation sur ces TRI et sera utilisé en vue d'établir les plans de gestion des risques d'inondation. Les SIG des TRI seront intégrés dans un SIG commun national.</li> </ol>
<b>Thème principal</b>	<p>Au sens de la norme ISO19115, les données traitées dans ce standard se classent dans 3 catégories :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Environnement</li> <li>• Planification/Cadastre</li> <li>• Société</li> </ul>
<b>Lien avec un thème INSPIRE</b>	Directive INSPIRE, Annexe 3, thème 12, zone à risque naturel
<b>Zone d'application</b>	Applicable à tout le territoire de l'UE (rivières, zones côtières) y compris DOM
<b>Objectif des données standardisées</b>	<p>Les données standardisées vont être principalement utilisées dans trois cas :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Constitution des PGRI et élaboration des stratégies locales par TRI</b></li> </ol> <p>La finalité de la directive inondation est de contribuer à la gestion et à la réduction du risque d'inondation. Les cartographies élaborées s'inscrivent dans le processus menant à l'élaboration des PGRI dont elles constituent une étape préparatoire.</p> <p>En représentant les aléas d'inondation et les enjeux qui y sont exposés à une échelle appropriée, la cartographie devra, parmi d'autres éléments, servir de support pour identifier des objectifs de réduction du risque puis des mesures pertinentes possibles pour gérer le risque, essentiellement à l'échelle du PGRI. L'objectif de cette étape de cartographie est d'apporter des éléments quantitatifs permettant d'évaluer plus finement la vulnérabilité d'un territoire pour 3 niveaux de probabilité d'inondation.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. <b>Contribuer au porter à connaissance de l'État</b></li> </ol> <p>La cartographie constitue un enrichissement de la connaissance complémentaire aux éléments existants (PPRI). Son intégration au porter à connaissance est obligatoire. A l'instar des atlas de zones inondables (AZI), elles contribueront à la prise en compte du risque dans les documents d'urbanisme et à l'application du droit des sols, par l'Etat et les collectivités territoriales, selon des modalités à adapter à la précision des cartes et au contexte local, et ceci surtout en l'absence de PPRI ou d'autres documents de référence à portée juridique.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. <b>Développer la culture du risque</b></li> </ol> <p>Les cartes seront largement diffusées dans un souci de transparence sur l'application de la directive, et constituent aussi un outil de communication et d'information vers le public, dans un objectif de développement de la culture du risque.</p>

Version 1.0 – 26 septembre 2012

<b>Type de représentation spatiale</b>	Les données géographiques concernées sont de nature vectorielle
<b>Résolution, niveau de référence</b>	<p>Les données définies par ce standard ont une résolution qui est fonction de leur nature et leur mode d'acquisition. Elles disposent a minima d'une résolution de 25000, car les cartes produites pour le rapportage ont pour échelle de 1:25000.</p> <p>Certaines données descriptives des zones inondables peuvent toutefois présenter une meilleure résolution, inférieure à 25000.</p> <p>La maîtrise d'ouvrage des SIG Directive inondation est confiée aux DREAL Le niveau régional représente le niveau de référence pour les données sur les TRI : cela signifie que les DREAL sont les fournisseurs de référence de ces données. (Ce sont elles qui disposent des données les plus à jour.)</p>