



**PRÉFET
DU CALVADOS**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Direction départementale
des territoires et de la mer**

PLAN DE PREVENTION MULTIRISQUES DE LA BASSE VALLEE DE L'ORNE

**Aléas inondation par débordement de cours d'eau,
submersion marine, érosion**



Note de présentation

**Vu pour être annexé à l'arrêté préfectoral
d'approbation du 10 août 2021**

SOMMAIRE

GLOSSAIRE.....	7
I. PRÉAMBULE.....	10
I.1. Modalités de lecture du document.....	10
I.2. Les fondements de la politique de l'État en matière de risques naturels majeurs.....	11
I.2.1. Définition du risque.....	11
I.2.2. Les textes fondateurs.....	11
I.3. Les plans de prévention des risques naturels (PPRN) prévisibles.....	12
I.3.1. Cadre général.....	12
I.3.2. Le plan de prévention des risques littoraux.....	14
I.3.2.1. De l'origine des actions.....	14
I.3.2.2. Aux cartes des zones situées sous le niveau marin (ZNM).....	14
I.3.2.3. Au plan de prévention des risques littoraux.....	15
I.4. La responsabilité des acteurs en matière de prévention.....	15
I.4.1. La responsabilité de l'État.....	15
I.4.2. La responsabilité des collectivités.....	16
I.4.3. La responsabilité du citoyen.....	17
I.4.4. La nature de la responsabilité.....	17
II. MOTIVATION ET ÉLABORATION DU PPR MULTIRISQUES.....	17
II.1. Le référentiel encadrant l'élaboration du PPR.....	17
II.2. Pourquoi un PPR sur la basse vallée de l'Orne ?.....	18
II.3. Périmètre d'étude du PPR.....	18
II.4. Prescription du PPR.....	21
II.5. Élaboration du PPRN.....	22
II.6. Concertation.....	23
II.6.1. Le cadre réglementaire.....	23
II.6.2. Rôle essentiel de la concertation.....	24
II.6.3. Bilan de la concertation.....	24
II.7. Contenu du PPRN.....	24
II.8. Valeur juridique du PPRN.....	25
II.9. Révision/modification du PPR.....	25
II.9.1. Révision.....	26
II.9.2. Modification d'un PPR.....	26
III. LE CONTEXTE TERRITORIAL.....	27
III.1. La population et l'habitat.....	27
III.2. Les phénomènes naturels et aléas.....	28

III.2.1. Concepts utilisés.....	29
III.2.2. Notion de période de retour.....	29
III.2.3. Notion d'aléa.....	30
III.2.4. Les phénomènes et scénarios de référence.....	30
III.2.5. Les phénomènes historiques.....	30
III.2.5.1. Les phénomènes littoraux.....	31
III.2.5.2. Les inondations de l'Orne et de ses affluents.....	34
III.2.6. La submersion marine.....	36
III.2.6.1. Approche retenue.....	37
III.2.6.2. Caractérisation de la submersion marine.....	38
a. <i>Le niveau marin et les marées</i>	39
b. <i>Les vents</i>	42
a. Les vents régionaux.....	42
b. Vents locaux.....	43
c. Les vents au large.....	44
III.2.6.3. Aléas de submersion marine.....	44
a. <i>Bathymétrie et topographie</i>	44
b. <i>Niveau marin de référence</i>	44
c. <i>Dimension temporelle de l'analyse</i>	45
d. <i>Les apports fluviaux</i>	46
e. <i>Prise en compte des ouvrages de protection et de leur défaillance</i>	47
a. Définition des ouvrages de protection.....	47
b. Méthodologie.....	47
c. Effacement des ouvrages.....	47
d. Prise en compte de la formation de brèches.....	47
e. Défaillance des ouvrages hydrauliques annexes.....	49
III.2.6.4. Bandes de précaution.....	50
III.2.6.5. Zones exposées aux chocs mécaniques.....	56
a. <i>Qualification de l'aléa de submersion marine</i>	57
a. L'aléa pour le scénario de référence.....	57
b. L'aléa pour le scénario à échéance 100 ans.....	60
III.2.7. L'érosion côtière.....	61
III.2.7.1. La migration dunaire.....	62
a. <i>Contexte morphologique</i>	62
b. <i>Caractérisation de l'aléa de migration dunaire</i>	62
III.2.7.2. L'érosion des côtes sableuses.....	62
a. <i>L'érosion moyenne à long terme</i>	63
b. <i>L'érosion ponctuelle</i>	64
c. <i>Le recul total du trait de côte</i>	64
d. <i>L'aléa d'érosion des côtes sableuses</i>	65
III.2.7.3. L'érosion des falaises.....	65
a. <i>Le contexte géologique</i>	66
b. <i>Evolution des falaises et mouvements de terrain</i>	66
a. Recul diffus généralisé.....	67
b. Recul ponctuel.....	67
c. <i>Objectifs de l'analyse</i>	68
d. <i>Méthodologie</i>	68

e. <i>Phénomènes de référence retenus</i>	68
a. <i>Évaluation du taux annuel</i>	69
b. <i>Recul instantané maximal</i>	70
f. <i>L'aléa de recul de falaise</i>	71
III.2.8. Les inondations par l'Orne et ses affluents	71
III.2.8.1. <i>Caractérisation de l'aléa inondation</i>	71
a. <i>Crue de référence</i>	71
b. <i>Prise en compte des ouvrages de protection</i>	72
c. <i>Caractérisation de l'aléa</i>	72
IV. LES ENJEUX	74
IV.1. Définition	74
IV.2. Les enjeux dans le PPRN	74
IV.2.1. <i>Typologie des enjeux</i>	75
IV.2.2. <i>Prise en compte des personnes</i>	76
IV.2.3. <i>Prise en compte des projets</i>	76
IV.2.4. <i>Cartographie des enjeux</i>	77
IV.3. La vulnérabilité	78
IV.3.1. <i>Typologie pour l'analyse de la vulnérabilité</i>	78
IV.3.2. <i>Cartographie de la vulnérabilité</i>	79
V. ÉLABORATION DU ZONAGE RÉGLEMENTAIRE	81
V.1. Principes d'établissement du zonage réglementaire	81
V.2. Adaptation du règlement aux spécificités du territoire	84
V.2.1. <i>Secteur Presqu'île et centre-ville de Caen</i>	84
V.2.2. <i>Quai Charcot – commune de Ouistreham</i>	84
V.3. Adaptation cartographique	85
VI. BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES	86
VII. ANNEXES	88

Figures

Figure 1 : La relation aléa, enjeu et risque.....	11
Figure 2 : Les communes du périmètre du PPR multi-risque de la basse vallée de l'Orne et les approches mises en œuvre.....	19
Figure 3 : Les différents risques affectant les communes concernées par le PPR multirisques.....	21
Figure 4: Synoptique de la procédure d'élaboration des PPRN.....	23
Figure 5 : Populations comparées des communes de la zone d'étude (source <i>INSEE</i>).....	28
Figure 6 : Nombre d'évènements tempétueux répertoriés par décennie pour la zone comprise entre la Dives et le Bessin.....	32
Figure 7 : Carte postale d'époque de Caen lors de la crue de 1926 (d'après [5]).....	35
Figure 8 : Carte postale d'époque et carte des zones inondée à Caen lors de la crue de 1926 (d'après [5]).....	35
Figure 9 : Zones hydrodynamiques (Cartier, 2013).....	39
Figure 10: Carte des niveaux extrêmes de pleine mer en Baie de Seine pour une période de retour de 100 ans (source : SHOM/CETMEF, 2012).....	40
Figure 11 : Niveaux de référence +20 cm d'élévation par section homogène, secteur Dives-Orne (conditions d'Ouest et du N-NE, valeurs supérieures et inférieures, surcote de houle exclue).....	42
Figure 12 : Comparaison de roses de vent sur le territoire de la Basse-Normandie (IFREMER & Météo France 2013).....	43
Figure 13 : Niveau marin pour le scénario de référence (trois cycles de marée).....	46
Figure 14 : Définition des hypothèses de brèches pour les digues.....	48
Figure 15 : Localisation des entrées d'eau pour le scénario de référence.....	50
Figure 16: Localisation des bandes de précaution.....	55
Figure 17 : Définition de l'aléa de submersion marine.....	57
Figure 18: Vue d'ensemble de la carte d'aléa de submersion marine (scénario de référence).....	58
Figure 19: Vue d'ensemble de la carte de l'aléa de submersion pour le scénario à échéance 100 ans.....	61
Figure 20 : Exemple de variation du trait de côte à Hermanville.....	63
Figure 21 : La falaise littorale à Lion-sur-Mer.....	66
Figure 22 : Extrait de la carte géologique de la zone de falaise (source BRGM).....	67
Figure 23 : Position des traits de côte en 2009 (en jaune) et 1972 (en vert) pour la zone de falaise....	70
Figure 24 : Zone exposée à un aléa fort de recul de la falaise littorale.....	71
Figure 25 : Les zones identifiées sur la carte de l'aléa d'inondation du PPRI de la basse vallée de l'Orne approuvé en 2008.....	73
Figure 26 : Projet d'aménagement structurant de Caen Presqu'île intégré à la carte des enjeux (DDTM).....	76
Figure 27 : Extrait de la carte des enjeux de Ouistreham.....	78
Figure 28 : Extrait de la carte des vulnérabilités.....	80

Tableaux

Tableau 1 : Les communes concernées par le PPR multi-risque de la basse vallée de l'Orne.....	18
Tableau 2 : Les communes concernées par le présent PPR multirisques.....	20
Tableau 3 : Évènements tempétueux recensés du début du XIXe au début du XXe siècle.....	32
Tableau 4 : Principales tempêtes répertoriées (1980 – 2017).....	33
Tableau 5 : Plus fortes crues observées sur l'Orne entre 1925 et 2018.....	34
Tableau 6 : Caractéristiques des scénarios de référence.....	37
Tableau 7 : Niveaux de marée astronomique le long des côtes du Calvados.....	40
Tableau 8 : Niveaux marins extrêmes dans la zone étudiée.....	41
Tableau 9 : Niveaux marins du scénario de référence.....	45
Tableau 10 : Niveaux marins du scénario à échéance 100 ans.....	45
Tableau 11 : Débits fluviaux de référence pour tous les scénarios.....	46
Tableau 12 : Hypothèses de modélisation des ouvrages hydrauliques annexes.....	49
Tableau 13 : Largeurs des bandes de précaution pour le scénario de référence (ref +20).....	53
Tableau 14 : Largeurs des bandes de précaution pour le scénario à échéance 100 ans (ref +60).....	53
Tableau 15 : Détermination de la largeur des bandes de chocs mécaniques.....	56
Tableau 16 : Caractéristiques de la bande de chocs mécanique pour le scénario de référence.....	57
Tableau 17 : Érosion moyenne à long terme des côtes basses et meubles.....	63
Tableau 18 : Érosion ponctuelle et érosion moyenne pour l'événement de référence.....	64
Tableau 19 : Recul total du trait de cote à échéance 100 ans.....	65
Tableau 20 : Synthèse des taux annuels moyens de recul de la falaise.....	69
Tableau 21 : Critères de qualification de l'aléa d'inondation utilisés pour le PPRI de la basse vallée de l'Orne.....	72
Tableau 22 : Détail de la typologie de l'occupation du sol pour la cartographie des enjeux.....	75
Tableau 23 : Détail de la typologie des sites vulnérables.....	79
Tableau 24 : Définition du zonage réglementaire en fonction de l'occupation du sol et de l'aléa.....	82
Tableau 25 : Définition du zonage réglementaire dans l'emprise des bandes de précaution et des bandes de chocs mécaniques.....	83
Tableau 26: Définition du zonage réglementaire pour les zones exposées à l'aléa de recul du trait de côte.....	83
Tableau 27 : Définition du zonage réglementaire en fonction de l'occupation du sol et de l'aléa.....	83
Tableau 28: Désignation des zones réglementaires issues du <i>PPR multirisques</i> de la basse vallée de l'Orne.....	84
Tableau 29 : Définition du zonage réglementaire pour le secteur de la Presqu'île et le centre-ville de Caen.....	84
Tableau 30 : Définition du zonage réglementaire pour le secteur en arrière du quai Charcot.....	85

GLOSSAIRE

<i>Aléa</i>	L'aléa traduit la fréquence et l'intensité d'un phénomène naturel en un lieu donné. Il est fréquemment évalué qualitativement par des degrés (faible, moyen, fort, très fort).
<i>Anticyclone</i>	Zone de forte pression atmosphérique.
<i>Bathymétrie</i>	Mesure de la profondeur des mers et des océans et, par extension, de toutes les zones immergées. Ce terme est utilisé pour décrire la morphologie de ces zones.
<i>Champ de houle</i>	Répartition spatiale des houles (directions et intensité) dans une zone géographique donnée.
<i>Champ de vents</i>	Répartition spatiale des vents (directions et intensité) dans une zone géographique donnée.
<i>Choc mécanique</i>	Choc des vagues qui, en front de mer, peut exercer des pressions importantes sur les constructions sans donner lieu à une inondation significative.
<i>Clapot</i>	Agitation de la surface de la mer sous l'action du vent.
<i>Concomitance</i>	Simultanéité de deux phénomènes ou événements.
<i>Dorsale</i>	Zone anticyclonique (de forte pression atmosphérique) allongée, prolongeant un anticyclone.
<i>Enjeu</i>	Ensemble des personnes, des biens, des activités, du patrimoine présent en un lieu donné. Cette notion est utilisée pour l'évaluation du risque.
<i>Géomorphologie</i>	Méthode d'analyse des formes du relief et des données historique visant à délimiter les zones exposées aux inondations et à identifier les principaux domaines fonctionnels du cours d'eau.
<i>Intertidal</i>	Espace côtier compris entre les limites extrêmes atteintes par la marée.
<i>Marée</i>	Variation du niveau de la mer due à l'action gravitationnelle de la Lune et du Soleil, astres dont les mouvements peuvent être calculés avec précision sur des périodes de plusieurs centaines, voire de plusieurs milliers d'années.
<i>Marnage</i>	Différence entre les niveaux d'une marée haute et d'une marée basse successive. Le marnage est une hauteur habituellement exprimée en mètres.
<i>Mitigation</i>	Concept d'adaptation des enjeux situés dans une zone exposée à un phénomène naturel pour limiter leur vulnérabilité et faciliter le retour à la normale en cas de survenance du phénomène.
<i>Pleine mer astronomique</i>	Cote marine de pleine mer (marée haute) liée à l'action de l'attraction de la Lune et du Soleil.
<i>Reprofilage</i>	Modification de la section d'un cours d'eau pour améliorer les conditions d'écoulement et augmenter sa capacité.
<i>Risque</i>	Le risque traduit la conjonction, en un même lieu, d'un aléa et d'un enjeu. Le risque est proportionnel à l'aléa et à l'importance de l'enjeu concerné.
<i>Ruine généralisée</i>	Destruction (ruine) complète d'un ouvrage ou d'un ensemble d'ouvrages de protection.
<i>Set-up de houle</i>	Surélévation du niveau marin induite par la dissipation de l'énergie de la houle déferlant sur le rivage (wawe set-up ou surcote de houle).
<i>Surcote atmosphérique</i>	Élévation du niveau marin liée à une faible pression atmosphérique.
<i>Surverse</i>	Déversement d'eau au-dessus de la berge ou d'un ouvrage.
<i>Système de protection</i>	Éléments naturels ou anthropiques qui protègent de la mer une zone située sous le niveau marin.

Vulnérabilité

Dans le contexte des *PPRN*, la vulnérabilité correspond à la sensibilité d'un enjeu (construction, activité, etc.) à un phénomène donné.

Liste des sigles et abréviations

BCM	Bande de chocs mécaniques
BDP	Bande de précaution
CATNAT	Catastrophe naturelle – se rapporte aux arrêtés de reconnaissance par l'État
CETMEF	Centre d'Etudes Technique maritimes et fluviales
CGCT	Code général des collectivités territoriales
CREC	Centre de recherches en environnement côtier
DDRM	Dossier départemental des risques majeurs
DICRIM	Dossier d'information communal sur les risques majeurs
EPCI	Établissement public de coopération intercommunale
ERP	Établissement recevant du public
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
IAL	Information des acquéreurs et locataires
IGN	Se rapporte à l'institut national de l'information géographique et forestière française (anciennement « institut géographique nationale »)
INSEE	Institut national de la statistique économique
NGF	Nivellement général de la France
ORSEC	Organisation de la réponse de la Sécurité Civile
PAC	Porter à connaissance
PCS	Plan communal de sauvegarde
PLU	Plan local d'urbanisme
POS	Plan d'occupation des sols
PPRI	Plan de prévention des risques naturels prévisibles d'inondation
PPRL	Plan de prévention des risques naturels prévisibles littoraux
PPRN	Plan de prévention des risques naturels prévisibles
PPR Multirisques	Plan de prévention des risques naturels multirisques
REX	Retour d'expérience
SHOM	Service Hydrographique et océanographique de la Marine
SUP	servitude d'utilité publique
TRI	Territoires à risque important d'inondation
ZNM	zones situées sous le niveau marin

Plan de prévention multirisque de la basse vallée de l'Orne

Submersion marine, érosion et inondation par débordement des cours d'eau

Note de présentation

I. Préambule

I.1. Modalités de lecture du document

Les termes figurant en *italique* sont définis dans un glossaire, les sigles et abréviations utilisés explicités dans une liste des sigles. Ceux-ci sont disponibles en début du présent document.

Les études techniques réalisées dans le cadre de l'élaboration du Plan de prévention des risques naturels multirisques (PPR multirisques) ne sont pas citées ici dans leur intégralité. Seules les informations essentielles ont été reprises et, si nécessaires, retranscrites sous une forme non technique. Ces études sont disponibles dans leur intégralité auprès de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM) du Calvados et sur le portail internet des services de l'État dans le Calvados (www.calvados.gouv.fr).

Lorsque d'autres études ou documents techniques ont été exploités et cités, des numéros entre crochets [x] renvoient aux références bibliographiques récapitulées en page 86. La partie relative à l'inondation par l'Orne reprend les éléments du dossier du *PPRI* (Plan de Prévention des Risques Inondation) de la basse vallée de l'Orne.

1.2. Les fondements de la politique de l'État en matière de risques naturels majeurs

1.2.1. Définition du risque

Le *risque* est la rencontre d'un phénomène aléatoire (ou plus précisément d'un *aléa*), en l'occurrence la submersion marine, l'inondation par débordement de cours d'eau ou l'érosion côtière et d'un *enjeu* (vies humaines, biens matériels, activités, patrimoines) exposé à ce phénomène naturel aléatoire.

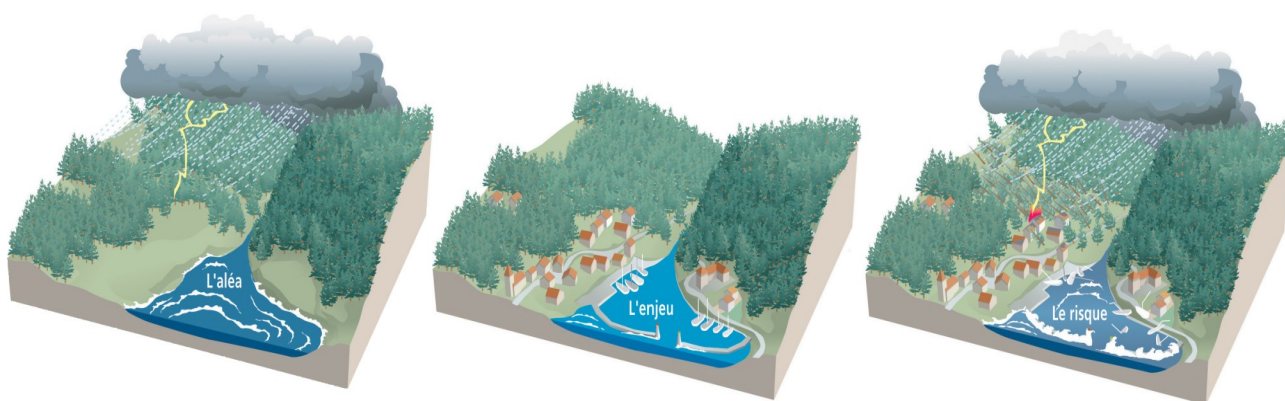


Figure 1 : La relation aléa, enjeu et risque.

Un risque est considéré comme « majeur » lorsque sa fréquence est faible et que ses conséquences sont extrêmement graves, avec de nombreuses victimes et des dommages importants aux biens et à l'environnement.

1.2.2. Les textes fondateurs

Cinq lois ont organisé la sécurité civile et la prévention des risques majeurs :

- la loi du 13 juillet 1982 modifiée, relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles ;
- la loi du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs ;
- la loi du 2 février 1995 dite « loi Barnier » relative au renforcement de la protection de l'environnement ;
- la loi du 30 juillet 2003, relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages.
- La loi du 13 août 2004, relative à la modernisation de la sécurité civile.

La politique de l'État en matière de gestion des risques naturels majeurs a pour objectif d'assurer la sécurité des personnes et des biens dans les territoires exposés à ces risques. Elle repose sur quatre principes : la protection, la prévention, la gestion de crise et l'information préventive.

- La *protection* vise à limiter les conséquences du phénomène naturel sur les personnes et les

biens. Il s'agit alors de travaux de réduction de la vulnérabilité. Cet aspect est limité par son coût et par l'étendue du territoire à traiter, et ne sera donc mis en place que pour des enjeux déjà exposés et réellement importants. Ces travaux n'annulent cependant pas le risque et ils ne doivent pas avoir pour conséquence d'inciter à urbaniser davantage les espaces ainsi protégés.

- La *prévention* vise à limiter les enjeux dans les zones soumises au phénomène naturel et à ne pas aggraver l'aléa. Elle repose sur la connaissance des phénomènes physiques et sur la prise en compte du risque dans l'aménagement du territoire, à travers l'élaboration de plans de prévention et la réalisation de travaux spécifiques. Il s'agit de prendre en compte le risque pour ne pas exposer de nouveaux biens et de ne pas aggraver les risques.
- La *gestion de crise* a pour objectif de rendre les secours, l'évacuation et la gestion des phénomènes aussi efficaces que possible dès lors que le phénomène se déclenche. Cela passe par la mise en place de procédures d'alerte pour réduire les conséquences de la catastrophe par des mesures temporaires (évacuation, mise en sécurité des biens, etc.), ainsi que par la préparation de la gestion de la catastrophe et l'organisation prévisionnelle des secours (plan *ORSEC* - Organisation de la réponse de la sécurité civile par exemple). Le retour d'expérience (*REX*) permet de tirer les enseignements des catastrophes et d'améliorer les procédures de gestion de crise.
- L'*information préventive* a pour objectif d'informer et de responsabiliser le citoyen. Chaque citoyen a droit à une information sur les risques auxquels il est exposé et sur les mesures de sauvegarde mises en œuvre ou susceptibles de l'être, par les différents acteurs, dont lui-même (articles L.125-2, L.125-5, L.563-3 et R.129-9 à R.126-27 du Code de l'Environnement). Cette information est donnée notamment au travers du dossier départemental des risques majeurs (*DDRM*) et du dossier d'information communal sur les risques majeurs (*DICRIM*).

En outre, l'article L.125-5 du code de l'environnement impose l'information de l'acheteur ou du locataire de tout bien immobilier (bâti et non bâti) situé dans un plan de prévention des risques prescrit ou approuvé. Cette information, dite information des acquéreurs et locataires (*IAL*), est faite par un état des risques naturels et technologiques, établi directement par le vendeur ou le bailleur à partir des informations mises à disposition par le Préfet du département.

1.3. Les plans de prévention des risques naturels (PPRN) prévisibles

1.3.1. Cadre général

Le plan de prévention des risques naturels (*PPRN*) est un document qui régit l'aménagement du territoire et les activités dans des espaces soumis à un risque naturel.

Art. L 562-1 du code de l'environnement

« I. L'État élabore et met en application des plans de prévention des risques naturels prévisibles tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les cyclones :

II. Ces plans ont pour objet, en tant que de besoin :

1. De délimiter les zones exposées aux risques, en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle, notamment afin de ne pas aggraver le risque pour les vies humaines ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles, pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités.

2. De délimiter les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1°.

3. De définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers.

4. De définir, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

III.-La réalisation des mesures prévues aux 3° et 4° du II peut être rendue obligatoire en fonction de la nature et de l'intensité du risque dans un délai de cinq ans, pouvant être réduit en cas d'urgence. À défaut de mise en conformité dans le délai prescrit, le préfet peut, après mise en demeure non suivie d'effet, ordonner la réalisation de ces mesures aux frais du propriétaire, de l'exploitant ou de l'utilisateur.

IV.-Les mesures de prévention prévues aux 3° et 4° du II, concernant les terrains boisés, lorsqu'elles imposent des règles de gestion et d'exploitation forestière ou la réalisation de travaux de prévention concernant les espaces boisés mis à la charge des propriétaires et exploitants forestiers, publics ou privés, sont prises conformément aux dispositions du titre II du livre III et du livre IV du code forestier.

V.-Les travaux de prévention imposés en application du 4° du II à des biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme avant l'approbation du plan et mis à la charge des propriétaires, exploitants ou utilisateurs ne peuvent porter que sur des aménagements limités.

VI. — Les plans de prévention des risques d'inondation sont compatibles ou rendus compatibles avec les dispositions du plan de gestion des risques d'inondation défini à l'article L. 566-7.

VII. — Des décrets en Conseil d'État définissent en tant que de besoin les modalités de qualification des aléas et des risques, les règles générales d'interdiction, de limitation et d'encadrement des constructions, de prescription de travaux de réduction de la vulnérabilité, ainsi que d'information des populations, dans les zones exposées aux risques définies par les plans de prévention des risques naturels prévisibles.

Les projets de décret sont soumis pour avis au conseil d'orientation pour la prévention

des risques naturels majeurs.

Le *PPRN* est donc l'un des outils de la gestion des risques, qui vise à la fois l'information et la prévention. Ses objectifs peuvent être résumés en quatre points principaux :

- identifier les zones de risque et le niveau de danger ;
- ne pas aggraver le phénomène ;
- ne plus y exposer de nouveaux enjeux (personnes et biens) ;
- rendre moins vulnérables les personnes et biens qui y sont déjà exposés.

D'un point de vue juridique, le *PPRN* est une servitude d'utilité publique (*SUP*) annexée au plan local d'urbanisme (*PLU*). Il s'ajoute aux réglementations existantes et s'impose au règlement du *PLU*. Il ne peut pas constituer une justification à une non-application d'une autre réglementation.

1.3.2. Le plan de prévention des risques littoraux

1.3.2.1. De l'origine des actions

Pour répondre à l'urgence d'augmenter la sécurité des populations dans les zones inondables, l'État a adopté suite à la tempête Xynthia, pour 6 ans, le Plan national Submersions Rapides (PSR), composé d'un ensemble d'actions opérationnelles pour la maîtrise de l'urbanisation et l'adaptation du bâti existant, l'amélioration de la connaissance des aléas et des systèmes de surveillance ou de prévision, de vigilance et d'alerte, la fiabilité des ouvrages et des systèmes de protection et l'amélioration de la résilience des populations.

Son objectif était d'inciter les territoires à élaborer et appliquer des projets de prévention pour garantir en priorité la sécurité des personnes vis-à-vis de ces aléas, par une démarche pragmatique, intégrant aussi des projets ponctuels mais sur des zones cohérentes à l'échelle des bassins de risque.

La circulaire interministérielle du 7 avril 2010, relative aux mesures à prendre suite à la tempête Xynthia du 28 février 2010, a prescrit dans son paragraphe 6.3 : « *de couvrir par un PPRN approuvé l'ensemble des zones basses exposées à un risque fort de submersion marine sous 3 ans* ». En s'appuyant sur une hiérarchisation du niveau de risque sur l'ensemble des zones exposées, « *les préfets de département, avec l'appui des préfets de région établiront un zonage des communes littorales sur lesquelles un PPR Littoral est à établir en priorité* ».

1.3.2.2. Aux cartes des zones situées sous le niveau marin (ZNM)

Dans ce contexte, ont été élaborées les premières cartes de ZNM, actualisées depuis. L'atlas des ZNM de Basse-Normandie cartographie l'ensemble des territoires topographiquement situés sous un niveau marin de référence (décrit sur la notice qui accompagne ces cartes). Cette cartographie met également en avant l'ensemble des territoires situés derrière les éléments jouant un rôle de protection contre les submersions marines ou l'érosion marine. Cet atlas constitue la première étape dans la connaissance de l'aléa de submersion marine puisqu'il permet une description statique du risque de submersion (et non une description dynamique de ce risque).

Ainsi, dans les secteurs qui bénéficient d'un plan de prévention des risques littoraux les aléas

modélisés se substituent à l'atlas des ZNM.

1.3.2.3. Au plan de prévention des risques littoraux

La circulaire du 27 juillet 2011 est venue préciser les modalités de la prise en compte de la submersion marine dans les plans de prévention des risques littoraux à élaborer ; et celle du 2 août 2011, relative à la mise en œuvre des plans de prévention des risques littoraux, impose que ces plans couvrent des bassins de risques cohérents, traitant de tous les types d'aléas littoraux (« submersion marine », mais aussi « érosion »).

Au terme du travail de hiérarchisation du niveau du risque sur l'ensemble des secteurs exposés sur le territoire national, la circulaire précitée du 2 août 2011 a fixé, dans son annexe 1, la liste des 303 communes françaises identifiées comme prioritaires et pour lesquelles un plan de prévention des risques littoraux devait être prescrit. 15 communes du Calvados ont été identifiées dans ce cadre et parmi elles : Colleville-Montgoméry, Ouistreham, Sallenelles, Merville-Franceville Plage.

Les évènements survenus en 2010, outre l'engagement de ces démarches d'élaboration des plans de prévention des risques littoraux prioritaires, ont plus largement participé à orienter les évolutions de la gestion de la prévention des inondations à l'échelle nationale, tel que précisé en annexe 1.

1.4. La responsabilité des acteurs en matière de prévention

Dans l'application de la politique de gestion des risques naturels majeurs, dont les grands principes ont été précédemment rappelés, il convient de distinguer trois niveaux de responsabilité des principaux acteurs concernés, sachant que certaines de ces responsabilités peuvent être partagées.

1.4.1. La responsabilité de l'État

La loi du 30 juillet 2003 dans son article codifié à l'article L.564-1 du Code de l'Environnement stipule que « l'organisation de la surveillance de la prévision et de la transmission de l'information sur les crues est assurée par l'État ».

Un des premiers rôles de l'État (Préfet) est donc celui de l'information des élus et des citoyens, notamment via le *DDRM*, la liste des arrêtés portant constatation de l'état de catastrophe naturelle, etc., mais également dans le cadre du Porter à Connaissance (*PAC*) des documents d'urbanisme.

Cette information nécessite néanmoins une connaissance préalable du risque au travers d'analyses des phénomènes, des qualifications d'aléas (atlas des zones inondables, etc.). Ces données sont traduites dans un document réglementaire ayant valeur de servitude d'utilité publique : c'est le *PPRN* qui relève de la compétence de l'État et qui constitue la cheville ouvrière du dispositif de prévention.

L'État, en liaison avec les autres acteurs, assure par ailleurs la surveillance des phénomènes, l'alerte et l'organisation des plans de secours, lorsque le problème concerne plusieurs communes ou que l'événement entraîne le déclenchement d'un plan départemental de secours ou le plan *ORSEC* départemental.

Exceptionnellement, le recours aux procédures d'expropriation peut être nécessaire si le

déplacement des populations dont la vie serait menacée par un péril imminent d'une particulière gravité se révèle être la seule solution à un coût acceptable.

1.4.2. La responsabilité des collectivités

Comme l'État, les maires ou responsables de structures intercommunales ont un devoir d'information de leurs administrés à qui ils doivent faire connaître les risques, notamment grâce au *DICRIM*.

La loi du 30 juillet 2003 a renforcé le dispositif antérieur en précisant que « dans les communes sur le territoire desquelles a été prescrit ou approuvé un plan de prévention des risques naturels prévisibles, le maire informe la population au moins une fois tous les 2 ans, par des réunions publiques communales ou tout autre moyen approprié, sur les caractéristiques du ou des risques naturels connus dans la commune, les mesures de prévention et de sauvegarde possibles, les dispositions du plan, les modalités d'alerte, l'organisation des secours, les mesures prises par la commune pour gérer le risque ainsi que sur les garanties prévues de l'article L.125.1 du code des assurances ».

De plus, la loi relative à la modernisation de la sécurité civile du 13 août 2004 rend obligatoire l'élaboration d'un plan communal de sauvegarde (*PCS*) dans les communes dotées d'un *PPRN* approuvé. Ce *PCS* regroupe l'ensemble des documents de compétence communale contribuant à la gestion de la crise et à la protection des populations.

La maîtrise de l'occupation du sol et sa mise en cohérence avec les risques identifiés, à travers l'élaboration des *PLU*, font également partie de ce rôle de prévention. En outre, dans l'exercice de ses compétences en matière d'urbanisme, si celles-ci lui ont été transférées (Plan d'Occupation des Sols *POS* et *PLU* approuvés), le Maire conserve la possibilité de recourir à l'article R.111-2 du code de l'urbanisme relatif à la sécurité publique. Cet article dispose que « *le projet peut être refusé ou n'être accepté que sous réserve de l'observation de prescriptions spéciales s'il est de nature à porter atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique du fait de sa situation, de ses caractéristiques, de son importance, ou de son implantation à proximité d'autres installations* ».

Les collectivités locales et territoriales peuvent aussi réaliser des travaux de protection des lieux habités et réduire ainsi la vulnérabilité, s'ils présentent un caractère d'intérêt général.

C'est le maire qui en premier lieu est le responsable de la gestion de crise (organisation et direction des secours) sur sa commune. Il tient le Préfet informé de son action. Si le phénomène dépasse le cadre communal, ou si les moyens de la commune ne suffisent pas, le Préfet prend la main. Il peut se substituer en cas de carence du maire.

Il est opportun de rappeler qu'en vertu du Code général des collectivités territoriales (*CGCT*), le maire peut avoir l'obligation de prendre les mesures nécessaires afin de prévenir les atteintes à la sécurité publique résultant de risques naturels, dans l'exercice de ses pouvoirs ordinaires de police. L'État peut se substituer à lui en cas de carence.

1.4.3. La responsabilité du citoyen

Le citoyen qui a connaissance d'un risque a le devoir d'en informer le maire. Il a aussi le devoir de ne pas s'exposer sciemment à des risques naturels, en vérifiant notamment que les conditions de sécurité au regard de ces risques sont bien remplies, comme l'y incite le Code civil.

C'est au propriétaire d'un terrain concerné par un risque que peut revenir la responsabilité des travaux de protection contre les risques des lieux habités.

Le citoyen propriétaire ou bailleur de biens immobiliers situés dans un *PPRN* a le devoir d'informer l'acheteur ou le locataire de l'existence des risques naturels et/ou technologiques auxquels ses biens sont exposés (*IAL*).

1.4.4. La nature de la responsabilité

Il convient de rappeler que la responsabilité des acteurs s'exerce dans les trois grands domaines du droit que sont :

- la responsabilité administrative ;
- la responsabilité civile ;
- la responsabilité pénale.

II. Motivation et élaboration du PPR Multirisques

II.1. Le référentiel encadrant l'élaboration du PPR

L'élaboration du plan de prévention des risques a été menée selon la méthodologie nationale du ministère issue de la circulaire du 27 juillet 2011 relative à la prise en compte du risque de submersion marine dans les plans de prévention des risques naturels littoraux (PPRL) et le guide méthodologique relatif aux PPRL qui vient compléter et préciser le cadre méthodologique mis à jour par la circulaire précitée.

Les principes de cette circulaire et de ce guide sont, pour les PPR prescrits après le 5 juillet 2019, désormais réglementés et confortés par le décret n°2019-715 du 5 juillet 2019 relatif aux plans de prévention des risques concernant les « aléas débordement de cours d'eau et submersion marine ».

Ce décret vient compléter le cadre juridique existant. Il concerne uniquement l'élaboration des PPRN portant sur les aléas débordement de cours d'eau (à l'exclusion des débordements de cours d'eau torrentiel) et submersion marine, qui sont les PPR les plus répandus en France.

En s'appuyant à la fois sur des données historiques, issues d'études adaptées aux spécificités des territoires et sur des modélisations dont les hypothèses sont encadrées par les textes susmentionnés, le référentiel réglementaire permet un traitement cohérent sur l'ensemble du territoire

national.

II.2. Pourquoi un PPR sur la basse vallée de l'Orne ?

Comme précisé précédemment, après la tempête Xynthia, les procédures d'élaboration des PPRL dans les communes les plus exposées à la submersion marine en raison de leur altitude basse et dans lesquelles des enjeux humains sont protégés par des digues, ont été relancées. Figurent ainsi parmi les communes identifiées Colleville-Montgomery, Ouistreham, Sallenelles, Merville-Franceville Plage.

Des études de modélisations permettant de considérer les phénomènes de submersion marine et de recul du trait de côte sur les communes du littoral ont été menées. Il en est ressorti que les communes de l'estuaire de l'Orne sont exposées à des phénomènes de submersion marine ou de recul du trait de cote. Les effets de la submersion marine peuvent également influencer sur les conditions d'écoulement de l'Orne et se faire sentir jusqu'à l'agglomération caennaise.

Indépendamment de la submersion marine, les crues de l'Orne peuvent provoquer des inondations concernant des zones à enjeux. Ce risque est traité par le *PPRI* de la basse vallée de l'Orne, approuvé le 10 juillet 2008.

Dans ce contexte, un PPR unique, intégrant les aléas littoraux et les aléas d'inondation a été prescrit, s'étendant aux communes concernées par les phénomènes littoraux en plus des communes du PPR Inondation de 2008.

Il permet une prise en compte de ces aléas au travers d'un document unique assurant une cohérence cartographique et réglementaire pour la zone concernée, et d'harmoniser les dispositions des secteurs identifiés comme protégés par des ouvrages dans le PPR Inondation de 2008 avec celles prises pour les secteurs concernés par un aléa submersion marine.

II.3. Périmètre d'étude du PPR

Le PPR multirisques de la basse vallée de l'Orne est établi sur l'ensemble du territoire des vingt-trois communes énumérées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Les communes concernées par le PPR multi-risque de la basse vallée de l'Orne.

Code INSEE	Nom	Code INSEE	Nom
14009	Amfreville	14365	Lion-sur-Mer
14060	Bénouville	14409	Merville-Franceville-Plage
14076	Blainville-sur-Orne	14488	Ouistreham
14118	Caen	14665	Sallenelles
14167	Colombelles	14101	Bretteville-sur-Odon
14271	Fleury-sur-Orne	14254	Éterville
14327	Hérouville-Saint-Clair	14266	Feugerolles-Bully
14383	Louvigny	14274	Fontaine-Étoupefour
14437	Mondeville	14408	May-sur-Orne

Code INSEE	Nom	Code INSEE	Nom
14530	Ranville	14556	Saint-André-sur-Orne
14166	Colleville-Montgomery	14738	Verson
14325	Hermanville-sur-Mer	-	-

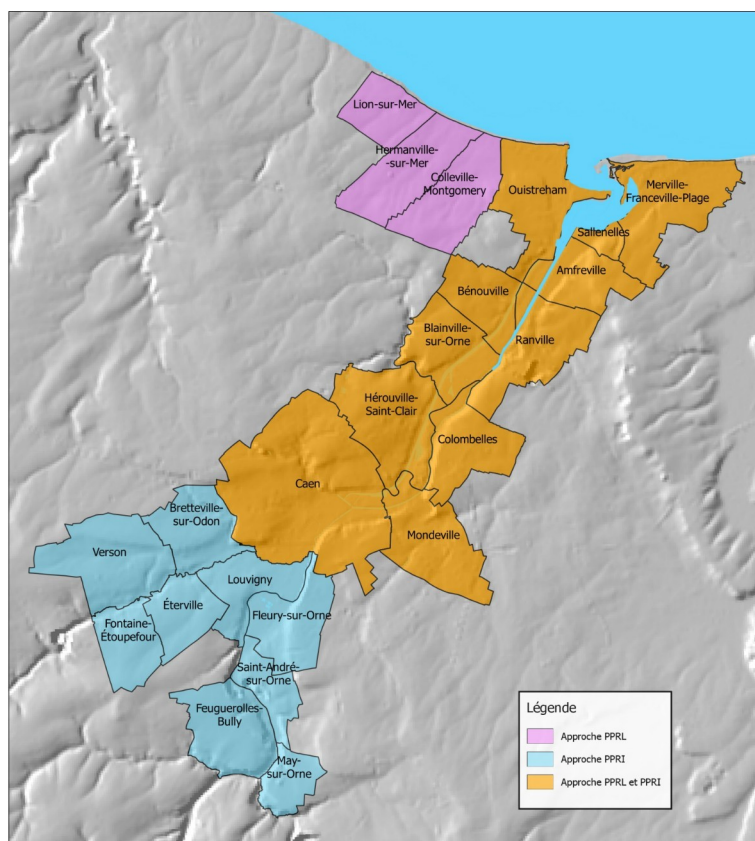


Figure 2 : Les communes du périmètre du PPR multi-risque de la basse vallée de l'Orne et les approches mises en œuvre.

Lors des phases techniques d'élaboration du PPRM, deux approches complémentaires ont été mises en œuvre.

Les communes concernées directement ou indirectement par les risques littoraux ont fait l'objet d'une étude spécifique selon la méthodologie d'élaboration des *PPRL*, pour la partie de leur territoire potentiellement concernée par les risques littoraux. Six communes sont directement exposées aux risques littoraux (évolution du trait de côte, submersion, chocs mécaniques) et huit par la propagation des phénomènes de submersion dans l'Orne et le canal de Caen à la mer. La méthodologie *PPRL* a donc été appliquée au total sur quatorze communes.

Le *PPRI* relatif aux inondations de l'Orne concerne vingt communes et, parmi celles-ci, neuf ne sont concernées que par ce phénomène.

Le tableau 2 récapitule, commune par commune, les approches mises en œuvre et les risques traités

(fig. 3).

Tableau 2 : Les communes concernées par le présent PPR multirisques.

Code INSEE	Nom	Approche PPRL	Approche PPRI	Tous risques littoraux	Submersion	Inondation seule
14009	Amfreville	Oui	Oui	Non	Oui	Non
14060	Bénouville	Oui	Oui	Non	Oui	Non
14076	Blainville-sur-Orne	Oui	Oui	Non	Oui	Non
14101	Bretteville-sur-Odon	Non	Oui	Non	Non	Oui
14118	Caen	Oui	Oui	Non	Oui	Non
14166	Colleville-Montgomery	Oui	Non	Oui	Oui	Non
14167	Colombelles	Oui	Oui	Non	Oui	Non
14254	Éterville	Non	Oui	Non	Non	Oui
14266	Feuguerolles-Bully	Non	Oui	Non	Non	Oui
14271	Fleury-sur-Orne	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
14274	Fontaine-Étoupefour	Non	Oui	Non	Non	Oui
14325	Hermanville-sur-Mer	Oui	Non	Oui	Oui	Non
14327	Hérouville-Saint-Clair	Oui	Oui	Non	Oui	Non
14365	Lion-sur-Mer	Oui	Non	Oui	Oui	Non
14383	Louvigny	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
14408	May-sur-Orne	Non	Oui	Non	Non	Oui
14409	Merville-Franceville-Plage	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
14437	Mondeville	Oui	Oui	Non	Oui	Non
14488	Ouistreham	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
14530	Ranville	Oui	Oui	Non	Oui	Non
14556	Saint-André-sur-Orne	Non	Oui	Non	Non	Oui
14665	Sallenelles	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
14738	Verson	Non	Oui	Non	Non	Oui
Synthèse		16	20	6	16	9

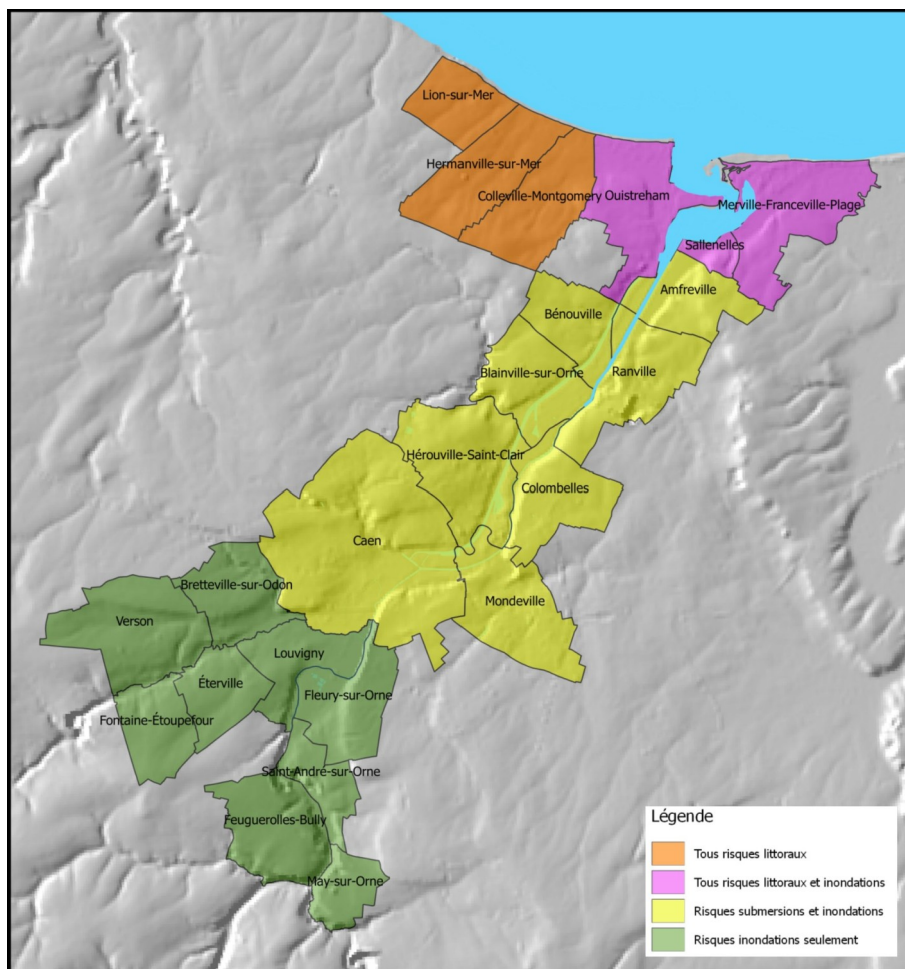


Figure 3 : Les différents risques affectant les communes concernées par le PPR multirisques.

II.4. Prescription du PPR

Les articles R.562-1 et R.562-2 du code de l'environnement définissent les modalités de prescription des PPR.

Le PPR multirisques de la basse vallée de l'Orne a été prescrit par arrêté préfectoral du 20 mai 2016.

L'article 3 de cet arrêté précise que le PPR multirisques portera sur les risques naturels :

- d'inondation par débordement de cours d'eau tels qu'identifiés dans le *PPRI* Basse Vallée de l'Orne approuvé le 10 juillet 2008 ;
- d'inondation par submersion marine ;
- de mouvements de terrain liés aux phénomènes littoraux (érosion et migration dunaire).

L'arrêté préfectoral du 1 avril 2019 a prorogé de 18 mois la période d'élaboration du PPR.

Le décret n°2012-616 du 2 mai 2012 relatif à l'évaluation de certains plans et programmes ayant une incidence sur l'environnement soumet à la procédure d'examen au cas par cas la nécessité de réaliser une évaluation environnementale des PPR naturels.

Par décision du 21 janvier 2015 puis du 24 juillet 2019, l'autorité environnementale a décidé de ne pas soumettre l'élaboration du PPR de la basse vallée de l'Orne à la réalisation d'une évaluation environnementale pour le motif que le PPRN n'est pas susceptible d'avoir des incidences négatives notables sur l'environnement et sur la santé humaine au sens de l'annexe II de la directive 2001/42/CE du 27 juin 2001, et qu'il permettra une protection accrue des zones d'expansion des crues ainsi que des populations.

II.5. Élaboration du PPRN

L'article R562-1 à 12 du Code de l'environnement a défini la procédure d'élaboration des *PPRN*, synthétisé en figure 4 :

- prescription de l'établissement d'un *PPRN* ou de sa révision par un arrêté préfectoral qui détermine le périmètre mis à l'étude et désigne le service déconcentré de l'État chargé d'élaborer le projet ;
- établissement du projet par les services de l'État ;
- consultation de la chambre d'agriculture et du centre régional de la propriété forestière ;
- consultation des conseils municipaux ;
- enquête publique ;
- approbation par arrêté préfectoral qui érige le *PPRN* en servitude d'utilité publique ;
- annexion du *PPRN* au *POS*, au *PLU* ou à tout autre document d'urbanisme.

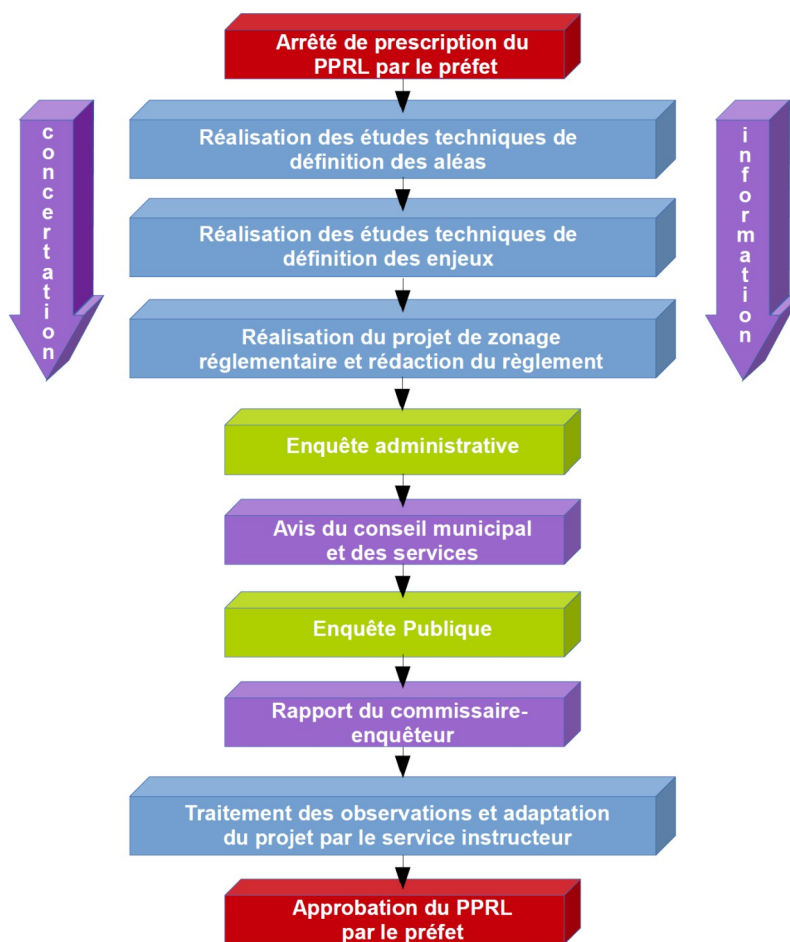


Figure 4: Synoptique de la procédure d'élaboration des PPRN.

II.6. Concertation

II.6.1. Le cadre réglementaire

La concertation dans l'élaboration des PPRN prévisibles est une obligation réglementaire instituée par le décret n° 2005-3 du 4 janvier 2005 qui a modifié le décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995 relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles.

Son article 2 prévoit que l'arrêté prescrivant l'établissement d'un PPRN prévisibles définisse les modalités de la concertation relative à l'élaboration du projet.

La circulaire du 3 juillet 2007 relative à la consultation des acteurs, la concertation avec la population et l'association des collectivités territoriales dans les PPRN prévisibles prévoit l'élaboration d'un bilan de la concertation.

Enfin, l'article R123-8-5 du Code de l'environnement précise que le dossier soumis à l'enquête

publique comprend notamment le bilan de la concertation.

II.6.2. Rôle essentiel de la concertation

Au-delà des aspects réglementaires, la concertation est un élément essentiel de l'élaboration des *PPRN*.

Durant l'élaboration du *PPRN Multirisques* de la basse vallée de l'Orne, la concertation a été organisée autour de nombreuses réunions de travail entre le service instructeur et les représentants des collectivités territoriales concernées (communes et *EPCI*). Ces réunions se sont échelonnées tout au long des phases techniques, de l'analyse des phénomènes à l'élaboration du zonage réglementaire et du règlement. Des échanges nombreux ont notamment été nécessaires pour établir la cartographie des enjeux.

Des réunions du comité de pilotage ont permis de valider l'ensemble des cartographies des aléas et des enjeux ainsi que le règlement.

Des réunions publiques de concertation ont été organisées afin de présenter le projet de PPR aux habitants des communes concernées.

II.6.3. Bilan de la concertation

Conformément à la réglementation en vigueur, le bilan de la concertation est intégré au dossier du *PPR Multirisques* de la basse vallée de l'Orne.

II.7. Contenu du PPRN

Le contenu du *PPRN* est précisé à l'article R562-3 du code de l'environnement. Le dossier du *PPRN* doit comprendre :

- une note de présentation qui motive l'élaboration du PPR ;
- un document graphique (le plan de zonage réglementaire) délimitant les zones exposées aux risques en distinguant plusieurs niveaux d'aléa et identifiant les zones déjà urbanisées faisant l'objet de dispositions particulières ;
- un règlement qui définit :
 - les conditions dans lesquelles des aménagements ou des constructions peuvent être réalisés dans la zone exposée ;
 - les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde à prendre par les collectivités et les particuliers ainsi que les mesures relatives à l'aménagement, à l'utilisation ou à l'exploitation des constructions, des ouvrages et des espaces mis en culture ou plantés.

Le règlement peut enfin comprendre en annexe des textes de loi, décrets, circulaires, cartes explicatives, bibliographie, etc.

Le *PPRN* comprend d'autres documents, qui ont pour vocation d'informer et de sensibiliser les acteurs locaux et la population. Ils ne sont pas directement opposables pour la gestion des actes

d'urbanisme.

Il s'agit notamment :

- de la cartographie de l'aléa de submersion marine ;
- de la cartographie de l'aléa de recul du trait de côte ;
- de la cartographie de l'aléa d'inondation par débordement de cours d'eau ;
- de la cartographie des enjeux au 1/5 000 ;
- de la carte de vulnérabilité ;
- du bilan de la concertation.

II.8. Valeur juridique du PPRN

Le *PPRN* approuvé vaut servitude d'utilité publique et est annexé au *PLU* en application des articles L.126-1 et R.123-24-4 du Code de l'Urbanisme et conformément à l'article L.562-4 du Code de l'Environnement, par l'autorité responsable de la réalisation du *PLU* (maire ou président de l'*EPCI* compétent). A défaut, l'article L.126-1 du code de l'urbanisme, tel qu'il a été modifié par l'article 88 de la loi du 2 février 1995, fait obligation au préfet de mettre en demeure cette autorité d'annexer le *PPRN* au *PLU* et, si cette injonction n'est pas suivie d'effet, de procéder d'office à l'annexion.

Il est souhaitable que les dispositions du *PLU* soient mises en conformité avec le *PPRN* lorsque ces documents divergent pour rendre cohérentes les règles d'occupation du sol.

Le *PPRN* est opposable à tout mode d'occupation ou d'utilisation du sol. Les constructions, installation, travaux ou activités non soumis à un régime de déclaration ou d'autorisation préalable sont édifiés ou entrepris sous la seule responsabilité de leurs auteurs dans le respect des dispositions du présent PPR. En cas de non-respect des prescriptions définies par le *PPRN*, les modalités d'assurance des biens et personnes sont susceptibles d'être modifiées.

Le *PPRN* traduit, pour les communes, leur exposition aux risques tels qu'ils sont actuellement connus. Il peut faire l'objet d'une révision ou d'une modification si cette exposition ou cette connaissance évolue conformément aux articles L562-4-1 et R562-10 du code de l'environnement.

À noter que depuis le 1^{er} janvier 2020, la SUP est mise en ligne sur le Géoportail de l'Urbanisme par les services de l'État et vaut annexion au document d'urbanisme.

II.9. Révision/modification du PPR

Les articles L.562-4 et R.562-10 1 et 2 du Code de l'environnement traitent de la procédure d'élaboration, de révision et de modification des plans de prévention des risques naturels prévisibles.

II.9.1. Révision

La révision d'un PPR peut être motivée par divers facteurs :

- La prise en compte de nouvelles informations et de nouvelles études d'aléas (données de caractérisation des aléas, évolution de la vulnérabilité sur le périmètre, étude de danger ...)
- L'intégration des enseignements de l'application du PPR ;
- Les nouveaux enjeux du territoire ;
- La réalisation de travaux de réduction de la vulnérabilité des biens et des personnes ;
- La réalisation de travaux de réduction du risque identifiés dans le PPR...

Son opportunité sera appréciée par le Préfet du Calvados au regard des éléments et des données disponibles motivant la révision.

La révision peut être globale ou partielle :

Révision d'ensemble d'un P.P.R.

Selon l'article R.562-10 du Code de l'Environnement, la révision d'un P.P.R. s'effectue, selon le principe du parallélisme des formes et des procédures, dans les mêmes conditions que celles de son élaboration.

Révision partielle du P.P.R.

La révision partielle d'un P.P.R. fait l'objet d'une procédure simplifiée (Code de l'Environnement, art R.562-10) :

- la concertation, les consultations et l'enquête publique ne sont effectuées que dans les communes sur le territoire desquelles la révision est prescrite ;
- le projet de révision, soumis à consultation et à enquête publique, comprend uniquement les deux pièces suivantes :
 - une note synthétique présentant l'objet des modifications envisagées ;
 - un exemplaire du P.P.R. tel qu'il serait après révision avec l'indication, dans le document graphique et le règlement, des dispositions faisant l'objet d'une modification ainsi que le rappel, le cas échéant, de la disposition précédemment en vigueur.

II.9.2. Modification d'un PPR

Conformément à l'article L.562-4-1 et aux articles R.562-10-1 et 2 du Code de l'Environnement, le P.P.R. peut être modifié à condition que la modification envisagée ne porte pas atteinte à l'économie générale du plan.

Dans cette hypothèse, la modification ne fait pas l'objet d'une enquête publique.

Le projet de modification et l'exposé de ses motifs sont néanmoins portés à la connaissance du public en vue de permettre à ce dernier de formuler des observations pendant le délai d'un mois précédant l'approbation par le préfet de la modification.

La procédure de modification peut notamment être utilisée pour :

- Rectifier une erreur matérielle ;
- Modifier un élément mineur du règlement ou de la note de présentation ;
- Modifier les documents graphiques délimitant les zones pour prendre en compte un changement dans les circonstances de fait.

III. Le contexte territorial

Les communes concernées par le *PPR Multirisques* de la basse vallée de l'Orne présentent une grande diversité.

Quatre grands secteurs peuvent être identifiés :

- la zone littorale, qui s'étend à l'Est et à l'Ouest de l'estuaire de l'Orne,
- l'Orne aval, entre Amfreville et l'agglomération caennaise ;
- l'agglomération caennaise,
- l'Orne amont, entre l'agglomération et la limite sud-est du périmètre d'étude.

III.1. La population et l'habitat

Les vingt-trois communes concernées par le PPR multirisques de la basse vallée de l'Orne comptent une population totale de 200 000 habitants¹.

1 Recensement de la population 2014 – INSEE

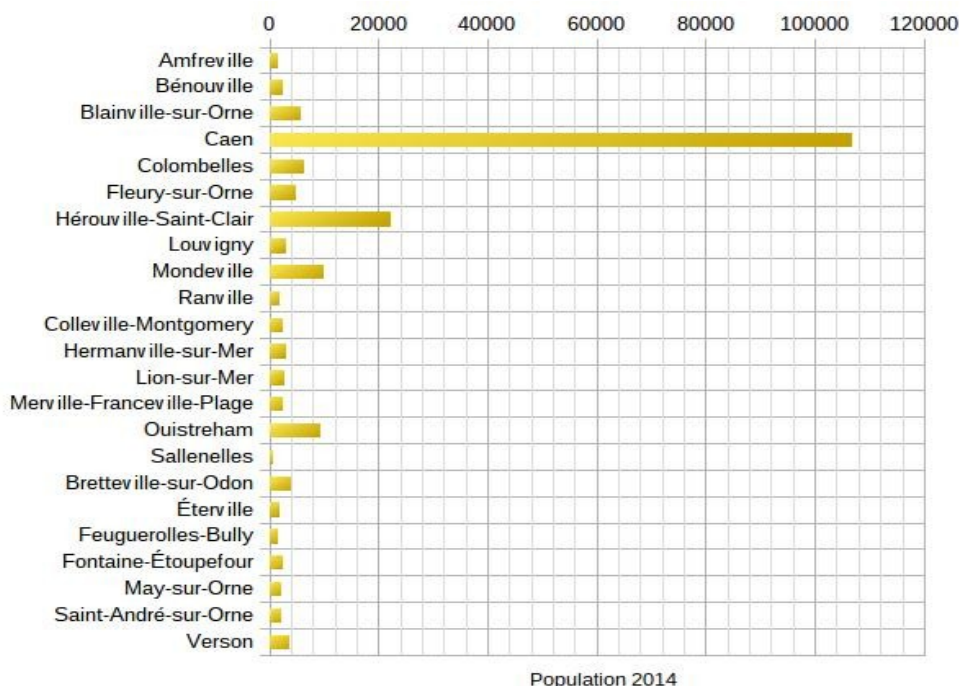


Figure 5 : Populations comparées des communes de la zone d'étude (source *INSEE*).

Il existe toutefois une très forte disparité entre les communes (fig. 5). Caen représente environ 50 % de la population totale. Si on y ajoute Hérouville-Saint-Clair et Mondeville, cette part monte à environ 70 %. Si on excepte l'agglomération caennaise, Ouistreham est la commune la plus peuplée (9253 habitants en 2014 soit 4,7 % de la population de la zone d'étude).

III.2. Les phénomènes naturels et aléas

Le *PPRN* vise à limiter les conséquences de la submersion marine, de l'évolution du trait de côte et de l'inondation par débordement de cours d'eau. Son élaboration nécessite une connaissance aussi précise que possible de ces phénomènes et la détermination des caractéristiques des phénomènes de référence.

On utilise le concept d'aléa pour définir et cartographier ces caractéristiques dans la zone étudiée. Dans le cadre général des *PPRN*, ce concept recouvre la probabilité d'occurrence et l'intensité de phénomènes de référence dont la période de retour est connue.

Les chapitres suivants présentent les principaux concepts utilisés (phénomène de référence, période de retour, aléa) ainsi que les phénomènes naturels pris en compte par le *PPR* multirisques de la basse vallée de l'Orne et les éléments qui sont à leurs origines. Les informations exploitées et les données utilisées pour caractériser ces phénomènes y sont également résumées. Enfin, les aléas qui leur sont associés sont présentés.

Rappel. Les études techniques réalisées ou exploitées dans le cadre de l'élaboration du PPRN ne sont pas reprises ici dans leur intégralité. Seules les informations essentielles ont été reprises et, si nécessaire, retranscrites sous une forme non technique. Des numéros entre crochets [x] renvoient aux références bibliographiques récapitulées en page 86. La partie relative à l'inondation par l'Orne reprend les éléments du dossier du PPR multirisques de la basse vallée de l'Orne.

III.2.1. Concepts utilisés

Un glossaire (cf. page 7) propose les définitions des termes techniques utilisés lorsqu'ils ne sont pas expliqués dans le corps du texte.

Les aspects techniques des PPRN et notamment les méthodologies à mettre en œuvre et les principales hypothèses à retenir sont définies par des circulaires et des guides techniques. Les définitions proposées ici s'inspirent de ces documents.

Un guide spécifique au PPRL [10] précise notamment les modalités d'intégration des ouvrages de protection et les hypothèses à retenir pour la prise en compte du changement climatique.

Un guide spécifique au PPRl [11] précise les modalités d'analyse et de qualification de l'aléa d'inondation ainsi que les principes de prises en compte des ouvrages de protection.

III.2.2. Notion de période de retour

La période de retour est une notion statistique qui définit la probabilité d'observer un phénomène donné (le phénomène de référence) sur une période de temps donnée (100 ans dans le cas des PPRN).

Un phénomène centennal est un phénomène qui a une probabilité de 1 % (1 risque sur 100) de se produire ou d'être dépassé chaque année. Sa probabilité d'occurrence est de 63 % sur un siècle et de 99,9 % sur mille ans. Ce n'est donc pas un phénomène qui se produit périodiquement tous les cents ans, ni un phénomène qui se produit systématiquement une fois par siècle. À l'échelle humaine, la probabilité d'observer un phénomène centennal ou supérieur est de 22 % pour une génération (25 ans) et de 55 % sur une vie (en considérant une espérance de vie moyenne de 80 ans).

Certains phénomènes (vent, précipitations, débits des cours d'eau, houles, etc.) se prêtent à une analyse statistique si on dispose de mesures fiables portant sur des périodes d'observations suffisamment longues (plusieurs décennies pour évaluer un phénomène centennal). Les phénomènes tels que la submersion marine résultent de la combinaison de plusieurs phénomènes (houle, marées, dépressions atmosphériques, etc.). Des analyses statistiques complexes permettent de définir leur période de retour en fonction des périodes de retour de chacun des phénomènes associés.

D'autres phénomènes, comme les mouvements de terrain qui affectent les falaises côtières, ne

peuvent faire l'objet de ce type d'analyse. Ils évoluent en effet de manière discontinue dans le temps (alternance de phases d'évolution lente et d'accélération ou survenue instantanée). On doit donc se borner à définir des taux évolutions moyens pour une période de temps donnée et à évaluer l'ampleur maximale des phénomènes instantanés. Cette approche nécessite de disposer d'un inventaire représentatif de ces événements ou d'observation permettant d'apprécier leur évolution dans le temps.

III.2.3. Notion d'aléa

L'*aléa* est un concept destiné à traduire, pour une zone géographique donnée, un degré d'exposition à un phénomène naturel. Ce degré d'exposition – ou degré d'aléa – dépend de la probabilité d'occurrence du phénomène et de son intensité probable sur la zone considérée.

Pour les *PPRN*, l'aléa est défini pour un **phénomène de référence** (par exemple une crue centennale) ou pour une combinaison de phénomènes constituant un **scénario de référence** (par exemple une tempête avec des vents défavorables associés à un fort coefficient de marée) dont la période de retour est de 100 ans.

L'aléa est évalué de manière quantitative si les caractéristiques du phénomène (hauteur d'eau, vitesses d'écoulement par exemple) peuvent être définies par des modèles mathématiques. Dans le cas contraire, on détermine l'aléa de manière qualitative.

III.2.4. Les phénomènes et scénarios de référence

Le phénomène de référence des *PPRN* est le plus fort phénomène historique connu si sa période de retour est supérieure à 100 ans ou, dans le cas contraire, un phénomène théorique de période de retour centennale.

Ce principe est appliqué pour l'élaboration de tous les *PPRN* quels que soient les phénomènes concernés. Il doit néanmoins être adapté pour des phénomènes tels que le recul du trait de côte qui ne peut être aisément analysé et pour lesquels la notion de période de retour n'est pas définie (voir paragraphe III.2.2 page 29).

Pour les inondations par débordement des cours d'eau et la submersion marine, l'aléa pris en compte pour le PPR multirisque de la basse vallée de l'Orne est donc l'aléa induit par les phénomènes de référence ou les scénarios de référence de période de retour centennale.

III.2.5. Les phénomènes historiques

La connaissance des phénomènes passés est un préalable indispensable à l'analyse des phénomènes naturels pouvant survenir dans le futur. Cette connaissance doit toutefois être interprétée avec prudence et discernement pour de multiples raisons : les informations disponibles peuvent être incomplètes, erronées ou tendancieuses, le milieu a pu évoluer depuis la survenue du phénomène (évolution de la topographie, réalisation d'aménagement, construction ou destruction d'ouvrages de protection, etc.), la vulnérabilité des enjeux peut être différente et l'ampleur des dommages mal interprétée en termes d'intensité du phénomène.

III.2.5.1. Les phénomènes littoraux

Pour les communes concernées par les risques littoraux (tab 2), les phénomènes historiques ayant affecté la zone d'étude ont été recherchés et inventoriés [1] à partir des principales sources disponibles :

- les archives départementales² ;
- les études techniques disponibles mises à disposition par le maître d'ouvrage ;
- les collectivités, consultées par le biais d'un questionnaire spécifique et lors des rencontres de collecte de données et de concertation.

La recherche porte essentiellement sur les tempêtes et leurs conséquences. Les mouvements de terrain affectant les falaises ne font pas, sauf événement catastrophique ou remarquable par leur ampleur, l'objet de description ou de témoignage figurant dans les archives. Ces phénomènes sont en effet le plus souvent perçus comme la conséquence d'une évolution naturelle et inéluctable du littoral et non comme des événements marquants.

Cet inventaire ne prétend pas à l'exhaustivité. D'ailleurs, la fréquence des tempêtes répertoriées entre le début du XIXe et le début du XXIe siècle (fig. 9) pour la zone comprise entre Dives-sur-Mer et Tracy-sur-Mer montre bien que les sources disponibles sont très incomplètes. Il comprend les événements tempétueux ayant ou non fait des dégâts. Certaines données, notamment en période de conflits ou pour certaines décennies peuvent être peu nombreuses voire inexistantes. Par ailleurs, certaines décennies bien renseignées peuvent ne l'être que sur deux ou trois ans, sans présenter un historique complet et homogène.

***Remarque.** Si la connaissance des phénomènes passés est utile, la mise en œuvre de recherches historiques plus poussées, exploitant d'autres sources, ne se justifie pas dans le cadre de l'élaboration d'un PPRL. Les informations collectées sont en effet les plus souvent très succinctes et peu exploitables hormis pour souligner la réalité de tempêtes violentes.*

2 Notamment les séries E dépôt, Bib, J, M, O, PR, S et W.

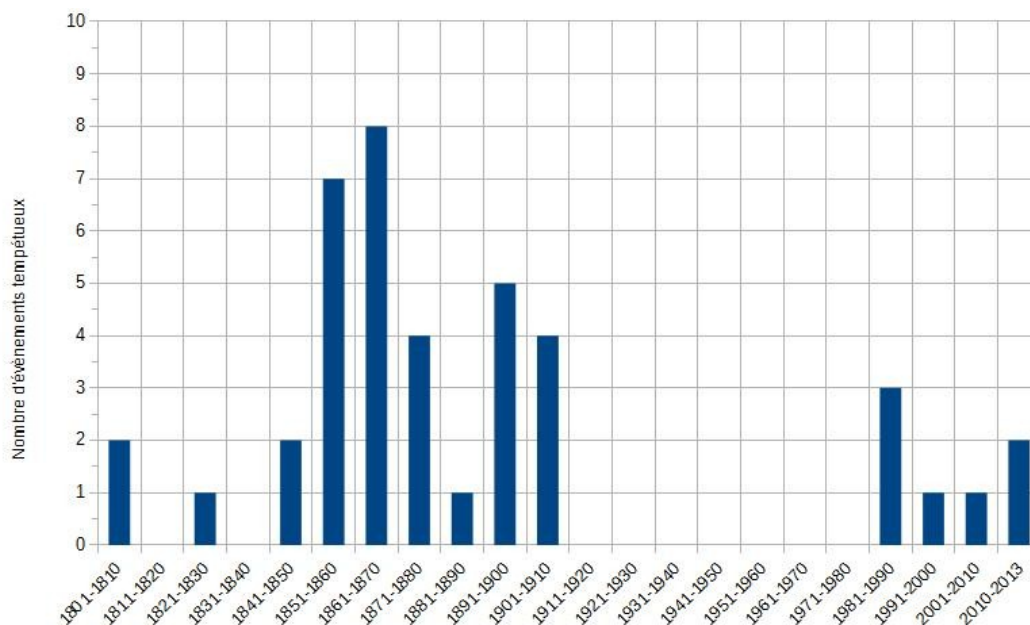


Figure 6 : Nombre d'évènements tempétueux répertoriés par décennie pour la zone comprise entre la Dives et le Bessin.

Toutes les tempêtes répertoriées sont résumées dans le tableau ci-après pour les événements les plus anciens. Les études techniques préalables au PPRL [1] comporte des fiches qui synthétisent toutes les informations collectées.

Tableau 3 : Évènements tempétueux recensés du début du XIXe au début du XXe siècle.

Date	Localisation	Tempête	Submersion	Dégâts
30 décembre 1899	Dives-sur-mer	X	X	X
18 novembre 1808	Dives-sur-mer	X	X	X
26 décembre 1904	Courseulles-sur-mer	X		X
30 décembre 1899	Courseulles-sur-mer	X	X	X
11 janvier 1849	Courseulles-sur-mer	X	X	X
30 décembre 1899	Courseulles-sur-mer	X		
26 septembre 1851	Graye-sur-mer, Courseulles-sur-mer, Bernières-sur-mer	X	X	X
13 octobre 1852	Courseulles-sur-mer	X		X
30 décembre 1899	Courseulles-sur-mer	X		X
13 octobre 1856	Cabourg et Bernières-sur-mer	X	X	X
1 mars 1859	Courseulles-sur-mer	X	X	X
17 septembre 1860	Cabourg	X		X
30 décembre 1899	Dives-sur-mer	X		X
20 janvier 1863	Tracy-sur-mer, Courseulles-sur-mer, Bernières-sur-mer	X		X
1 février 1863	Tracy-sur-mer	X		X

Date	Localisation	Tempête	Submersion	Dégâts
11 février 1864	Tracy-sur-mer	X		X
1 avril 1868	Tracy-sur-mer	X		X
30 décembre 1899	Courseulles-sur-mer	X		X
29 mars 1869	Courseulles-sur-mer	X		X
1 juin 1870	Tracy-sur-mer	X		X
1 mars 1876	Cabourg	X		X
18 août 1876	Courseulles-sur-mer	X		X
31 janvier 1877	Cabourg	X		X
21 juin 1880	Saint-Come-de-Fresné	X		X
18 octobre 1882	Asnelles	X		X
1 mars 1893	Courseulles-sur-mer	X		X
30 décembre 1899	Courseulles-sur-mer	X		X
30 décembre 1899	Asnelles et Meuvaines	X	X	X
12 février 1899	Asnelles et Meuvaines	X	X	X
30 décembre 1899	Ouistreham	X		X
22 mars 1901	Bernières-sur-mer	X		X
30 décembre 1899	Saint-Come-de-Fresné	X		X
1 octobre 1905	Asnelles	X		X

Les phénomènes les plus récents sont mieux connus et on dispose d'éléments plus précis permettant de mieux évaluer les dommages qu'ils ont occasionnés.

Les principales tempêtes sont répertoriées dans le tableau 4. Certaines d'entre elles ont conduit à des arrêtés de reconnaissance de l'État de catastrophe naturelle (CATNAT). On peut noter qu'il n'y a eu aucune reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle suite à des tempêtes sur les communes concernées depuis 1987.

Tableau 4 : Principales tempêtes répertoriées (1980 – 2017).

Date	Observations
23 et 24 janvier 1984	Vents violents à Caen (112 km/h). Dégâts liés à l'action mécanique des vagues
26 et 27 novembre 1983	Vent de 144 km/h à Caen le 26/11/1983. Intensité exceptionnelle.
22 au 24 novembre 1984	Vent de 137 km/h à Caen le 26/11/1984
15 et 16 octobre 1987	« Ouragan ». Arrêté CATNAT sur les communes du littoral
26 décembre 1999	Tempête Lothar. Surcote remarquable avoisinant les 70 cm à 1 mètre près de la trajectoire de la dépression (Bretagne et Normandie).
27 et 28 février 2010	Tempête Xynthia.

La tempête Xynthia a marqué les esprits du fait de son intensité exceptionnelle et des nombreuses victimes qu'elle a provoquées sur le littoral atlantique, notamment du fait de rupture de digues de protection.

Dans la zone concernée par le PPR Multirisques de la basse vallée de l'Orne, elle ne fut toutefois pas

d'une intensité exceptionnelle et les conditions observées sont sensiblement inférieures aux conditions centennales constituant le phénomène de référence pour l'élaboration de ce PPRL.

III.2.5.2. Les inondations de l'Orne et de ses affluents

Le *PPRI* de la basse vallée de l'Orne cite plusieurs crues de l'Orne et de ses affluents. Les archives disponibles font état des principales crues observées au cours du XXe siècle.

Tableau 5 : Plus fortes crues observées sur l'Orne entre 1925 et 2018.

Date	Hauteur à Thury-Harcourt
janvier 1926	5,25 m
novembre 1974	4,60 m
janvier 2001	4,48 m
janvier 1910	4,45 m
janvier 1936	4,08 m
décembre 1966	3,90 m
février 1965	3,80 m
décembre 1935	3,70 m
décembre 1952	3,55 m
février 1958	3,45 m
Sources : Rapport de l'ingénieur – 9/06/1975 – Ministère de l'Équipement & Banque Hydro	

Les recherches réalisées ont notamment permis de collecter plusieurs documents relatifs à la crue de décembre 1925 – janvier 1926, qui est à ce jour la plus forte crue connue et correspond aux plus hautes eaux connues (PHEC) à l'échelle limnimétrique de Thury-Harcourt.

Selon ces documents, le débit de l'Orne aurait été de 600 m³/s à 650 m³/s [7 et 5]. La ville de Caen a été largement inondée comme le montrent les documents (figure et carte ci-après) et les témoignages cités, notamment par [5].



Figure 7 : Carte postale d'époque de Caen lors de la crue de 1926 (d'après [5]).

Figure 8 : Carte postale d'époque et carte des zones inondée à Caen lors de la crue de 1926 (d'après [5]).

Ces documents signalent la forte de crue de 1910 mais sans donner de détails quant à ses conséquences.

À Caen, la crue de 1974 [6] a provoqué l'inondation des quartiers de la Préfecture, de la rue de l'Arquette, du cours Montalivet, de la zone portuaire, de la Foire exposition et de la voie ferrée Paris - Caen. Lors de cette crue, des maisons ont également été inondées à Fleury-sur-Orne, à Louvigny (bourg inondé) et à Mondeville (quartier du Nouveau Monde notamment).

III.2.6. La submersion marine

Ce phénomène correspond à l'inondation temporaire de la zone côtière par la mer lors de conditions météorologiques et océaniques défavorables, conjuguant basses pressions atmosphériques et fort vent d'afflux lors d'une pleine mer [10]. Ces conditions se rencontrent généralement lors de fortes tempêtes avec de forts coefficients de marées. Ces inondations peuvent se prolonger pendant plusieurs jours et survenir de manière brutale.

La submersion peut se produire dans trois cas [10] :

1. par débordement, lorsque le niveau marin est supérieur à la cote du terrain naturel ou à la cote de crête des ouvrages ;
2. par franchissements de paquets de mer liés aux vagues, lorsque après déferlement de la houle, les paquets de mer dépassent la cote du terrain naturel ou à la cote de crête des ouvrages ;
3. par rupture du cordon dunaire naturel ou d'un ouvrage de protection³, lorsque les terrains situés en arrière sont en dessous du niveau marin. Une telle rupture peut être consécutive à l'attaque par la houle, à l'insuffisance ou au mauvais entretien d'un ouvrage, à une érosion chronique intensive, à un phénomène de surverse, à un déséquilibre sédimentaire du cordon naturel, etc.

D'autres phénomènes sont généralement associés aux conditions qui peuvent induire une submersion marine :

- le choc des vagues peut exercer des pressions importantes contre les structures sans donner lieu à une inondation significative. Ce phénomène est ici appelé « choc mécanique » ;
- le déversement brutal des eaux peut provoquer des chocs violents et s'accompagner d'écoulements très rapides qui affectent notamment les zones situées immédiatement à l'arrière des ouvrages systèmes de protection en cas de brèches ou dans des zones d'écoulement préférentiel.

Le *PPRN* s'attache à prendre en compte tous les aspects de ce phénomène.

3 On utilise le terme de « système de protection » pour désigner les éléments naturels ou anthropiques qui protègent de la mer une zone située sous le niveau marin.

III.2.6.1. Approche retenue

Des études statistiques détaillées ont été réalisées pour définir les caractéristiques des phénomènes ou des combinaisons de phénomènes de période de retour centennale.

Cette approche est complétée par une prise en compte des effets probables du changement climatique tels qu'ils ont pu être évalués par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Les éléments retenus pour les PPRL sont repris par le guide méthodologique pour l'élaboration des PPRL [10].

La complexité des phénomènes et les multiples interactions entre les éléments qui se combinent pour les provoquer (tempêtes, marées, comportement des systèmes de protection naturels ou artificiels, etc.) impliquent l'élaboration de scénarios de référence correspondant à des ensembles d'hypothèses. Le guide méthodologique pour l'élaboration des PPRL [10] définit donc trois scénarios, résumés dans le tableau 6, qui seront utilisés pour la cartographie de l'aléa de submersion marine :

1. un scénario de référence, qui intègre une surélévation de 20 cm du niveau marin par rapport au niveau actuel pour tenir compte de son évolution à court terme du fait du réchauffement climatique ;
2. un scénario à échéance 100 ans, qui intègre une surélévation de 60 cm du niveau marin par rapport au niveau actuel pour tenir compte de son évolution à échéance 100 ans. Si le trait de côte est susceptible d'évoluer, c'est sa position probable à échéance 100 ans qui est prise en compte. Toutes les autres hypothèses sont identiques à celles du scénario de référence ;
3. un scénario en l'absence d'ouvrage, qui intègre l'hypothèse d'une ruine généralisée des ouvrages de protection, toutes les autres hypothèses étant identiques à celles du scénario de référence. Ce scénario n'est étudié qu'à titre informatif.

Tableau 6 : Caractéristiques des scénarios de référence.

Scénario	Désignation de l'aléa	Niveau marin
Scénario de référence	aléa de référence	niveau actuel + 20 cm
Scénario à échéance 100 ans	aléa à échéance 100 ans	niveau actuel + 60 cm
Scénario sans ouvrage de protection	aléa de référence avec ruine généralisée des ouvrages de protection	niveau actuel + 20 cm

Remarque. Deux scénarios complémentaires ont été étudiés à la demande du service instructeur. Ils correspondent respectivement à un phénomène fréquent, à forte probabilité d'occurrence et à un phénomène exceptionnel, de plus grande ampleur que le scénario de référence et à faible probabilité d'occurrence. Ces scénarios correspondent aux exigences de la démarche d'identification des territoires à risque d'inondation (TRI), initiée par la directive européenne 2007/60/CE du 23 octobre 2007. Ces scénarios ne sont pas utilisés pour le PPR Multirisques, mais ils apportent des informations pouvant être utilement intégrées aux PCS et sont à ce titre tenus à disposition

des collectivités.

III.2.6.2. Caractérisation de la submersion marine

Le phénomène de submersion marine est caractérisé par un ensemble de conditions naturelles particulières, généralement observées lors des tempêtes (fort vent induisant de fortes houles, basse pression atmosphérique) concomitantes avec de forts coefficients de marée. Ces conditions peuvent également provoquer le débordement des cours d'eau côtiers, qui contribuent alors au phénomène de submersion.

Les principaux éléments contribuant à ces conditions spécifiques dans la zone d'étude sont présentés succinctement dans le chapitre suivant (figure .

Sur les côtes de la Manche, les tempêtes sont caractérisées par des vents modérés à forts (c'est-à-dire des vents supérieurs à 8 m/s soit environ 30 km/h ou à 15 nœuds) de secteur Nord – Nord-Ouest à Nord -Est, combinés à une basse pression atmosphérique et se prolongeant pendant plus de 48 h consécutives. Il y a une grande variabilité inter-annuelle des tempêtes dans la Manche, mais elles ont majoritairement lieu en hiver.

Les tempêtes ont plusieurs impacts sur le littoral et sont évidemment le principal facteur de submersion marine. En effet, les surcotes et le déferlement engendré tendent à augmenter le niveau marin, ce qui a pour effet d'endommager voire de faire rompre les ouvrages de protection, tels les cordons dunaires ou les digues. La submersion peut également être provoquée par le franchissement des ouvrages par des paquets de mer.

Les tempêtes peuvent par ailleurs être la cause d'inondations dans l'arrière-pays par débordement des cours d'eau, surtout dans les zones de marais et de polders. En effet, l'entrée d'eau dans les cours d'eau et les canaux peut entraîner un débordement de ceux-ci et par la suite poser des problèmes de drainage des zones basses.

Enfin, les tempêtes sont en partie responsables de l'érosion des côtes, ce qui peut avoir une incidence sur la capacité du site à résister à une submersion. En effet, l'érosion tend à amincir les dunes et à fragiliser les ouvrages comme les digues, qui n'ont alors plus le même rôle protecteur.

Ces diverses conditions sont étudiées séparément puis combinées pour définir les scénarios de référence du PPRN. Les analyses du niveau marin, des vents et l'état de la mer (houle) sont résumées dans les chapitres suivants.

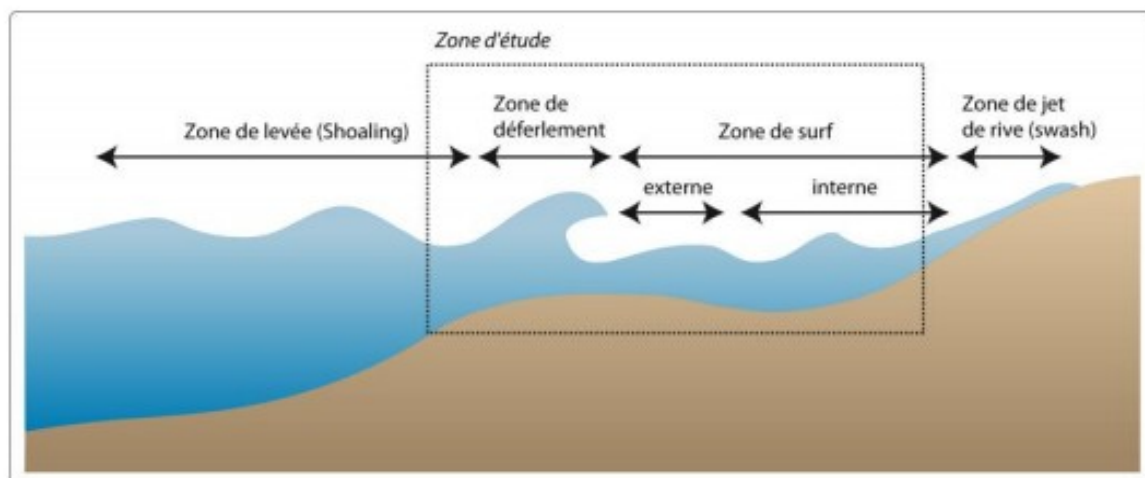


Figure 9 : Zones hydrodynamiques (Cartier, 2013).

a. Le niveau marin et les marées

La connaissance des niveaux marins, et plus particulièrement des niveaux marins extrêmes, est essentielle pour l'étude de la submersion marine. Des niveaux marins élevés aggravent les effets des tempêtes et favorisent la submersion marine.

Le niveau marin varie en fonction des marées. L'ampleur de ces variations n'est pas constante le long des côtes. Une analyse de ces variations est donc nécessaire pour définir les niveaux marins de référence qui seront intégrés aux scénarios utilisés pour la détermination de l'aléa de submersion marine.

Remarque. Pour faciliter l'interprétation des niveaux marins et notamment leur comparaison avec la topographie dans les zones potentiellement submersibles et avec les cotes des ouvrages de protection, les niveaux marins seront exprimés dans le système national de référence pour les altitudes (IGN69) et non en cote marine rattachée au zéro hydrographique local.

L'annuaire des marées du Service Hydrographique et océanographique de la Marine (SHOM -2012) indique les hauteurs des marées astronomiques (tab. 7) pour plusieurs sites côtiers du Calvados. Le *marnage* est de 3,5 m entre les moyennes hautes et basses mers et de 6,5 m lors des vives-eaux.

Dans la Manche, l'onde de marée se propage de l'Ouest à l'Est et possède des caractéristiques différentes le long des côtes en raison de son interaction avec les fonds lors de sa propagation.

Tableau 7 : Niveaux de marée astronomique le long des côtes du Calvados.

Niveaux marin Sites	PHMA*	PMVE*	PMME*	NM*	BMME*	BMVE*	PBMA*
Dives-sur-Mer	4,240 m	3,710 m	2,310 m	0,490 m	-1,440 m	-3,240 m	-4,300 m
Ouistreham	4,040 m	3,620 m	2,320 m	0,550 m	-1,380 m	-3,080 m	-4,030 m
Courseulles (Large)	3,960 m	3,510 m	2,260 m	0,570 m	-1,190 m	-2,840 m	-3,720 m
Arromanches-les-Bains	3,871 m	3,381 m	2,081 m	0,411 m	-1,319 m	-2,919 m	-3,779 m
Port-en-Bessin	3,983 m	3,453 m	2,153 m	0,503 m	-1,197 m	-2,747 m	-3,597 m

(*) **PHMA** : plus haute mer astronomique, **PMVE** : pleine mer moyenne de vives-eaux, **PMME** : pleine mer moyenne de mortes-eaux, **NM** : niveau moyen, **BMME** : basse mer moyenne des mortes-eaux, **BMVE** : basse mer moyenne des vives-eaux, **PBMA** : plus basse mer astronomique.

Les niveaux marins extrêmes ont été définis, pour des périodes de retour de 10, 20, 50 et 100 ans, dans une étude statistique réalisée en 2012 dans le cadre d'un partenariat SHOM- CETMEF (centre d'études techniques maritimes et fluviales - [16]). Cette étude repose sur l'exploitation de l'ensemble des données marégraphiques disponibles au SHOM⁴, et les niveaux marins calculés tiennent donc compte des surcotes atmosphériques.

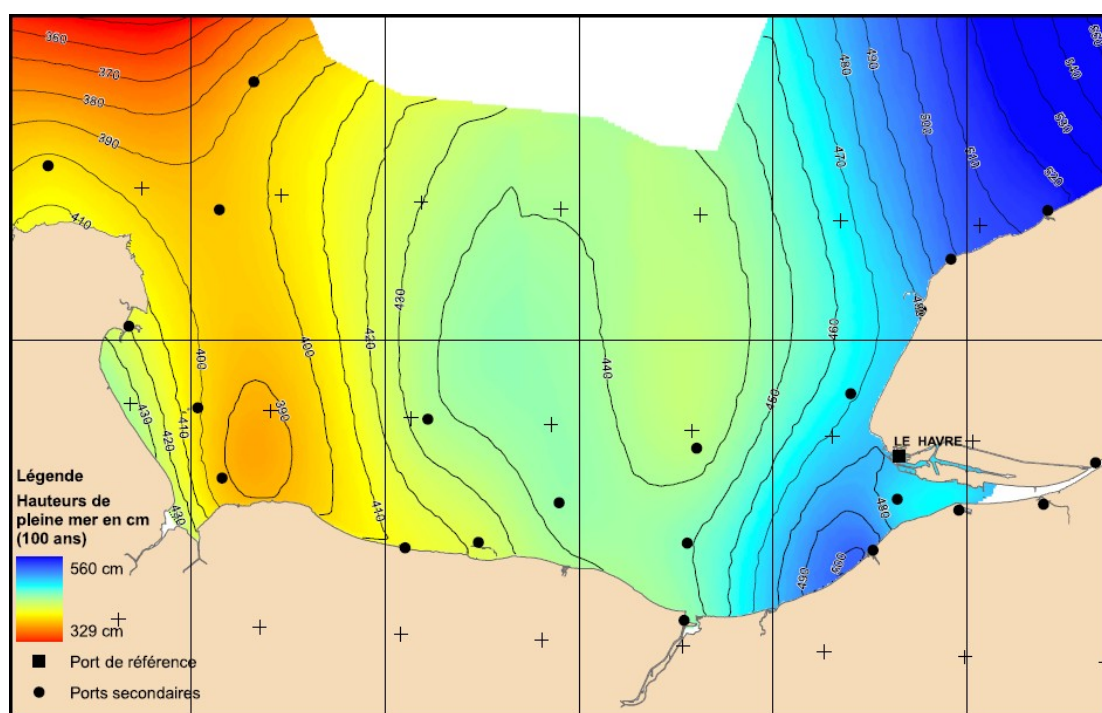


Figure 10: Carte des niveaux extrêmes de pleine mer en Baie de Seine pour une période de retour de 100 ans (source : SHOM/CETMEF, 2012).

Les niveaux de pleine mer avec une période de retour de 100 ans proposés par cette étude pour la

4 Données disponibles jusqu'au 22/11/2009.

Baie de Seine sont présentés sur la figure 15.

Les valeurs concernant spécifiquement la zone d'étude, interpolées par la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) en 2013, à partir des résultats de l'étude [16], sont récapitulées dans le tableau 8.

Tableau 8 : Niveaux marins extrêmes dans la zone étudiée

Communes	Niveau extrême de pleine mer (m IGN69) Période de retour 100 ans
Le Havre*	4,8 m
Dives-sur-Mer	4,9 m
Cabourg	
Varville	
Franceville-Merville-Plage (Est)	
Franceville-Merville-Plage (Ouest)	4,5 m
Sallenelles	
Ouistreham	
Colleville-Montgomery	
Hermanville-sur-Mer	
Lion-sur-Mer	
Bernières-sur-Mer	4,4 m
Courseulles-sur-Mer	
Graye-sur-Mer	
Ver-sur-Mer	
Meuvaines	
Asnelles	
Saint-Côme-de-Fresné	
Arromanches-les-Bains	
Tracy-sur-Mer	
Cherbourg*	
* niveaux de référence des marégraphes (SHOM – CETMEF 2012) Les niveaux sont issus de l'interpolation réalisée par la DREAL en 2013	

Pour les différents scénarios étudiés dans le cadre du *PPR Multirisques*, une interpolation plus fine des niveaux d'eau par section homogène de la côte est proposée. Une approche différente est appliquée pour les conditions d'Ouest et du Nord – Nord-Est :

- secteur Ouest : ces niveaux extrêmes correspondent à une *pleine mer astronomique* importante, liée à une *surcote atmosphérique*. Les résultats de l'étude des niveaux extrêmes le long des côtes françaises du SHOM – CETMEF [16] sont utilisées pour déterminer les niveaux de chaque section homogène par rapport au niveau au Havre.
- secteur Nord – Nord-Est : l'analyse statistique des niveaux extrêmes est faite sur les pleines

mers astronomiques sans surcotes atmosphériques, en raison de la faible corrélation constatée entre ces deux phénomènes. L'interpolation des cotes extrêmes est, par conséquent, faite sur la base des pleines mers astronomiques aux ports de la zone *PPRL* : Dives-sur-Mer, Ouistreham, Courseulles-sur-Mer et Arromanches-les-Bains. Les cotes applicables dans les zones situées entre ces ports sont interpolées à dire d'expert.

Les valeurs obtenues par section homogène sont présentées sur la figure 11. Elles ne prennent pas en compte l'élévation due au réchauffement climatique, ni les effets locaux tels que la *surcote* ou *set-up de houle* (qui a été étudié dans le modèle de houle).

Figure 11 : Niveaux de référence +20 cm d'élévation par section homogène, secteur Dives-Orne (conditions d'Ouest et du N-NE, valeurs supérieures et inférieures, surcote de houle exclue).

b. Les vents

Les vents jouent un rôle essentiel dans la formation de la houle. Ils ont été étudiés à l'échelle régionale à partir des données de Météo-France et à une échelle plus locale, à partir de divers points de mesure permettant une analyse quantitative des vents au large de la zone d'étude et des vents littoraux.

a. Les vents régionaux

La circulation des centres dépressionnaires du nord de l'Atlantique à la Mer du Nord génère sur la Normandie un régime de vent dominant de secteur Sud-Ouest à Ouest (fig. 12).

Les vents les plus forts sont enregistrés en hiver dans les zones exposées que sont les côtes de l'ouest du Cotentin ainsi que les caps situés au nord de la région. On relève en moyenne 130 jours de

vent fort (rafales supérieures à 16 m/s) à La Hague contre 60 jours à Deauville/Saint-Gatien.

Une seconde composante de vent, de Nord-Est à Est, se rencontre régulièrement en présence d'un *anticyclone* ou d'une *dorsale* se prolongeant sur les îles britanniques. Au printemps et en été, une telle situation tend à renforcer les régimes de brise qui s'établissent régulièrement sur la frange littorale septentrionale. Dans le Calvados, ces brises marines se font parfois sentir loin en plaine, jusqu'au pays de Falaise (IFREMER, 2013 & Météo France, 2013).

Les roses de vent établies par Météo France (fig.12) montrent une répartition différente des vents dominants en Baie de Seine et aux environs de Caen. En Baie de Seine, on observe majoritairement des vents du Sud-Ouest avec des vitesses fréquemment supérieures à 5 m/s et à 8 m/s (respectivement 18 km/h et 29 km/h) et du Nord-Est. Aux environs de Caen, les directions des vents sont plus variables et les vents de plus de 8 m/s (29 km/h) sont nettement plus rares.

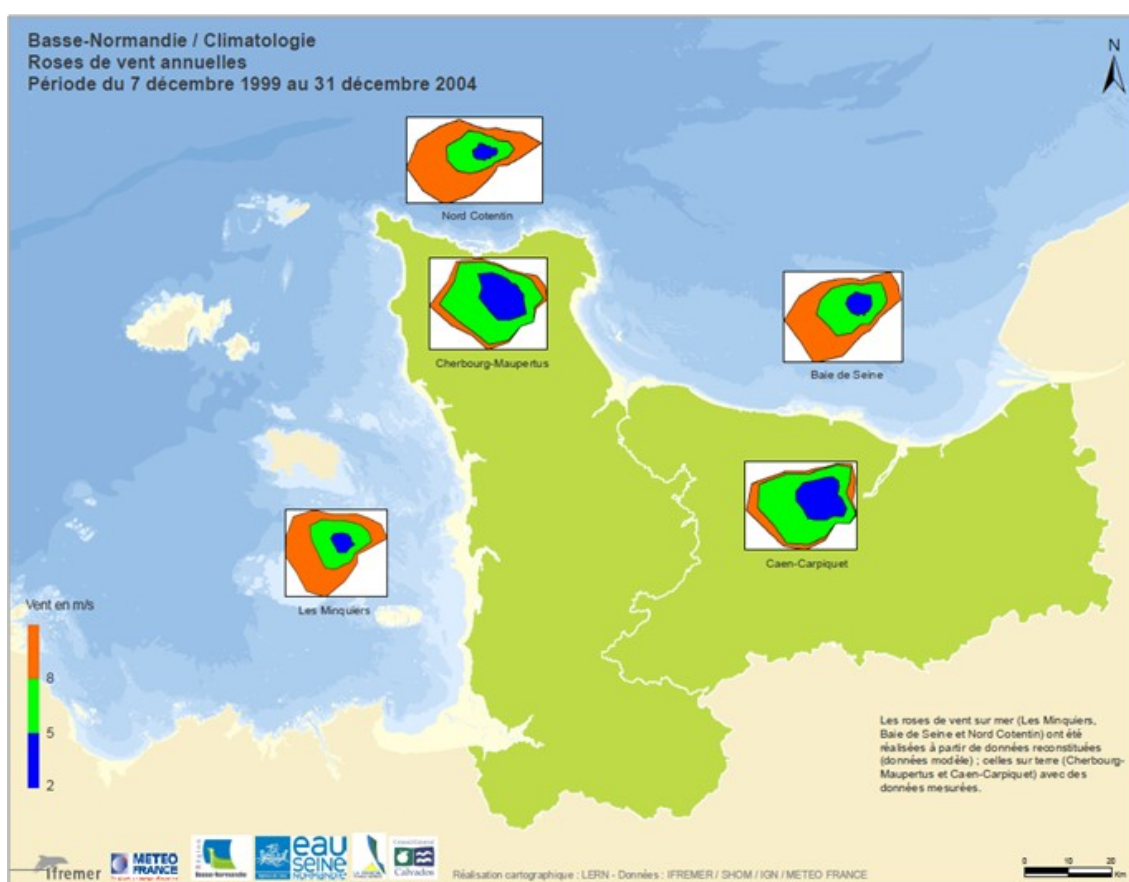


Figure 12 : Comparaison de roses de vent sur le territoire de la Basse-Normandie (IFREMER & Météo France 2013).

b. Vents locaux

Plusieurs stations météorologiques de Météo France fournissent des informations sur les vents locaux soufflant sur le littoral du Calvados (Englesqueville-la-Percée, Port-en-Bessin-Huppain, Bernières-sur-Mer, Sallenelles, Saint-Gatien-des-Bois).

Les échanges thermiques entre la mer et les terres peuvent engendrer des brises littorales. Ces brises, variant de direction entre jour et nuit (respectivement vers les terres et vers la mer) ont un

effet très local sur les *champs de houle*. Le long des côtes du Calvados, où le régime de vents normaux est bien établi et prédominant, ces brises ont une influence négligeable par rapport aux *champs de vent* de tempête en conditions extrêmes.

c. Les vents au large

Les mesures du Greenwich Light Vessel (0°, 50,5°N) de l'institut climatologique du Royaume Uni (Met Office) permettent d'apprécier les vents au large. Ces données montrent que les vents d'Ouest à Sud-Ouest sont les plus fréquents dans la Manche, mais que les vents, moins fréquents, des secteurs Nord-Ouest à Nord-Est sont à peu près aussi intenses.

Ces dernières directions de vent exposent la côte du Calvados aux *clapots* qui sont pris en compte pour l'analyse des *concomitances* niveau extrême – houle extrême.

III.2.6.3. Aléas de submersion marine

Pour caractériser l'aléa de submersion marine, un modèle numérique⁵ a été utilisé. Ce modèle intègre la *bathymétrie*, la topographie côtière, et un phénomène de référence centennal, défini par des niveaux marins intégrant les états de la mer et les effets à court terme du réchauffement climatique (tab. 9). Les cours d'eau côtiers sont intégrés à ce modèle pour tenir compte des effets d'éventuels débordements induits par les conditions marines.

La caractérisation de l'aléa de submersion marine est complétée par la prise en compte des chocs mécaniques et des dispositifs de protection.

Remarque. *La période de retour du phénomène de référence ne correspond pas à la combinaison de phénomènes de même période de retour. Ainsi, le phénomène de référence pour la submersion centennale ne correspond pas à un niveau marin centennal conjugué à un état de la mer centennal. Une telle combinaison correspond à une submersion marine plus rare (période de retour très supérieure à 100 ans). Il existe théoriquement une infinité de combinaison de niveaux marin et d'état de la mer correspondant à des conditions de submersion centennale.*

a. Bathymétrie et topographie

La modélisation nécessite une connaissance détaillée de la bathymétrie et de la topographie. La principale source d'information utilisée est la base de données Litto3D de l'institut géographique nationale (IGN) qui fournit un modèle numérique de terrain détaillé (maille métrique). Ces données ont été utilisées pour construire le maillage de calcul du modèle hydraulique.

b. Niveau marin de référence

Le niveau marin de référence est obtenu, par tronçon homogène, en ajoutant au niveau marin centennal Z, qui correspond à la marée astronomique augmentée d'une surcote atmosphérique, la surcote liée à la houle et l'élévation de 0,20 m pour la prise en compte du réchauffement climatique (tab. 6).

5 Logiciel (InfoWorks ICM, version 5.0) permettant de calculer les caractéristiques des écoulements (hauteurs d'eau et vitesses d'écoulements) à partir de divers paramètres (rugosité, débits) en utilisant les lois de l'hydraulique.

La surcote liée à la houle (*set-up de houle*) a été calculée par modélisation [3] à partir des hypothèses issues des analyses statistiques [2]. Cette surcote de houle est prise en compte uniquement le long des plages, et non dans les zones de grande profondeur.

Tableau 9 : Niveaux marins du scénario de référence.

N°	Commune	Nom	Niveau marin	Set-up de houle	Élévation climatique	Niveau de référence
4	Varaville Franceville-Merville-Plage	Cordon dunaire de Varaville et Franceville-Merville-Plage	4,73 m	0,20 m	0,20 m	5,13 m
5-7	Ouistreham, Franceville	Embouchure de l'Orne	4,58 m	0,00 m	0,20 m	4,78 m
9	Ouistreham	Dunes Ouistreham	4,58 m	0,27 m	0,20 m	5,05 m
10	Ouistreham	Remblai Ouistreham	4,58 m	0,27 m	0,20 m	5,05 m
11	Colleville-Mty et Hermanville / Mer	Cordon dunaire de Colleville et Remblai de Hermanville	4,58 m	0,30 m	0,20 m	5,08 m

Tableau 10 : Niveaux marins du scénario à échéance 100 ans.

N°	Commune	Nom	Niveau marin	Set-up de houle	Élévation climatique	Niveau à échéance 100 ans
4	Varaville Franceville-Merville-Plage	Cordon dunaire de Varaville et Franceville-Merville-Plage	4,73 m	0,20 m	0,60 m	5,53 m
5-7	Ouistreham, Franceville	Embouchure de l'Orne	4,58 m	0,00 m	0,60 m	5,18 m
9	Ouistreham	Dunes Ouistreham	4,58 m	0,27 m	0,60 m	5,45 m
10	Ouistreham	Remblai Ouistreham	4,58 m	0,27 m	0,60 m	5,45 m
11	Colleville-Mty et Hermanville / Mer	Cordon dunaire de Colleville et Remblai de Hermanville	4,58 m	0,30 m	0,60 m	5,48 m

c. Dimension temporelle de l'analyse

La modélisation est effectuée pour une durée couvrant trois cycles de marées, avec le niveau marin maximal pour la haute mer du second cycle (fig.13).

Cette dimension temporelle est importante, car elle permet la prise en compte des phases de remplissage et de vidange successives des zones submersibles. L'emprise des zones submergées et les hauteurs de submersion ainsi déterminées peuvent être sensiblement différentes de celles estimées par comparaison directe des niveaux marins et topographiques. En effet, le volume d'eau restant dans une zone submersible à la fin des trois cycles de marées peut être inférieur au volume nécessaire pour remplir la zone submersible jusqu'à la cote du niveau marin.

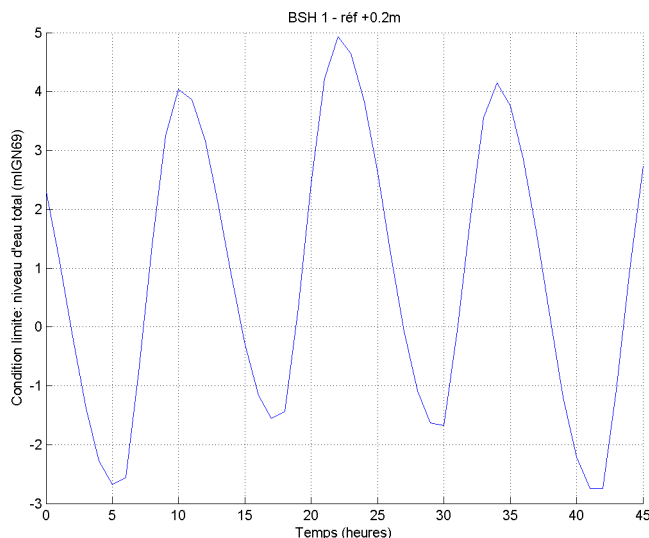


Figure 13 : Niveau marin pour le scénario de référence (trois cycles de marée).

d. Les apports fluviaux

Les niveaux marins élevés peuvent gêner les écoulements dans les cours d'eau côtiers et ainsi provoquer le débordement de ces cours d'eau. Ces débordements contribuent à la submersion marine et ils doivent donc être pris en compte lors de son analyse.

Ces cours d'eau sont donc intégrés au modèle comme élément topographique et hydraulique (ouvrages hydrauliques, ouvrages de protection, débit). Les débits retenus sont les débits instantanés des crues annuelles. Ces débits ont donc 99 % de chances d'être dépassés chaque année. Ils sont déterminés à partir des mesures disponibles ou, à défaut, d'une estimation reposant sur une étude hydrologique spécifique. Ces débits sont utilisés pour tous les scénarios étudiés.

Pour l'Orne, des mesures sont disponibles à la station de Thury-Harcourt (station I3521020) sur la période 1985-2014 (soit 10 293 jours). Le phasage de la régulation des vannes du port de Caen – Ouistreham est fait sur la base des niveaux d'eau mesurés à cette station.

Le débit instantané de crue annuelle à Thury-Harcourt (calculé sur toute la période mesurée) est de 139 m³/s (hauteur 1,60 m à la station). Ce débit est transposé vers Louvigny en tenant compte de la variation de surface du bassin versant (formule de Myer). Le débit ainsi calculé est de 156 m³/s.

Tableau 11 : Débits fluviaux de référence pour tous les scénarios.

Site	Bassin versant	débit annuel
Thury-Harcourt	2180 km ²	139 m ³ /s
Louvigny	2547 km ²	156 m ³ /s

e. Prise en compte des ouvrages de protection et de leur défaillance

a. Définition des ouvrages de protection

Un système complet de protection est un système cohérent du point de vue hydraulique pour la protection effective des populations situées dans la zone protégée. Il peut comprendre un système de digues (c'est-à-dire des digues de premier et de second rang), des structures naturelles (cordons dunaires ou cordons de galets) et les ouvrages « maritimes » contribuant à leur maintien (type brise-lames, épis, etc.), éventuellement combinés, ainsi que les dispositifs de drainage, de stockage et d'évacuation des eaux.

Les digues sont des constructions humaines dont la vocation principale est de faire obstacle à l'écoulement et de limiter les entrées d'eau sur la zone protégée [10].

b. Méthodologie

La méthodologie retenue au niveau national, définie par le guide méthodologique pour l'élaboration des *PPRL* [10], comporte d'une part des hypothèses d'effacement des ouvrages de protection et d'autre part des hypothèses de brèches pour tous les ouvrages de protection identifiés.

Cette approche repose sur deux principes fondamentaux :

1. une zone protégée par une digue reste une zone inondable (circulaire du 30 avril 2002, relative à la politique de l'État en matière de risques naturels prévisibles et de gestion des espaces situés derrière les digues de protection contre les inondations et les submersions marines) ;
2. aucun ouvrage ne peut être considéré comme infaillible, quelles que soient ses caractéristiques.

Tous les ouvrages de protection sont conçus et réalisés pour protéger des enjeux contre un phénomène d'ampleur définie (crue décennale ou centennale par exemple). Des phénomènes plus intenses sont toujours possibles et le comportement des ouvrages ne peut alors pas être garanti : non seulement l'ouvrage peut s'avérer insuffisant, mais il peut subir des dommages – voire être détruit – et ainsi aggraver les effets du phénomène naturel. C'est notamment le cas pour les digues qui se rompent.

c. Effacement des ouvrages

L'hypothèse d'effacement des ouvrages correspond à leur suppression dans les données topographiques utilisées pour la modélisation de la submersion marine. La submersion marine est modélisée dans une situation théorique dans laquelle les digues existantes sont arasées à la cote du terrain naturel à l'arrière des ouvrages. Une cartographie informative est produite à partir de ces résultats.

d. Prise en compte de la formation de brèches

La démarche mise en œuvre est résumée par la figure 14. Cette démarche dépend de la disponibilité d'étude de danger relative aux ouvrages de protection, réalisée par le gestionnaire de l'ouvrage.

Si une étude de danger définissant le comportement de la digue pour l'événement de référence

existe, deux cas sont envisagés :

- si l'étude conclut que l'ouvrage peut résister au phénomène de référence, on considère une brèche de 50 m dans le tronçon concerné ;
- si l'étude conclut que l'ouvrage ne résiste pas au phénomène de référence, au moins une brèche de 100 m est considérée pour le tronçon concerné.

En l'absence d'étude de danger, la *surverse* pour l'événement de référence est évaluée. Si cette *surverse* est supérieure à 0,2 m, on prendra en compte une *ruine généralisée* de l'ouvrage ; dans le cas contraire, on prendra en compte une brèche de 100 m.

Ce choix s'explique par la forte probabilité de dégradation de l'ouvrage en cas de *surverse* significative. L'ouvrage serait en effet vraisemblablement endommagé voire détruit par les eaux débordant et s'écoulant sur les flancs de la digue).

Figure 14 : Définition des hypothèses de brèches pour les digues.

Au terme des études techniques spécifiques [4] et de la concertation avec les collectivités concernées, un ensemble d'hypothèses de brèches sur les digues fluviales de l'Orne a été défini pour être intégré aux scénarios de référence :

- 2 brèches de 100 m sont définies sur la rive droite de l'Orne (repères M3, M4 sur la fig. 16) ;
- 2 brèches de 100 m sont définies sur la rive gauche (repères O3, O4 sur la fig. 16).

Ces brèches apparaissent à partir d'une heure avant le pic de la tempête.

Par ailleurs, le modèle intègre une hypothèse de rupture des digues fluviales de premier rang qui sont submergées par une lame d'eau de plus de 20 cm (en raison des vitesses de courant trop élevées). Ces ruptures concernent le tronçon submergé et apparaissent dès que la hauteur de submersion dépasse 0,20 m.

e. Défaillance des ouvrages hydrauliques annexes

Divers aménagements hydrauliques (portes à flots, clapets anti-retour, vannes, etc.) équipent les ouvrages et les infrastructures de la zone d'étude. Ils sont localisés sur la fig.15. La modélisation nécessite de définir le fonctionnement de ces ouvrages pour les scénarios étudiés.

Les hypothèses retenues pour la modélisation sont décrites ci-dessous et récapitulées dans le tableau 12.

Les portes des écluses à l'embouchure du canal de Caen à la mer (points O1 et O2 sur la fig. 15) ne sont pas construites pour résister à des niveaux extrêmes et seront considérées comme défaillantes dans le modèle. De plus, les vannes du Flet de Graye, qui se jette dans l'embouchure de l'Orne (point S1 sur la fig. 15)) seront ouvertes dans le modèle de submersion à partir de 1 heure avant le pic de la tempête. Ceci permettra l'infiltration des eaux de mer sur les Terrains Français.

Sur la zone Colleville-Montgomery et Hermanville-sur-Mer, les clapets anti retour des exutoires d'eau pluviale (points CM1 et H1 sur la fig. 15) sont également considérés comme défaillants, tout comme le déversoir du Maresquier (point O5 sur la fig. 15) qui sera considéré comme ouvert une heure avant le pic de la tempête.

Les ouvrages existants dans le secteur de Caen (barrage de Montalivet sur l'Orne et Portes de l'Orne à l'entrée du bassin Saint-Pierre) sont également considérés comme défaillants. En effet, ces ouvrages de régulation sont conçus pour évacuer les crues de l'Orne à Caen lors des fortes marées et non pour retenir les niveaux extrêmes de mer.

Tableau 12 : Hypothèses de modélisation des ouvrages hydrauliques annexes.

Ouvrage hydraulique	Hypothèse de modélisation
Écluse du canal de Caen à la mer (O1 et O2)	Défaillantes (non dimensionnées pour le scénario de référence)
Vanne du Flet de Graye (S1)	Rupture 1 h avant le pic de tempête.
Clapet anti-retour des exutoires d'eau pluviale (CM1 et H1)	Défaillants pour le scénario de référence +0,20 m
Déversoir du Maresquier (O5)	Rupture 1 h avant le pic de tempête.
Barrage de Montalivet	Effacement (non conçu pour cette situation)
Portes de l'Orne (bassin Saint-Pierre)	Effacement (non conçu pour cette situation)

Les mêmes hypothèses sont retenues pour le scénario à échéance 100 ans.

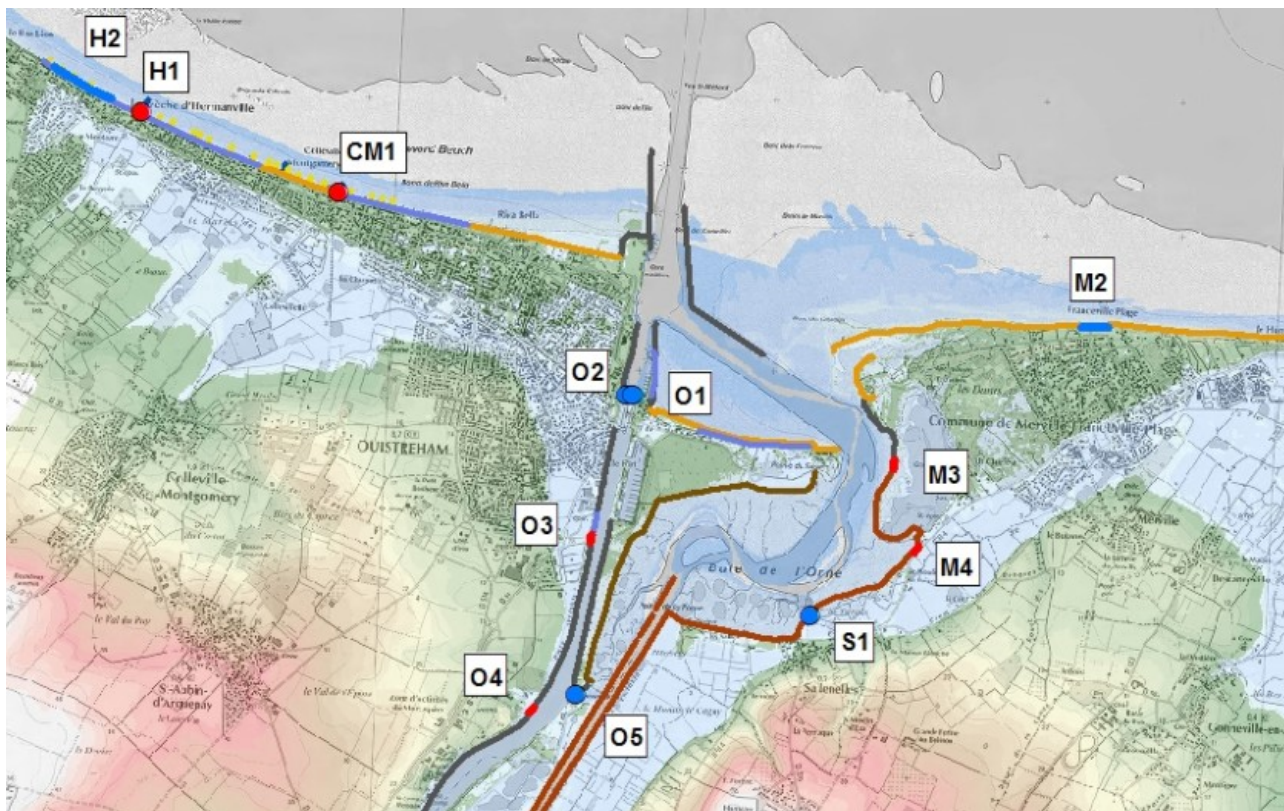


Figure 15 : Localisation des entrées d'eau pour le scénario de référence.

Le modèle a été testé et les paramètres ajustés à partir des observations effectuées lors de la tempête Xynthia. La reconstitution de la submersion observée lors de cette tempête a été jugée satisfaisante, ce qui a permis de valider les hypothèses de modélisation.

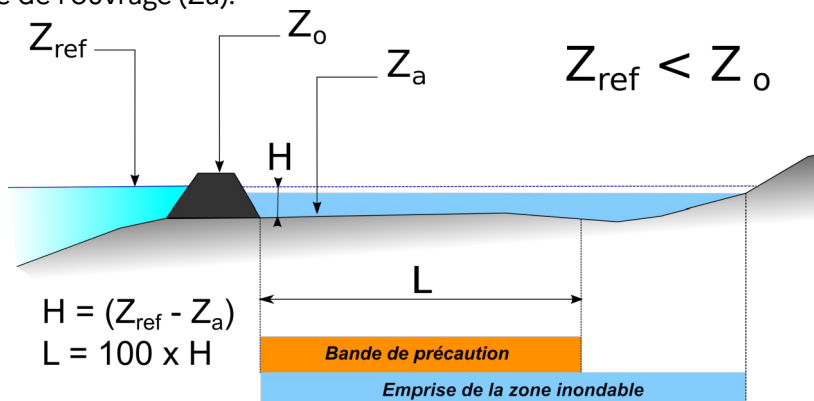
III.2.6.4. Bandes de précaution

Les brèches permettent d'apprécier les effets d'une défaillance en termes d'extension de la zone concernée par la submersion marine. La dynamique particulière (forte vitesse d'écoulement, forte hauteurs d'eau locales, entraînement de matériaux, etc.) des écoulements à hauteur des brèches ou des points de rupture d'un ouvrage de protection doit également être prise en compte.

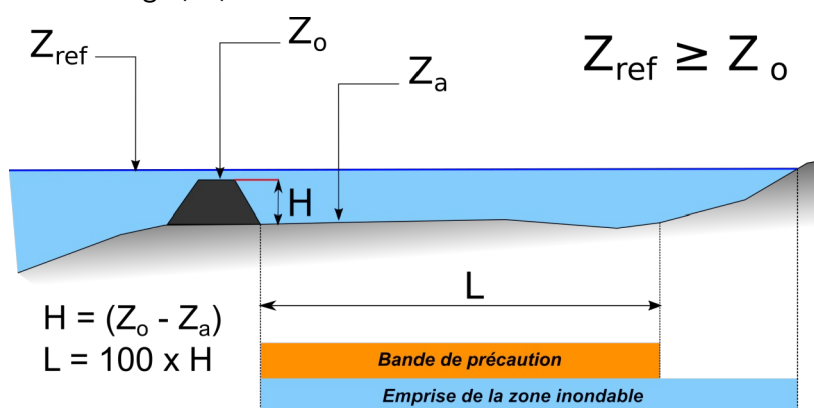
On détermine donc, à l'arrière des ouvrages de protection, des bandes réputées exposées aux effets de cette dynamique particulière. Ces bandes sont appelées « bandes de précaution » (BDP). La largeur des bandes de précaution est définie selon les directives nationales et les recommandations du guide méthodologique pour l'élaboration des PPRL [10]. Par définition, l'aléa est fort dans l'emprise des bandes de précaution.

La largeur de la bande de précaution est calculée selon les principes suivants:

- Si la cote de la crête de l'ouvrage (Z_o) est supérieure à la cote de référence (Z_{ref}), la largeur de la bande de précaution (L) est égale à 100 fois la hauteur H entre la cote de référence (Z_{ref}) et la cote à l'arrière de l'ouvrage (Z_a).

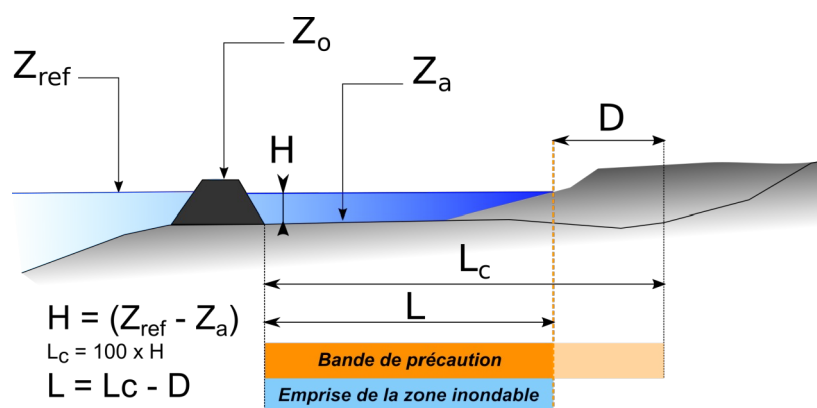


- Si la cote de la crête de l'ouvrage (Z_o) est inférieure à la cote de référence (Z_{ref}), la largeur de la bande de précaution (L) est égale à 100 fois la hauteur H entre la crête de l'ouvrage (Z_o) et la cote à l'arrière de l'ouvrage (Z_a).



Deux règles complémentaires sont prises en compte dans la détermination de la largeur des bandes de précaution :

- La largeur minimale de la bande de précaution est de 50 m, quelle que soit la largeur théorique calculée selon les principes généraux.
- La bande de précaution est limitée à la zone située sous la cote de référence, quelle que soit sa largeur théorique. La bande de précaution ne peut donc concerner des secteurs dont l'altitude est supérieure à la cote de référence.



Compte-tenu de ces principes de détermination de la largeur de la bande de précaution, il est possible que les largeurs soient identiques pour des cotes de référence ou des cotes de crêtes d'ouvrages différentes.

Exemple :

Cas d'une digue dont la crête est située à 5,0 m ($Z_0 = 5,0$) d'altitude qui protège une zone dont l'altitude est de 3,0 m ($Z_a = 3,0$) :

- Pour une cote de référence de 6,0 m ($Z_{ref} = 6,0$), la largeur de la bande de précaution sera de **200 m**.

$$L = 100 \times (5 - 3) = 200 \text{ m}$$

- Pour une cote de référence de 4,5 m ($Z_{ref} = 4,5$), la largeur de la bande de précaution sera de **150 m**.

$$L = 100 \times (4,5 - 3) = 150 \text{ m}$$

- Pour une cote de référence de 3,2 m ($Z_{ref} = 3,2$), la largeur de la bande de précaution sera de **50 m**.

$L = 100 \times (3,2 - 3) = 20 \text{ m}$. Cette valeur est inférieure à 50 m, on retient donc 50 m

Les caractéristiques des digues et les largeurs des bandes de précautions sont récapitulées dans les tableaux 13 et 14. La figure 16 localise les digues et les bandes de précaution associées.

Tableau 13: Largeurs des bandes de précaution pour le scénario de référence (ref +20)..

Localisation*	Cote ouvrage** (Zo)	Cote de référence** (Zref)	Cote à l'arrière de l'ouvrage** Za	Largeur BDP (L)	Largeur effective***
16	5,2	4,6	3,3	130,0 m	25,0 - 40,0 m
17	5,4	4,6	3,4	120,0 m	120,0 m
18	4,5	4,8	4,0	50,0 m	50,0 m
19a	4,8	4,9	4,6	50,0 m	50,0 m
19b	4,8	4,9	4,6	50,0 m	50,0 m
21	5,5	4,8	4,2	60,0 m	60,0 m
22a	5,3	4,6	3,3	130,0 m	130,0 m
22b	5,3	4,6	4,5	50,0 m	50,0 m
22c	5,3	4,6	2,8	180,0 m	180,0 m
22d	5,5	4,6	4,5	50,0 m	50,0 m
22e	5,5	4,6	3,5	110,0 m	110,0 m
23	5,5	4,6	3,0	160,0 m	160,0 m
24	4,4	4,6	3,6	80,0 m	80,0 m
25	5,5	4,8	3,7	110,0 m	110,0 m
26	4,6	4,8	3,2	140,0 m	140,0 m
27	4,2	4,8	2,4	180,0 m	180,0 m
28	4,2	4,8	2,6	160,0 m	160,0 m
34	5,0	4,9	4,5	50,0 m	50,0 m
39	5,0	4,9	4,5	50,0 m	50,0 m
40	5,5	4,9	3,9	100,0 m	100,0 m
43	5,5	4,8	3,1	170,0 m	170,0 m
44	5,8	4,6	3,4	120,0 m	120,0 m
* la localisation fait référence à la carte de la figure 16					
** altitudes IGN69					
*** largeurs portées sur la carte en tenant compte des contraintes topographiques					

Tableau 14: Largeurs des bandes de précaution pour le scénario à échéance 100 ans (ref +60).

Localisation*	Cote ouvrage** (Zo)	Cote de référence** (Zref)	Cote à l'arrière de l'ouvrage** Za	Largeur BDP (L)	Largeur effective***
16	5,2	4,9	3,3	160,0 m	25,0 - 40,0 m
17	5,4	4,9	3,4	150,0 m	126,0 m
18	4,5	5,1	4,0	50,0 m	50,0 m
19a	4,8	5,1	4,6	50,0 m	50,0 m
19b	4,8	5,1	4,6	50,0 m	50,0 m

Localisation*	Cote ouvrage** (Zo)	Cote de référence** (Zref)	Cote à l'arrière de l'ouvrage** Za	Largeur BDP (L)	Largeur effective***
21	5,5	5,2	4,2	100,0 m	100,0 m
22a	5,3	4,9	3,3	160,0 m	160,0 m
22b	5,3	4,9	4,5	50,0 m	50,0 m
22c	5,3	4,9	2,8	210,0 m	210,0 m
22d	5,5	4,9	4,5	50,0 m	50,0 m
22e	5,5	4,9	3,5	140,0 m	140,0 m
23	5,5	4,9	3,0	190,0 m	46,0 m
24	4,4	4,9	3,6	80,0 m	73,0 m
25	5,5	5,1	3,7	140,0 m	140,0 m
26	4,6	5,1	3,2	140,0 m	140,0 m
27	4,2	5,1	2,4	180,0 m	180,0 m
28	4,2	5,1	2,6	160,0 m	160,0 m
34	5,0	5,1	4,5	50,0 m	50,0 m
39	5,0	5,1	4,5	50,0 m	50,0 m
40	5,5	5,1	3,9	120,0 m	82,0 m
43	5,5	5,1	3,1	200,0 m	200,0 m
44	5,8	4,9	3,4	150,0 m	120,0 m
<p>* la localisation fait référence à la carte de la figure 16 ** altitudes IGN69 *** largeurs portées sur la carte en tenant compte des contraintes topographiques</p>					

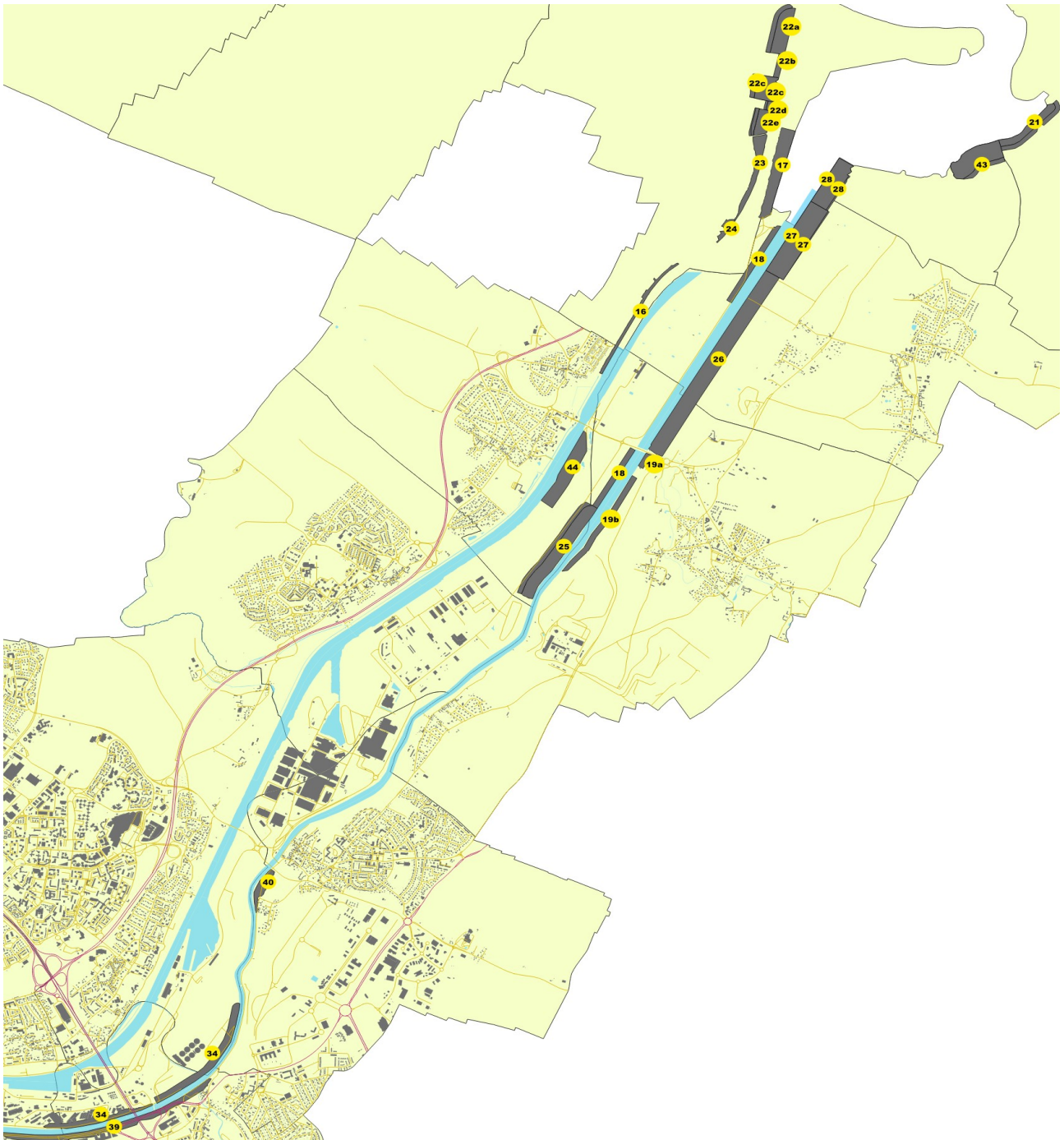


Figure 16: Localisation des bandes de précaution.

Afin d'éviter des variations trop fréquentes de la bande de précaution, on considère des classes de hauteurs d'ouvrages et par conséquent, des classes de largeur de bandes de précaution. La cote de l'arrière-pays est déterminée par tronçon, à partir des cotes évaluées régulièrement (tous les 10 m) le long d'une ligne située à l'arrière des digues.

Le long de l'Orne et du canal de Caen à Ouistreham, la bande de précaution est définie derrière les digues protégeant des zones basses. Le niveau d'eau considéré pour la détermination de la largeur de la bande de précaution et celui atteint lors du pic de tempête le long du tronçon de digue considéré (et non le niveau marin au large). La variation du plan d'eau maximal le long des rivières est ainsi prise en compte.

Lorsque les digues de rivière ont une altimétrie relativement faible, et correspondent plutôt à une berge ou un remblai de sable, et qu'une pente vers une zone basse existe, une accélération locale des vitesses d'écoulement des volumes de *surverse* peut être constatée. Une bande de précaution est alors définie. Pour les berges horizontales et les quais portuaires, la bande de précaution n'est pas définie.

III.2.6.5. Zones exposées aux chocs mécaniques

Les zones considérées comme exposées à des franchissements par paquets de mer, aux chocs des vagues ou à des projections (eau, galets, flottants, etc.) sont définies en fonction des informations relatives aux tempêtes passées [1] et aux résultats d'une modélisation spécifique [3], qui permet de déterminer un débit unitaire de franchissement. Ce débit unitaire correspond au volume d'eau susceptible de franchir un dispositif de protection sur une largeur de 1 m chaque seconde ; il s'exprime en litre par mètre et par seconde (l/m/s).

La largeur de la bande exposée aux chocs mécaniques (*BCM*) est déterminée en fonction des phénomènes passés et des débits de franchissement calculés, selon les règles du guide EurOtop 2007 [17] résumées dans le tableau 15. L'aléa est fort dans toute l'emprise de la bande de choc mécanique du fait de l'intensité des phénomènes attendus (chocs de paquets de mer accompagnés de projections de galets, d'objets flottants, etc.).

Tableau 15 : Détermination de la largeur des bandes de chocs mécaniques.

Historique pour ce phénomène	Débits de franchissement (Qf)			
	Non calculé	Qf ≤ 0,1 l/m/s	0,1 < Qf ≤ 50 l/m/s	Qf > 50 l/m/s
		franchissement négligeable	Qf faible, effet local	Qf important, effet généralisé
Oui	25 m	25 m	25 m	50 m
Non	Pas de BCM	Pas de BCM		

Les débits de franchissements estimés pour les ouvrages littoraux, dans les conditions de mer correspondant au scénario de référence, et les largeurs de la bande de choc mécanique sont récapitulés dans le tableau 16. Les débits sont calculés pour les valeurs maximales de niveau marin et de la houle.

Tableau 16 : Caractéristiques de la bande de chocs mécanique pour le scénario de référence.

Section	Localisation	Débit de franchissement (Qf)	Largeur BCM	Événements historiques
H2	Digue d'Hermanville	< 50 l/m/s	25 m	-
L1	Perré du Bas Lion	< 50 l/m/s	25 m	-
L2	Boulevard maritime Lion-sur-Mer	< 50 l/m/s	25 m	-
L3	Boulevard maritime Lion-sur-Mer	< 50 l/m/s	25 m	-

a. Qualification de l'aléa de submersion marine

À partir des résultats de la modélisation hydrodynamique, une cartographie de l'aléa a été établie et transcrite sur un fond cartographique cadastral à l'échelle 1/5 000. Cette cartographie distingue quatre classes d'aléa établies selon des critères de hauteur d'eau et de vitesses d'écoulement dans la zone submergée (fig. 17).

Aléa submersion marine		Vitesse de l'écoulement		
		V < 0,2 m/s	0,2 < V < 0,5 m/s	V > 0,5 m/s
Hauteur d'eau	H < 0,5 m	Faible	Moyen	Fort
	0,5 < H < 1 m	Moyen	Moyen	Fort
	H > 1 m	Fort	Fort	Très fort

Figure 17 : Définition de l'aléa de submersion marine.

La description détaillée des zones exposées à l'aléa de submersion marine a fait l'objet d'un rapport spécifique [3] qui présente les résultats pour tous les scénarios étudiés. Les éléments relatifs au scénario de référence et au scénario à échéance de 100 ans sont résumés dans les chapitres suivants et les cartes d'aléas correspondantes sont annexées à cette note de présentation (carte hors texte⁶).

a. L'aléa pour le scénario de référence

L'aléa de submersion marine pour le scénario de référence (fig. 18) impacte surtout les communes de Ouistreham, Merville-Franceville Plage, Sallenelles, Amfreville et Ranville. Quelques enjeux sont également impactés dans la zone industrielle de Caen (cours Cafarelli) et à Mondeville (cours Montalivet).

6 Les cartes réduites sont présentées dans cette note à titre d'illustration. Seules les cartes annexées peuvent être utilisées pour l'évaluation de l'aléa.

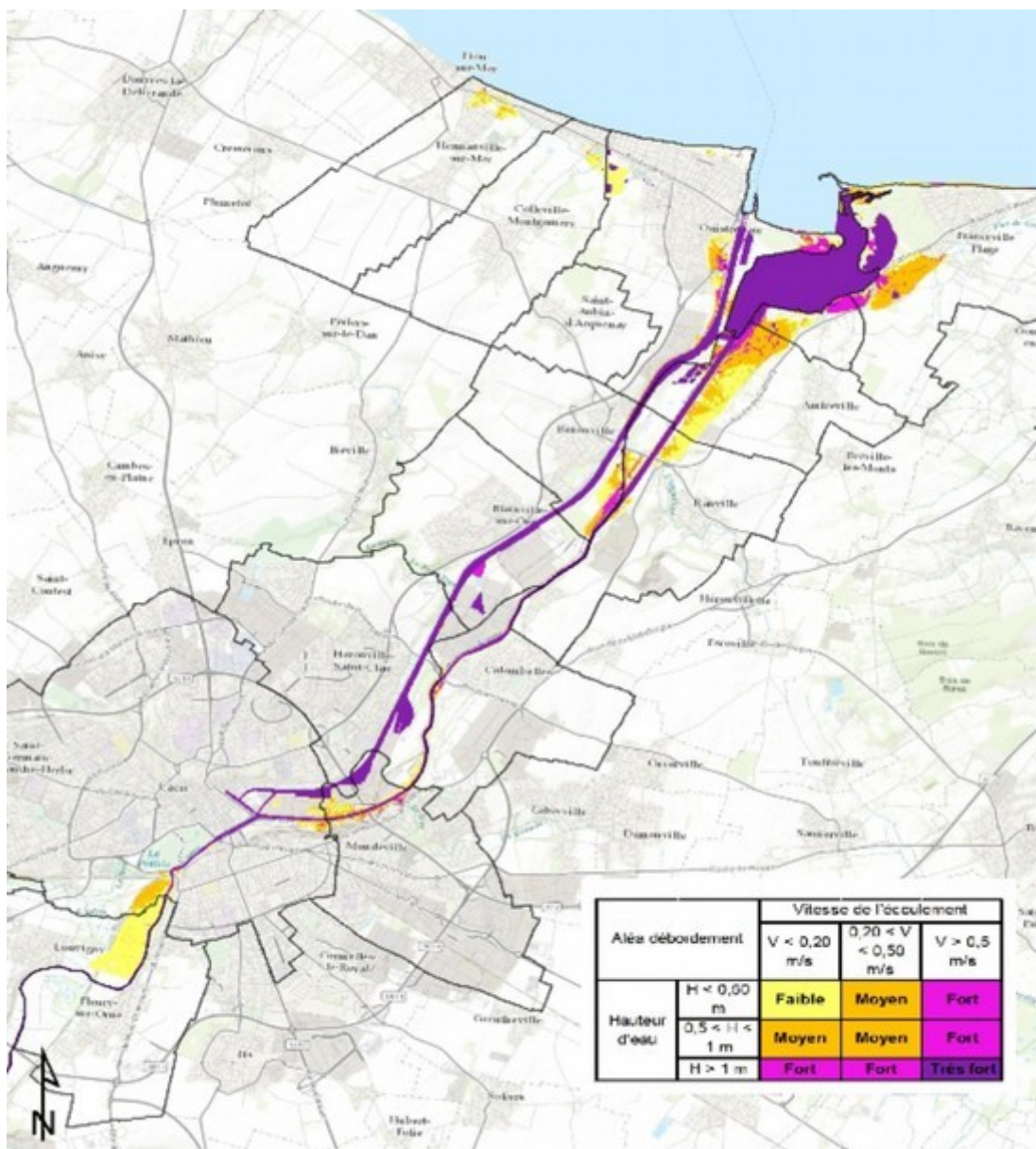


Figure 18: Vue d'ensemble de la carte d'aléa de submersion marine (scénario de référence)

La commune d'Hermanville est affectée par une entrée d'eau liée aux débits franchissant au niveau de la brèche d'Hermanville. Elle impacte une surface assez limitée et induit un aléa faible à moyen dans les quartiers de la Rosière et du Minotaure. L'aléa est localement fort sur la route qui relie la zone de chocs mécaniques à la zone basse (Rue de la Rosière). Une seconde entrée d'eau, n'impactant pas d'enjeu, est due à la défaillance de l'exutoire du ruisseau La Rosière.

La commune de Colleville Montgomery est soumise à un aléa faible de submersion sur la zone des Charmettes, entre la D514 (Route de Lion) et le ruisseau de la Rosière. Cet aléa traduit une entrée d'eau (hauteur inférieure à 0,50 m et vitesse réduite) provenant de la défaillance de l'exutoire au point CM1 (tab. 12). La partie ouest de la zone concernée est une zone habitable.

La commune de Ouistreham est affectée par l'aléa submersion au niveau du Canal de l'Orne et localement sur le secteur Riva Bella. Les submersions y sont causées par la combinaison de la

défaillance des ouvrages hydrauliques isolant le canal de la mer et des deux brèches imposées au modèle. Au niveau de Riva Bella, un aléa faible à moyen est induit par une surverse au niveau de la piscine, à l'Ouest de la Gare Maritime. L'entrée d'eau est très localisée la zone concernée ne dépasse pas le boulevard maritime.

Dans le centre-ville de Ouistreham, la submersion concerne une zone relativement importante autour de la station d'épuration et sur les zones basses avoisinantes. Cette zone est limitée par la rue de l'Union au Nord et par la rue Émile Herblin à l'Ouest. L'aléa est moyen à très fort sur une zone large de quelques centaines de mètres depuis la digue. L'emprise de la zone concernée par la submersion marine est sensiblement inférieure aux emprises des cartes (zones situées sous le niveau marin) et des zones inondables par l'Orne.

Le long du Canal de Caen à la mer, la submersion par surverse s'étend localement sur les deux rives (fossé de ligne à l'Ouest, route de la Pointe du Siège à l'Est) jusqu'au sud de la zone d'activité du Maresquier (pont de la D514, Bénouville). L'enveloppe est assez étroite mais caractérisée par un aléa moyen à fort. Les entrées d'eau sont liées à la défaillance de l'ouvrage hydraulique du déversoir du Maresquier (O5) et à la brèche modélisée sur la rive opposée, au niveau de la déchetterie (O4).

Dans l'estuaire de l'Orne, toutes les zones *intertidales* sont évidemment submergées. Une grande partie des rives est soumise à la surverse (Sallenelles, Amfreville, Ranville), en plus des deux brèches M3 et M4 au niveau des Terrains François. Les zones basses correspondant à la baie de l'Orne sont caractérisées par une enveloppe de submersion étendue, avec un aléa moyen à fort. C'est le cas de la Pointe du Siège et de la Pointe de la Roque. La submersion s'étend dans l'estuaire jusqu'au Sud du déversoir du Maresquier et jusqu'au Marais de Venoix (à hauteur de la Haute Ecarde).

Sur la rive Est de l'estuaire de l'Orne, les communes de Merville – Franceville Plage et de Sallenelles sont fortement impactées. Les entrées d'eau au niveau des brèches M3 et M4 induisent un aléa fort à très fort sur des secteurs sans enjeux.

La commune de Merville – Franceville Plage est touchée par un aléa de submersion moyen à fort sur sa partie Ouest, avec des entrées d'eau par la mer au niveau du Banc des Oiseaux et par débordement via deux brèches (M3 et M4) de l'Orne au niveau du Gros Banc. La zone basse (et des terrains agricoles incluant le Moulin du Buisson) délimitée au sud par le chemin des Banques et au Nord par la D514 sont inondées. La submersion s'arrête juste avant le hameau de Franceville plage (avenue 18 août 1944) et le hameau du Buisson (au Nord).

Les communes de Sallenelles, d'Amfreville, de Ranville et de Bénouville sont concernées par un aléa moyen de submersion qui s'étend sur la totalité de la zone basse comprise entre les Terrains François (au nord) et le Pont de Ranville (RD514) au sud, en incluant le secteur de l'Herbette, du Marais de Cagny, et de la Haute Ecarde. Les entrées d'eau sont liées à la surverse des digues des marais le long de l'Orne dans la zone de l'Herbette et du Marais de Cagny, et à la défaillance des vannes du Flet de Graye. Ces inondations affectent principalement des terrains agricoles ou naturels.

Au Sud de Ranville, la submersion ne concerne que des zones plus restreintes le long de l'Orne (aléa faible à moyen).

Dans la zone amont, les submersions sont limitées avec une surverse locale le long de l'Orne à Colombelles (sans enjeu), et dans la zone industrielle qui s'étend aux confins de Mondeville et de Caen (aléa faible à moyen avec d'importants enjeux). À Caen, le Sud du Bassin Saint-Pierre est

également affecté.

Une vaste zone agricole est concernée par un aléa faible à moyen de submersion sur la commune de Louvigny, et en plus faible proportion sur la commune de Fleury-sur-Orne

b. L'aléa pour le scénario à échéance 100 ans

L'aléa de submersion pour le scénario à échéance 100 ans impacte surtout les communes de Ouistreham, de Merville-Franceville Plage, de Sallenelles, d'Amfreville, de Ranville et de Bénouville. De manière générale, l'aléa de submersion pour ce scénario est sensiblement plus marqué (emprises plus étendues et degré supérieur) que pour le scénario de référence (+0,20 m).

À Hermanville et Colleville-Montgomery, l'aléa submersion est très comparable à celui du scénario de référence. La faible capacité des exutoires limite en effet les volumes entrants.

À Ouistreham, au niveau de Riva Bella, de nouveaux enjeux sont concernés. Dans le centre-ville de Ouistreham, les différences sont importantes, la submersion s'étendant plus loin dans les quartiers résidentiels avec un aléa plus fort que dans le scénario de référence.

À Merville-Franceville, le niveau d'eau plus élevé et donc les plus grands volumes entrant par les brèches ont un impact très important sur la submersion, qui couvre maintenant un gros tiers des quartiers résidentiels de la commune, avec un aléa moyen à très fort. Par comparaison, aucun enjeu n'est touché dans le scénario de référence.

Le long du Canal de Caen à la mer et surtout dans l'estuaire de l'Orne (communes de Sallenelles, d'Amfreville, de Ranville et de Bénouville), une *surverse* importante se traduit par un aléa fort à très fort sur les zones basses. Des enjeux isolés sont concernés, par exemple à Sallenelles et à Amfreville.

À Colombelles, dans la zone industrielle de Mondeville et Caen, ainsi que sur les terrains agricoles à Louvigny, et sur Fleury-sur-orne, l'aléa de submersion est peu différent de celui correspondant au scénario de référence.

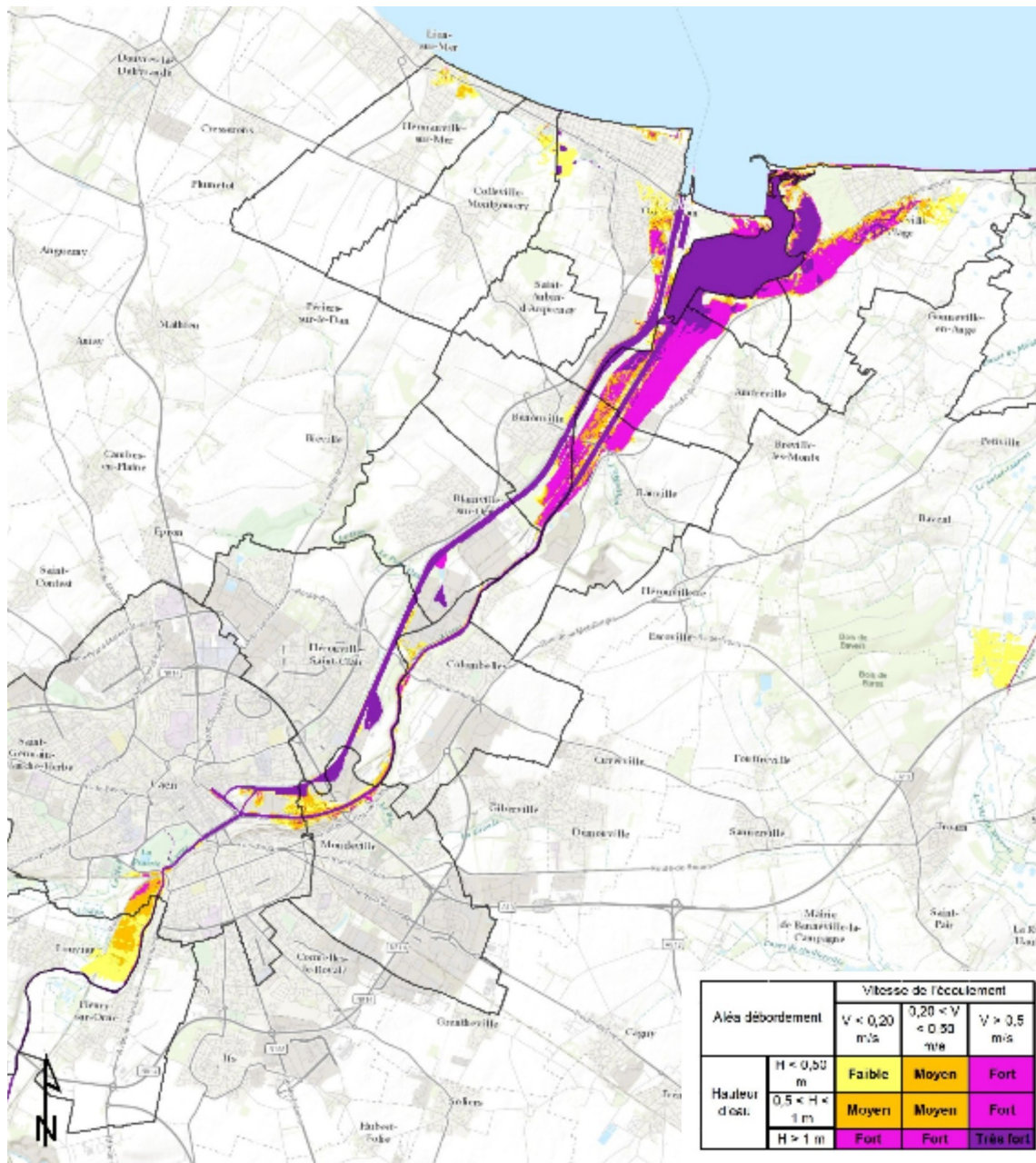


Figure 19: Vue d'ensemble de la carte de l'aléa de submersion pour le scénario à échéance 100 ans.

III.2.7. L'érosion côtière

Deux aspects de ce phénomène sont pris en compte pour l'élaboration du PPRN : l'érosion à moyen et long terme et les reculs instantanés durant les tempêtes. Ces manifestations de l'érosion côtière sont analysées selon des méthodologies spécifiques et aboutissent à une qualification de l'aléa d'érosion.

III.2.7.1. La migration dunaire

a. Contexte morphologique

« Les dunes du Calvados prennent souvent la forme d'un cordon dunaire très bas et dégradé qui ne remplit plus son rôle régulateur et protecteur » [14]. Actuellement, le littoral du Calvados ne possède pas de grands ensembles dunaires en raison d'une forte pression anthropique, notamment la forte urbanisation depuis le XIX^e siècle, mais surtout depuis les années 1960.

« Le XIX^e siècle marque une étape importante dans l'évolution des systèmes dunaires calvadosiens » [13], au motif que les premières stations balnéaires et infrastructures associées ont été construites. « Les dunes littorales du Calvados ont connu une occupation mesurée et des aménagements légers au départ, puis une accélération assez nette après la Seconde Guerre mondiale et surtout après les années 1960 (« l'ère du béton »), une accélération qui trouve ses origines dans le développement de la société de consommation et le bond en avant du tourisme » [13].

La zone d'étude est très variée sur le plan géomorphologique. A l'Ouest, elle est caractérisée par la Pointe du Siège, une puissante flèche sableuse barrant l'embouchure de l'Orne à Ouistreham. Dans la partie Est de l'estuaire, les dunes de Merville – Franceville s'inscrivent dans le système dunaire le plus étendu du Calvados. Elles sont situées dans une zone d'engraissement qui est favorisée par la présence au large de bancs de sable atténuant les effets de la houle et favorisant la formation d'avant dunes, qui sont elles-mêmes précédées par des dunes pionnières (Petit-Berghem et. al., 2010). Cependant les falaises dunaires sont peu étendues et principalement visibles à proximité de brèches et près de la base nautique. La forte fréquentation du site a d'ailleurs contribué à la formation de dunes mobiles libres qui montrent la forte dégradation du système dunaire.

b. Caractérisation de l'aléa de migration dunaire

Une analyse globale, menée à partir des orthophotoplans de 1947, 1966, 1992 et 2009 [3] a permis d'analyser les évolutions du cordon dunaire sur cette période.

Les critères utilisés pour l'identification et la délimitation des dunes sont la végétation (présence de végétation spécifique sur les fronts de dunes) et la présence d'éléments tels que :

- des habitations et jardins clôturés sur les dunes, à moins qu'il y ait des signes clairs de progression de la végétation dunaire ;
- des étiers ou marais salants situés directement derrière la dune et qui sont généralement des points bas ;
- des zones de végétations plus denses ;
- des routes goudronnées, formant une barrière à la progression de la végétation dunaire.

Du fait de l'érosion et des interférences humaines, les dunes sont caractérisées par une densité importante d'ouvrages de protection. Aucun indice de migration dunaire n'a été identifié et l'aléa de migration dunaire est donc considéré comme négligeable sur la zone d'étude.

III.2.7.2. L'érosion des côtes sableuses

Indépendamment des migrations dunaires, les côtes sableuses évoluent sous l'effet des courants et des tempêtes. La dynamique locale des côtes sableuses a été étudiée selon deux approches complémentaires :

- une analyse diachronique du trait de côte, réalisée à partir d'orthophotographies et des traits de côte historiques fournis par le Centre de recherches en environnement côtier (CREC) [3] ;
- une modélisation⁷ morphodynamique d'évolution du trait de côte [3].

L'aléa de recul du trait de côte à moyen et long terme a été caractérisé et qualifié à partir des éléments issus de ces deux approches et en intégrant certains ouvrages.

a. L'érosion moyenne à long terme

Les principaux résultats, obtenus par tronçons homogènes de la côte dans la zone d'étude, sont résumés dans le tableau 17.

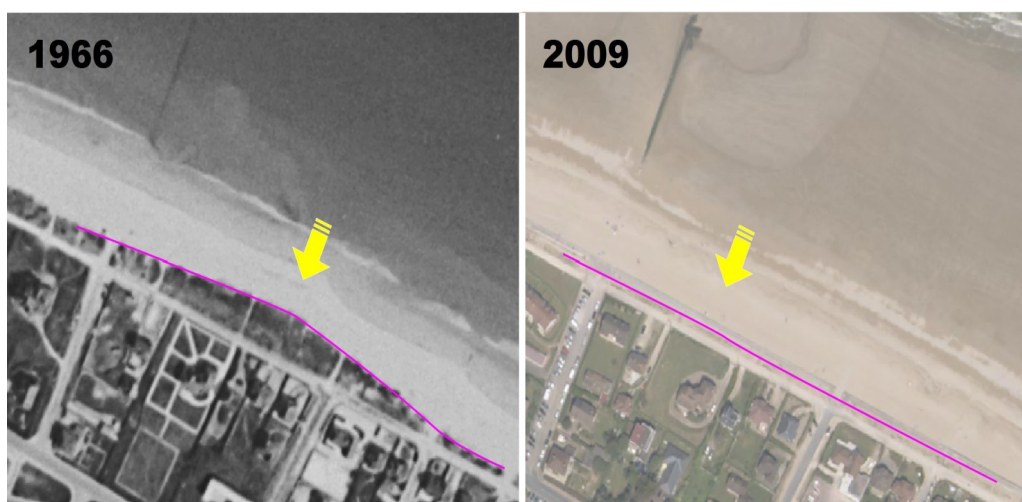


Figure 20 : Exemple de variation du trait de côte à Hermanville.

Tableau 17 : Érosion moyenne à long terme des côtes basses et meubles.

Section	Localisation	Lit-pack	Étude diachronique			Synthèse
			1966-2009	1992-2009	TC CREC	
DOSH4	Cordon dunaire de Varaville – Franceville-Merville-Plage	S		S	A	→ Stabilité
	Dunes de Ouistreham	A	A	-	A	→ Stabilité
DOSH10	Perré de Ouistreham	A	A	-	A	→ Stabilité
DOSH11	Cordon dunaire de Colleville et perré de Hermanville	A	S	-	S	→ Stabilité
L1, L2, L3	Lion-sur-Mer	E	E	-	-	→ Recul
E côte en érosion, S côte stable, A côte en accrétion						

7 Modèle Litpack

La côte apparaît donc ici comme stable à moyen et long terme, dans les hypothèses retenues, à l'exception de la zone de Lion-sur-Mer qui montre une tendance localisée au recul.

b. L'érosion ponctuelle

L'érosion ponctuelle peut être potentiellement causée par l'événement de référence. Elle est déterminée par modélisation [3]. Le modèle utilisé ne prend pas en compte l'effet des ouvrages de protection, mais permet de déterminer la position de la côte si aucun ouvrage n'était présent. On retient, pour chaque secteur étudié, le recul maximal obtenu en considérant deux scénarios de période de retour centennale, l'un avec un régime d'Ouest et l'autre avec un régime de Nord.

Le tableau 18 récapitule, par section homogène, les valeurs du recul maximal et les valeurs de recul moyen. C'est cette valeur moyenne qui est prise en compte pour la qualification de l'aléa d'érosion.

Tableau 18 : Érosion ponctuelle et érosion moyenne pour l'événement de référence.

Section	Localisation	Érosion ponctuelle maximale	Recul moyen par section homogène
DOSH4	Cordon dunaire de Varaville – Franceville-Merville-Plage	17,0 m	5,0 m
DOSH9	Dunes de Ouistreham	12,0 m	4,0 m
DOSH10	Perré de Ouistreham	20,0 m	10,0 m
DOSH11	Cordon dunaire de Colleville et perré de Hermanville	22,0 m	9,0 m
L1	Plage du Bas Lion	10,0 m	

Des reculs ponctuels, correspondant à l'érosion de la plage durant un événement tempétueux, existent notamment à Ouistreham. Il n'y a toutefois pas de tendance à l'érosion à long terme. Les ouvrages de protection se situent en arrière du trait de côte (sur la plage, défini par le niveau d'eau de référence) et n'empêchent donc de toute façon pas ce recul. Les reculs ponctuels impacteront donc la partie située avant l'ouvrage.

c. Le recul total du trait de côte

Ce recul est estimé par combinaison du recul annuel moyen et du recul ponctuel (tab. 19). Il est important de considérer que ce recul potentiel ne concerne que la zone située à l'avant des ouvrages.

Tableau 19 : Recul total du trait de cote à échéance 100 ans.

Section	Localisation	Recul annuel moyen	Recul ponctuel Lmax	Recul total à échéance 100 ans Ltot
DOSH4	Cordon dunaire de Varaville – Franceville-Merville-Plage	0,0 m/an	5,0 m	5,0 m
DOSH9	Dunes de Ouistreham	0,0 m/an	4,0 m	4,0 m
DOSH10	Perré de Ouistreham	0,0 m/an	10,0 m	10,0 m
DOSH11	Cordon dunaire de Colleville et perré de Hermanville	0,0 m/an	9,0 m	9,0 m
L1, L2, L3	Littoral Lion-sur-Mer	0,3 m/an	10,0 m	40,0 m

d. L'aléa d'érosion des côtes sableuses

Cet aléa est très limité sur la zone étudiée du fait de l'existence de nombreux ouvrages à l'arrière du trait de côte. Les zones concernées se situent à Colleville-Montgomery, Ouistreham et Merville-Franceville-Plage.

Toutes les zones concernées sont exposées à un aléa fort. L'apparition du phénomène se traduit en effet par la destruction de la zone érodée.

III.2.7.3. L'érosion des falaises

Ce phénomène ne concerne que l'extrémité ouest de la zone étudiée, sur la commune de Lion-sur-Mer.

Dans le cadre du *PPRN multirisques*, l'objectif est d'identifier les zones exposées du fait des mouvements de terrain susceptibles d'affecter les zones surmontant la falaise. L'emprise des zones exposées dépend de la période de référence considérée (et non de la période de retour au sens strict) et des phénomènes de référence qui sont retenus.

Ce chapitre présente la méthode et la cartographie de l'aléa lié au recul des falaises de la zone d'étude. Cet aléa est indépendant de l'aléa de submersion et, si les tempêtes ont une influence sur l'évolution des falaises, il n'existe pas de lien systématique de cause à effet entre tempêtes et recul des falaises, contrairement à ce qui se produit pour le recul et le franchissement des côtes sableuses.

Cet aléa est fortement lié aux caractéristiques mécaniques des terrains qui forment les falaises et à la dynamique des mouvements de terrain qui les affectent (glissements, éboulements, etc.). Il intègre une évolution à moyen et long terme et une évolution instantanée, qui sont analysées par des méthodes différentes.

Le littoral de la commune de Lion-sur-Mer est pour partie formé par une falaise calcaire haute d'une dizaine de mètres. Cette falaise se développe sur la partie Nord-Ouest de la commune.



Figure 21 : La falaise littorale à Lion-sur-Mer.

a. Le contexte géologique

La carte géologique montre qu'à hauteur de Lion-sur-Mer, les falaises sont formées par des calcaires du Bathonien supérieur (dits « calcaires de Langrune »⁸). Ces calcaires, épais de 8 à 10 m, forment les falaises littorales de Lion-sur-Mer ainsi que les rochers littoraux. Ils sont surmontés par des marno-calcaires du Bathonien supérieur (dits « Argiles de Lion-sur-Mer »)⁹ épais de quelques mètres qui forment le sommet de la falaise entre Lion-sur-Mer et Luc-sur-Mer. Au-dessus des Argiles de Lion-sur-Mer, on trouve une formation argileuse datée du Callovien basal et du Bathonien terminal¹⁰.

À l'arrière de la falaise littorale, on rencontre le cordon dunaire, des dépôts marins anciens et des loess (« limons des plateaux »). Ces formations superficielles n'ont pas d'incidence sur la dynamique de la falaise littorale.

b. Evolution des falaises et mouvements de terrain

Les falaises côtières sont soumises à une érosion qui se traduit par divers phénomènes naturels qui se combinent dans l'espace et dans le temps.

À Lion-sur-Mer, ces phénomènes se manifestent par un recul progressif des falaises mais aussi par des mouvements de terrain localisés (chutes de blocs et glissement de terrain). Ces mouvements de terrains localisés affectent notamment la partie sommitale de la falaise.

8 j2 g. Calcaire de Langrune (Bathonien supérieur). Calcaire bioclastique et oolithique à stratification oblique. (Rioul M. *et al.*, 1989).

9 j2h. Argiles de Lion-sur-Mer (Bathonien terminal). Argiles, marnes à petits bancs calcaires biomicritiques. (Rioul M. *et al.*, 1989).

10 j2h 3a. Callovien basal – Bathonien terminal (faciès Cornbrash indifférencié). (Rioul M. *et al.*, 1989).

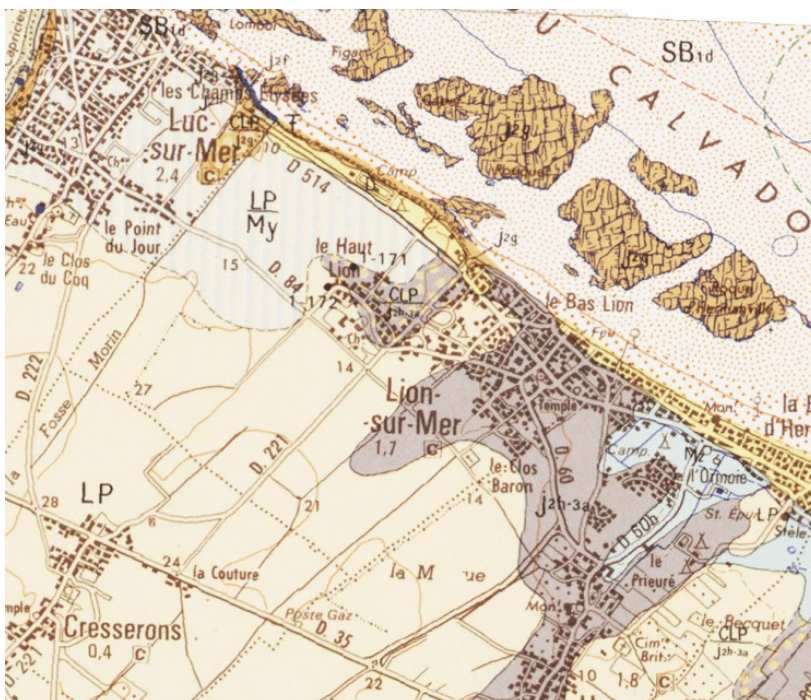


Figure 22 : Extrait de la carte géologique de la zone de falaise (source BRGM).

a. Recul diffus généralisé

Le recul généralisé de la falaise traduit l'érosion diffuse qui l'affecte mais aussi les multiples mouvements ponctuels de faible ampleur (petits glissements dans les marnes ou les formations superficielles, chutes de pierres et de blocs) qui se développent dans l'escarpement ou en tête de falaise.

Ce phénomène peut être apprécié sur des périodes longues (plusieurs décennies ou plusieurs siècles) et quantifié par un taux de recul annuel moyen (Tx). Cette approche ne doit évidemment pas occulter le fait que les reculs ponctuels instantanés peuvent être très supérieurs au taux annuel moyen.

L'objectif de cette analyse diachronique est de tenter d'évaluer la situation future à une échéance donnée (un siècle dans le cadre du *PPRL*). Elle ne permet en aucun cas d'apprécier le recul maximal potentiel dans une zone donnée. En effet, les données disponibles ne portent que sur des périodes très courtes (quelques années à quelques dizaines d'années) qui ne sont pas représentatives de phénomènes qui se développent sur des périodes longues (plusieurs millénaires).

b. Recul ponctuel

Lorsque la zone de départ d'un mouvement de terrain (glissement de terrain ou chutes de pierres ou de blocs) se situe en tête de falaise, le phénomène peut induire un recul ponctuel significatif de la falaise. Ces reculs ponctuels peuvent affecter des zones dont la largeur est de quelques mètres à quelques dizaines de mètres. Il s'agit donc de phénomènes instantanés qui sont intégrés dans le recul généralisé diffus mais qui peuvent correspondre à un recul équivalent à plusieurs décennies de recul annuel moyen.

c. Objectifs de l'analyse

Dans le cadre du *PPRL*, l'objectif est d'identifier les zones exposées du fait des mouvements de terrain susceptibles d'affecter les zones surmontant la falaise. Cette exposition dépend de la période de référence considérée (et non de la période de retour¹¹) et des phénomènes de référence qui sont retenus.

Remarque

Les zones de propagations qui s'étendent en contrebas de la falaise ne font pas ici l'objet d'une analyse spécifique : il s'agit par définition de zones maritimes submergées en permanence et/ou directement exposées aux effets des tempêtes. Ces zones sont identifiées à titre indicatif.

d. Méthodologie

L'analyse détaillée de la falaise, pour tenter d'identifier des zones fragiles et instables n'est pas possible dans le cadre du *PPRL*. L'approche retenue repose donc sur :

- l'estimation du taux de recul annuel moyen à partir d'analyse diachroniques ;
- l'évaluation des largeurs maximales exposées par des phénomènes ponctuels de grandes ampleur.

L'occurrence du phénomène de grande ampleur est considérée comme certaine dans la zone d'étude.

La période de référence pour l'évolution du trait de côte est de 100 ans (conformément aux préconisations du guide méthodologique).

L'intensité probable du phénomène de référence est toujours forte : ces phénomènes impliquent une destruction ou une déstructuration complète des terrains affectés et donc une destruction totale ou un endommagement sévère de toutes les constructions ou infrastructures concernées.

e. Phénomènes de référence retenus

L'évolution du trait de côte intègre les mécanismes suivants :

- le recul annuel moyen ;
- le recul induit par des mouvements ponctuels d'ampleur limitée ;
- le recul induit par les glissements de grande ampleur.

Le guide méthodologique pour l'élaboration des *PPRL* (DGPR *et al.*, 2014) propose d'estimer la largeur de la zone exposée selon la règle suivante :

$$L = T \times Tx + L_{\max}$$

L : largeur totale de la zone exposée

T : période de référence T de 100 ans

11 La notion de période de retour n'a aucune signification en matière de mouvements de terrain.

Tx : taux annuel moyen de recul de la falaise

Lmax : largeur maximale affectée par un phénomène ponctuel de grande ampleur

Les reculs ponctuels liés aux mouvements d'ampleur limitée sont intégrés au recul sur la période de référence et ils sont, par définition, toujours inférieurs aux reculs induits par les phénomènes de grande ampleur. Ils n'apparaissent donc pas de manière explicite dans la méthode proposée.

a. Évaluation du taux annuel

Le taux annuel moyen (Tx) peut être estimé à partir d'analyse diachronique des photographies aériennes si la précision est suffisante ou à partir de compilation de données historiques disponibles.

La bibliographie disponible (tableau ci-après) propose des taux annuels moyens de 0,22 m/an (de 0,15 m/an à 0,29 m/an pour des sites situés sur les falaises crayeuses de Haute-Normandie [8]). Nous ne disposons pas d'estimation sur la zone de Lion-sur-Mer.

Les traits de côtes établis à partir des données disponibles (orthophotoplans 1947 et 2009, photographies aériennes 1972 et topographie LIDAR) montrent que, sur la zone étudiée (voir figures 23 et 4), le recul annuel moyen est de 0,13 m/an (estimation selon la méthode EPR).

Cette valeur moyenne recouvre toutefois des variations très marquées selon les secteurs : les reculs par zone varient de 1 m à 15 m pour une période de référence de 37 ans (1972 – 2009), soit des taux annuels compris entre 0,02 m/an et 0,40 m/an.

Tableau 20 : Synthèse des taux annuels moyens de recul de la falaise.

Taux annuel moyen (Tx)	Sources
0,22 m/an	Letortu, 2013 [8]
0,12 m/an	Maquaire et al., 1988
0,13 m/an	Photographie aérienne 1972 / Ortho 2009



Figure 23 : Position des traits de côte en 2009 (en jaune) et 1972 (en vert) pour la zone de falaise.

Pour tenir compte des multiples incertitudes dans l'identification du trait de cotes (qui correspond ici à la tête de falaise), et de la fréquence empirique des retraits observés, l'emprise de la zone considérée comme exposée au recul de falaise été définie à partir des taux annuels moyens le long de la falaise (1 point de calcul tous les 20 m).

Le recul total pris en compte intègre, en outre, une bande de 10 m qui correspond à l'incertitude sur les mesures.

b. Recul instantané maximal

Ce recul correspond à l'emprise des plus forts mouvements de terrain instantanés qui sont susceptibles d'affecter la falaise. Dans le cas de Lion-sur-Mer, on a considéré les hypothèses suivantes :

- compte tenu de la hauteur limitée de la falaise, la bande d'incertitude de 10 m intègre un éboulement massif (largeur équivalente à la hauteur de la falaise) ;
- les glissements ou petits éboulements rocheux qui peuvent affecter le sommet de la falaise concernent une emprise estimée à 5 m.

Une bande d'une largeur de 5 m a donc été ajoutée à la zone exposée au recul.

f. L'aléa de recul de falaise

À partir de l'analyse du recul de la falaise (voir chapitre b) la zone exposée est définie par :

- la largeur déterminée à partir du taux annuel moyen de recul au droit du point considéré ;
- une bande de 10 m (incertitude) ;
- une bande de 5 m (phénomène localisé).

L'emprise ainsi définie est lissée pour atténuer l'effet des variations très locales du trait de côte. La totalité de cette emprise est considérée comme exposée à un aléa fort.



Figure 24 : Zone exposée à un aléa fort de recul de la falaise littorale.

III.2.8. Les inondations par l'Orne et ses affluents

III.2.8.1. Caractérisation de l'aléa inondation

Les inondations par débordement de cours d'eau sont prises en compte à partir des éléments figurant dans le *PPRI* de la basse vallée de l'Orne approuvé le 10 juillet 2008. Il porte sur les inondations de l'Orne et de ses principaux affluents (la Laize, l'Odon, la Gronde, le Dan et l'Aiguillon).

a. Crue de référence

Les analyses menées lors de l'élaboration du *PPRI* de la basse vallée de l'Orne ont montré que les débits et les volumes écoulés lors de la crue de décembre 1925 – janvier 1926 sont peu différents des estimations obtenues pour une crue théorique centennale. Le débit de pointe (c'est-à-dire le débit maximal instantané) de cette crue fut de 600 à 650 m³/s et le volume total écoulé a été estimé à 260 millions de mètres cubes sur 17 jours de débordement.

Conformément aux principes d'élaboration des *PPRN* (cf. paragraphe III.2.4), cette crue historique a

donc été retenue comme crue de référence pour les inondations de l'Orne.

Pour les affluents de l'Orne, la crue de référence considérée pour l'élaboration du *PPRI* de la basse vallée de l'Orne est celle de janvier 1995 [15]. Les données relatives à cette crue ont été complétées par une analyse *hydrogéomorphologique*.

b. Prise en compte des ouvrages de protection

Le *PPRI* approuvé le 10 juillet 2008 constitue une révision du *PPRI* du 18 octobre 1999. Le *PPRI* de la basse vallée de l'Orne intègre les effets des divers aménagements réalisés entre 2000 et 2005 pour lutter contre les inondations de l'Orne et notamment [15] :

- un chenal sec à Louvigny qui facilite l'écoulement dans la plaine d'inondation de l'Orne ;
- une digue de protection à Louvigny qui a pour objectif de protéger des crues le bourg de cette commune ;
- une digue de protection à Fleury-sur-Orne pour protéger des crues les habitations localisées le long de l'Orne ;
- l'aménagement du secteur « de la Cavée » avec un *reprofilage* du lit de l'Orne permettant d'améliorer les écoulements ;
- l'arasement des quais sous-fluviaux sur la commune de Caen qui permet d'augmenter la section hydraulique de la rivière ;
- la création d'un chenal entre l'Orne et le canal maritime, parallèle à l'avenue Victor Hugo, destiné à faire transiter une partie du débit de l'Orne en période de crue via le canal maritime ;
- la création du déversoir du Maresquier entre le canal maritime et l'Orne, au niveau de la baie de Sallenelles, destiné à restituer à l'Orne une partie du débit qui aura au préalable transité par ce canal ;
- un ensemble de mesures de protections ponctuelles constituées, notamment, par des merlons de terre le long des berges de l'Orne.

c. Caractérisation de l'aléa

Les inondations de l'Orne et de ses affluents ont été étudiées lors de l'élaboration du *PPRI* de la basse vallée de l'Orne approuvé en 2008. Le PPR multirisque de la basse vallée de l'Orne intègre les cartographies des aléas établies dans ce cadre.

Ces cartes traduisent les résultats de modélisations hydrauliques unidimensionnelles et bidimensionnelles ainsi que des analyses hydrogéomorphologiques pour certains secteurs.

L'aléa a été déterminé selon les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement estimées (tab. 21). Les seuils de hauteur et de vitesse retenues sont compatibles avec les préconisations du guide méthodologique pour l'élaboration des *PPRI* [11].

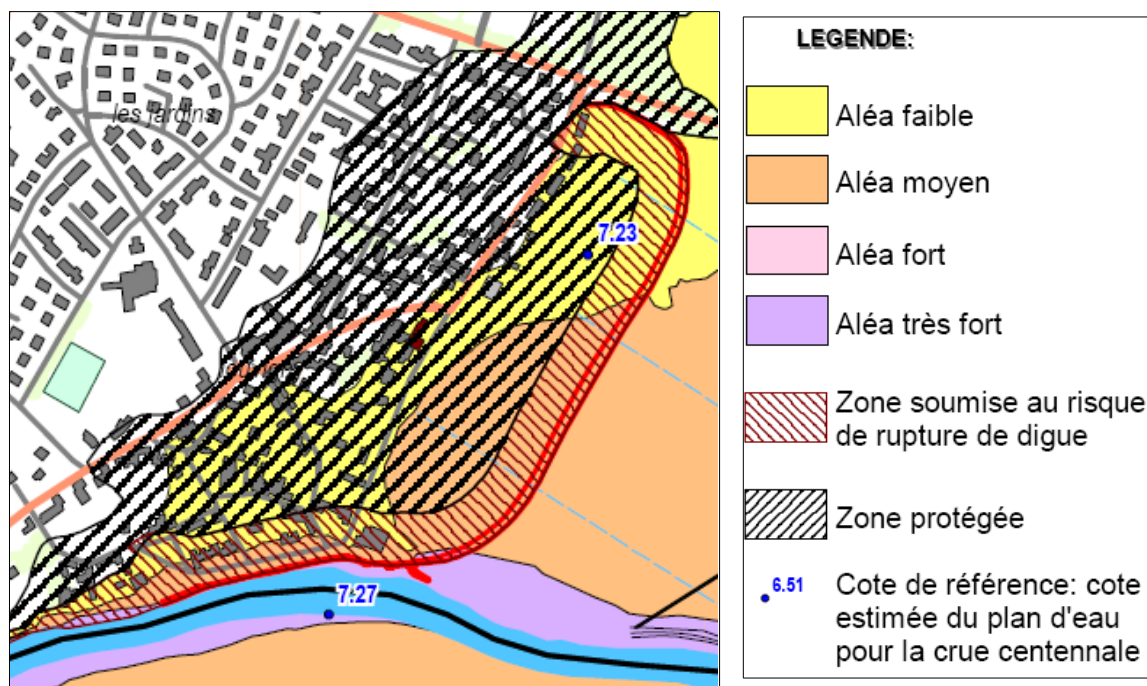
Tableau 21 : Critères de qualification de l'aléa d'inondation utilisés pour le PPRI de la basse vallée de l'Orne.

Aléa d'inondation	Hauteur d'eau	
	Hauteur d'eau inférieure à 1 m	Hauteur d'eau supérieure à 1 m
Vitesses		
Vitesse inférieure à 0,50 m/s	Aléa faible	Aléa moyen
Vitesse supérieure à 0,50 m/s	Aléa fort	Aléa très fort

Des zones spécifiques, correspondant aux secteurs protégés par des digues ou des remblais, sont

identifiés sur la carte des aléas par des hachures (fig. 25).

- les hachures rouges identifient les zones situées immédiatement à l'arrière des digues et qui sont donc directement exposées en cas de rupture ou de submersion. Ces zones sont soumises aux conséquences des ruptures de digues.
- les hachures noires *avec aléa* identifient les secteurs protégés qui se situent à une altitude inférieure à la cote atteinte par la crue de référence.
- les hachures noires *sans aléa* identifient les secteurs exposés aux inondations pour la crue de référence mais qui ne sont pas inondés si l'ensemble des dispositifs de lutte contre les inondations fonctionne de « manière optimum » [15].



Cote de référence (ouvrages non fonctionnels)

Cote de référence (ouvrages fonctionnels)

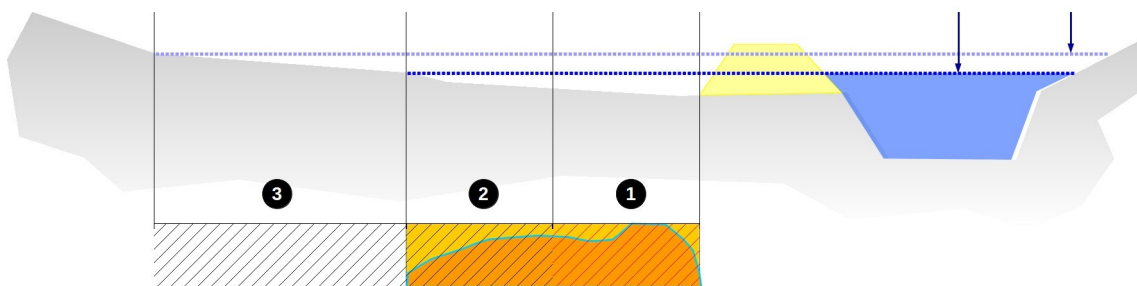


Figure 25 : Les zones identifiées sur la carte de l'aléa d'inondation du PPRI de la basse vallée de l'Orne approuvé en 2008.

IV. Les enjeux

La politique de prévention des risques naturels vise notamment à limiter l'extension des zones à risques et à réduire les risques dans les zones actuellement exposées. Pour le *PPRN* multirisques de la basse vallée de l'Orne, cette stratégie de prévention des risques se traduit notamment par :

- des mesures de *mitigation* et de réduction de la *vulnérabilité* pour les projets dans les zones à enjeux exposées à un aléa ;
- des mesures strictes de limitation des implantations nouvelles dans des zones actuellement sans enjeux et exposées à un aléa.

La démarche d'élaboration des *PPRN* implique donc la définition et l'identification des zones à enjeux et des zones sans enjeux dans le périmètre du *PPRN*.

IV.1. Définition

Les enjeux pris en compte correspondent à l'ensemble des personnes, des activités et des biens existants lors de l'élaboration du *PPRN*. Cette définition très large doit toutefois être nuancée et précisée pour permettre une analyse concrète à l'échelle de la zone étudiée.

L'identification des enjeux n'a en effet pas pour objectif d'établir une analyse exhaustive et détaillée du contexte socio-économique sur le territoire du *PPRN*. Elle ne vise pas non plus à fournir une évaluation de la vulnérabilité (cf. chapitre IV.3).

IV.2. Les enjeux dans le PPRN

Compte tenu des objectifs du *PPRN* et de ses modalités d'application, les enjeux sont essentiellement pris en compte au travers de l'occupation actuelle des sols et, de manière exceptionnelle, en intégrant des projets d'aménagement jugés essentiels pour les collectivités concernées (projets considérés comme structurants pour le territoire).

La carte des enjeux élaborée dans le cadre du *PPRN* a donc pour principal objectif de permettre de distinguer les zones actuellement urbanisées (au sens large de ce terme) des zones agricoles ou naturelles.

Remarque. Les notions de « zone urbanisée » ou de « zone non urbanisée » utilisées ici peuvent différer sensiblement des concepts similaires utilisés pour les documents d'urbanisme ou d'aménagement du territoire.

IV.2.1. Typologie des enjeux

Pour permettre la cartographie des enjeux, quatre catégories principales d'occupation du sol ont été distinguées :

- les zones urbanisées ;
- les zones de projet structurants ;
- les zones de loisirs ;
- les zones naturelles et agricoles.

Comme détaillé dans le tableau ci-après, diverses sous-catégories ont été définies pour chaque catégorie principale afin de faciliter la définition de dispositions réglementaires adaptées.

Tableau 22 : Détail de la typologie de l'occupation du sol pour la cartographie des enjeux.

Catégorie	Sous-catégories
Zone urbanisée	Centre urbain
	Espaces urbanisées
	Espace d'activités
	Cimetières
Zones de loisirs	Campings, parc résidentiels de loisirs, habitations légères de loisirs
	Terrains de sports
	Centre équestre
Zones naturelle et agricole	Construction isolée
	Espace agricole
	Espace naturel
	Surface en eau et eaux libres

Une zone particulière a été créée pour localiser la zone d'aménagement de Caen Presqu'île. Elle a été délimitée à partir des documents disponibles (fig. 26).

AIQUE



Figure 26 : Projet d'aménagement structurant de Caen Presqu'île intégré à la carte des enjeux (DDTM).

IV.2.2. Prise en compte des personnes

La présence de personnes potentiellement exposées aux phénomènes étudiés est prise en compte de manière implicite : elle est associée à la fréquentation des constructions (habitations, bâtiments industriels, etc.) mais ne fait pas l'objet d'une évaluation spécifique.

La présence possible de personnes isolées (promeneurs, usagers de routes, piétons en zone urbaine, etc.) ne constitue pas un enjeu au sens des *PPRN* et plus spécifiquement du *PPRN* multirisque de la Basse Vallée de l'Orne.

IV.2.3. Prise en compte des projets

Le principe général de prise en compte des enjeux est d'intégrer l'occupation du sol constatée lors des phases d'études du *PPRN*. Les zones dédiées à l'urbanisation future pouvant être identifiées dans les documents d'urbanisme existants (*PLU*) ne sont donc pas intégrées dans les enjeux du *PPRN*.

Par exception à ce principe général, certains projets devant être concrétisés à très court terme et pour lesquels les maîtres d'ouvrages et les financements sont clairement définis peuvent être pris en

compte. Ces enjeux particuliers sont identifiés dans le cadre de la concertation.

Ainsi, le projet d'aménagement « Caen presque-île » ainsi que ceux portant sur l'aménagement du centre historique reconstruit de Caen ont été pris en compte dans le PPR multi-risques.

Engagé après l'approbation du PPR inondation de la basse vallée de l'Orne, en 2008, ce projet « Caen-presqu'île » a pour ambition de reconquérir un territoire de plus de 300 hectares, essentiellement composé de friches et de secteurs en mutation, avec pour objectif de lutter contre l'étalement urbain, autour d'un projet structuré qui s'inscrit dans le cadre d'un plan-guide. L'élaboration de ce projet d'intérêt majeur (PIM) est le fruit d'un travail concerté entre les membres de la Société Publique Locale d'Aménagement (SPLA) créée en 2010 (région Normandie, Syndicat mixte des Ports Normands et Associés, communauté urbaine Caen-la-mer et Mondeville), l'État et les partenaires publics concernés.

Ce PIM prend en compte les risques d'inondation par l'Orne et de submersion avec des objectifs affichés de réduction de vulnérabilité, de positionnement des équipements sensibles de préférence sur les secteurs hors d'eau et accessibles, de maintien des couloirs d'écoulement (transparence hydraulique sous les bâtiments)...etc ; ceci à des échelles plus larges.

Le PIM a été officiellement signé par l'ensemble des partenaires de ce programme le 20 juin 2019.

La prise en compte des phénomènes littoraux dans le PPR a conduit à harmoniser les dispositions du règlement entre les secteurs concernés par un aléa de submersion marine, les secteurs soumis à un aléa inondation au regard du PPR Inondation de 2008, les secteurs soumis aux deux aléas.

Les centres urbains initialement identifiés comme protégés par des ouvrages de protection (digues) et les zones urbanisées ou à vocation de l'être qui sont protégées de la crue centennale par les travaux de lutte contre les inondations (centre-ville de Caen et Presqu'île) par le PPR inondation de 2008 et considérés comme des secteurs structurant, sont désormais soumis au règlement du zonage Bleu B4 spécifique. Toutefois, celui-ci s'avère plus prescriptif que le PPR inondation de 2008 alors que l'aléa inondation n'a pas évolué et que ces secteurs ne sont pas soumis à l'aléa submersion marine.

Ce zonage B4 introduit également des autorisations sous condition et traduit la réflexion globale et partagée, associée à des engagements contractualisés sur un projet de territoire, permettant de concilier le renouvellement urbain avec la réduction de la vulnérabilité, tout en y intégrant les bâtiments existants.

IV.2.4. Cartographie des enjeux

Le *PPRN* étant un document prioritairement dédié à l'aménagement du territoire, la cartographie des enjeux est établie à l'échelle du plan de zonage réglementaire (1/5 000) et sur un fond cadastral.

Les enjeux ont été identifiés à partir des orthophotoplans 2012 (données les plus récentes disponibles lors des études techniques) et des reconnaissances de terrain. Les informations complémentaires collectées lors de la concertation ont été intégrées à la cartographie.

La figure 27 présente un extrait de la carte des enjeux de Ouistreham. Les cartes des enjeux des communes concernées par le *PPRN* sont annexées à cette note de présentation (hors texte).

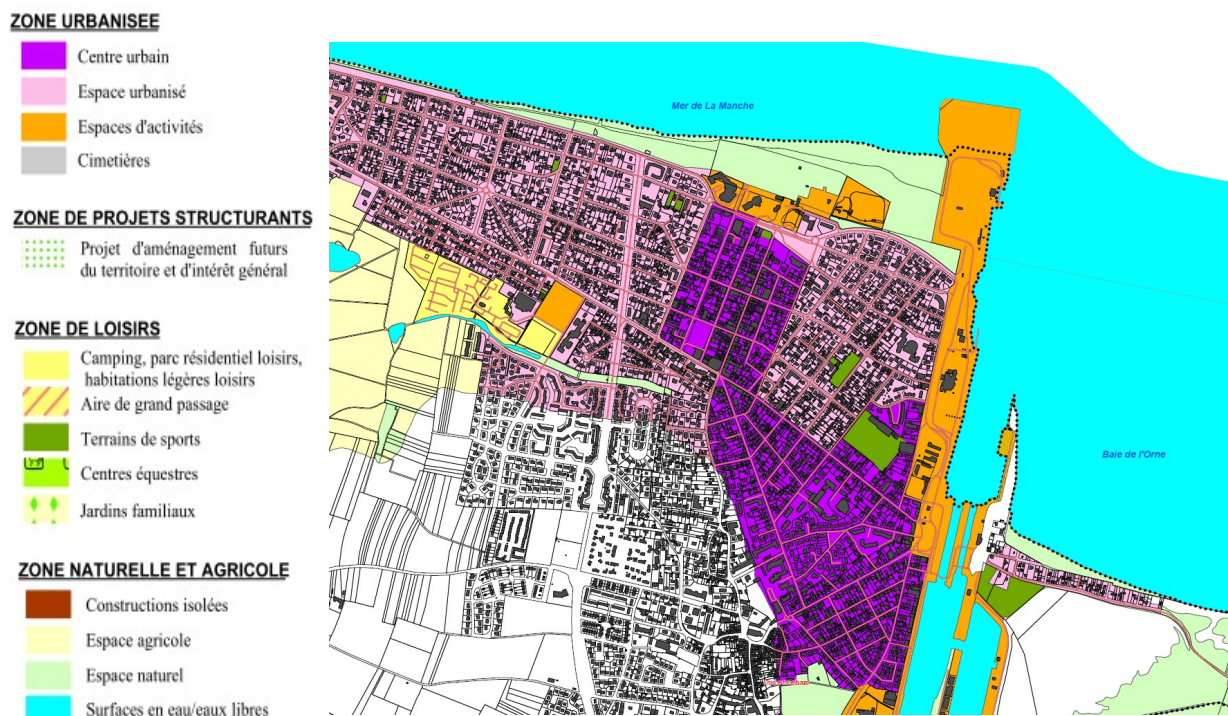


Figure 27 : Extrait de la carte des enjeux de Ouistreham.

IV.3. La vulnérabilité

La notion de vulnérabilité traduit la sensibilité d'un enjeu à un phénomène donné. Son appréciation peut être très complexe, chaque type d'enjeux voire chaque enjeu considéré individuellement pouvant présenter une vulnérabilité spécifique (en fonction de son usage, de son mode de construction, etc.).

Pour le PPR multirisques de la basse vallée de l'Orne, une approche simplifiée a été retenue, la vulnérabilité n'étant pas prise en compte de manière directe dans l'élaboration du plan de zonage réglementaire.

Les sites pouvant présenter une vulnérabilité particulière ont été identifiés et localisés à titre informatif. Ils n'ont toutefois pas été répertoriés de manière exhaustive.

Cet inventaire complète la description des enjeux présents sur le territoire et peut contribuer à l'élaboration, par les collectivités concernées, des PCS dédiés à la gestion de crise.

IV.3.1. Typologie pour l'analyse de la vulnérabilité

Les sites identifiés relèvent de quatre catégories (tableau ci-après) :

- les principaux établissements recevant du public (ERP) ;
- les ouvrages et équipements d'intérêt général ;
- les espaces publics ouverts ;

– les infrastructures de transport.

Tableau 23 : Détail de la typologie des sites vulnérables.

Catégorie	Sous-catégories
<i>ERP</i>	Bâtiments de soin
	Services de secours
	Édifices religieux
	Service public
	Loisirs et tourisme
Ouvrages et équipement d'intérêt général	Alimentation en eau potable
	Station d'épuration
	Transformateurs électriques principaux
Espace public ouvert	Terrain de sport
Infrastructures de transport	Ligne de chemin de fer
	Gare ferroviaire
	Réseau routier
	Port
	Mouillage

IV.3.2. Cartographie de la vulnérabilité

V. Élaboration du zonage réglementaire

Le zonage réglementaire et le règlement associé constituent le volet opposable aux tiers du *PPR multirisques* de la basse vallée de l'Orne après son approbation.

Le règlement définit les mesures de prévention et de protection applicables. Le zonage réglementaire identifie les zones concernées par ce règlement. Cette délimitation s'appuie sur la cartographie des aléas et sur la cartographie des enjeux pour les zones exposées aux aléas littoraux et sur la cartographie de l'aléa inondation du *PPRI* de la basse vallée de l'Orne pour les inondations de l'Orne et de ses affluents.

V.1. Principes d'établissement du zonage réglementaire

Les principes généraux d'élaboration des *PPRN* sont les suivants :

- en dehors des zones à enjeux (c'est-à-dire des zones urbanisées au sens large, cf chapitre IV.2), l'implantation de nouveaux enjeux est interdite ou strictement réglementée.
- dans les zones à enjeux, l'implantation de nouveaux enjeux est autorisée en dehors des zones d'aléa les plus forts et sous réserve de mettre en œuvre des dispositions réduisant la vulnérabilité du projet.

La prise en compte de divers cas particuliers complète et précise ce schéma général. Il s'agit notamment des zones de loisirs et d'activités de plein-air (les campings, terrains de sports, etc.), des zones constituant des dispositifs de protection (les cordons dunaires par exemple) et des zones situées sous le niveau marin de référence mais hors aléa pour les scénarios de submersion de référence et à échéance 100 ans.

Par convention, les zones d'interdiction sont représentées par des zones rouges et les zones d'autorisation sous condition par des zones bleues.

Des zones réglementaires spécifiques ont été utilisées pour faciliter la lecture des plans de zonage réglementaire :

- les zones de loisirs et d'activités de plein-air (les campings, terrains de sports, etc.) sont représentées par des zones oranges ;
- les zones constituant des dispositifs de protection par des zones jaunes ;
- les zones situées sous le niveau marin de référence mais hors aléa par des zones vertes.

Enfin une zone réglementaire spécifique représente l'emprise de la zone d'aménagement de Caen presque-île.

Les principes généraux de définition du zonage réglementaire sont résumés dans les tableaux 24, 25, 26 et 29.

Ces tableaux définissent le type de zone réglementaire en fonction la nature de la zone d'enjeux et des aléas. La nature de la zone d'enjeux correspond aux catégories (cf. chapitre IV) figurant sur la carte des enjeux et les degrés aléas sont ceux figurant sur les cartes d'aléas. Trois cas sont

envisagés :

1. Dans les zones exposées à un aléa de submersion marine, le zonage réglementaire est déterminé par les aléas définis pour le scénario de référence et pour le scénario à échéance 100 ans. (tab. 24).
2. Dans les zones exposées uniquement à un aléa d'inondation par débordement des cours d'eau, la zone réglementaire est définie à partir du tableau 27.
3. Dans les zones exposées à un aléa d'inondation par débordement des cours d'eau et à un aléa de submersion marine, la zone réglementaire affichée sur le plan de zonage correspond à la zone la plus contraignante définie à partir des tableaux 24 à 27.

Tableau 24 : Définition du zonage réglementaire en fonction de l'occupation du sol et de l'aléa.

Nature de la zone d'enjeu	Scenario de référence <i>T100+20</i>	Scenario à échéance 100 ans <i>T100+60</i>			
	Aléas	Nul	Faible	Moyen	Fort/Très fort
Non urbanisée	Nul	V	B1	RS	
	Faible		Rs		
	Moyen		Rs		
	Fort/Très fort				Rs
Zones d'activités sportives et d'hébergement, de plein air	Nul	V	O		
	Faible		O		
	Moyen		O		
	Fort/Très fort				Rs
Urbanisée hors centre urbain	Nul	V	B2		
	Faible		B1		
	Moyen		B1		
	Fort/Très fort				Rs
Urbanisée en centre urbain	Nul	V	B2		
	Faible		B2		
	Moyen		B2		
	Fort / Très fort				Rs
Système de protection		J			

Tableau 25 : Définition du zonage réglementaire dans l'emprise des bandes de précaution et des bandes de chocs mécaniques.

Nature de la zone d'enjeux	Scenario de référence T100+20	Scenario à échéance 100 ans – T100+60
Bande de précaution	Rs	B1
Bande de chocs mécaniques	Rs	B1

Tableau 26: Définition du zonage réglementaire pour les zones exposées à l'aléa de recul du trait de côte.

Nature de la zone d'enjeux	Scenario de référence T100+20	Scenario à échéance 100 ans – T100+60
Aléa érosion		Re

Tableau 27 : Définition du zonage réglementaire en fonction de l'occupation du sol et de l'aléa.

Nature de la zone d'enjeux	Aléa d'inondation par débordement de cours d'eau	Traduction réglementaire
Non urbanisée	Faible	Rs
	Moyen / Fort / Très fort	
	Zones situées derrière un ouvrage de protection	
Zones d'activités sportives et d'hébergement, de plein air	Faible / Moyen	O
	Secteurs uniquement situés derrière un ouvrage de protection	
	Fort / Très fort	Rs
Urbanisée hors centre urbain dense	Secteurs uniquement situés derrière un ouvrage de protection	B3
	Faible	B2
	Moyen	B1
	Fort / Très fort	Rs
Urbanisée en centre urbain dense	Secteurs uniquement situés derrière un ouvrage de protection	B3
	Faible/ Moyen	B2
	Fort / Très fort	Rs

À titre informatif, dans les secteurs non concernés par l'aléa submersion, la correspondance entre les zones réglementaires du *PPRI* approuvé en 2008 et celle du *PPR* multirisques de la basse vallée de l'Orne est résumée dans le tableau 28.

Tableau 28: Désignation des zones réglementaires issues du *PPR* multirisques de la basse vallée de l'Orne.

Zones PPRI	Zones PPRN multirisques
rouge foncé (RF)	rouge submersion (Rs)
rouge clair (RC)	rouge submersion (Rs)
zone bleue	zone bleue B2
zone bleue indicée	zone bleue B2
zone jaune	zone bleue B3
zone verte	zone bleue B3

V.2. Adaptation du règlement aux spécificités du territoire

V.2.1. Secteur Presqu'île et centre-ville de Caen

Pour le secteur de la Presqu'île et le centre-ville de Caen, la transcription réglementaire est établie selon les règles spécifiques définies dans le tableau 29.

Tableau 29 : Définition du zonage réglementaire pour le secteur de la Presqu'île et le centre-ville de Caen.

	Aléa d'inondation par débordement de cours d'eau	Aléa de submersion marine	Traduction réglementaire
Secteur de la Presqu'île et centre-ville de Caen	Zone protégée par un ouvrage de protection	Hors zone d'aléa	B4
		Zone d'aléa faible à moyen dans le scénario de référence	
		Zone d'aléa fort ou très fort dans le scénario de référence ou située dans la bande de précaution	Rs

V.2.2. Quai Charcot – commune de Ouistreham

En application de l'article 6.2.2 de la circulaire du 27 juillet 2011 relative à la prise en compte du risque de submersion marine dans les plans de prévention des risques naturels littoraux et des articles R.211-7-5, R.214-119 et R.562-1 à R.562-13 du Code de l'Environnement, un zonage particulier Rouge « Quai Charcot » a été appliqué à la zone située en arrière de l'ouvrage dit du Quai Charcot sur la commune de Ouistreham.

Sur la base d'éléments techniques relatifs à la résistance l'ouvrage de protection à l'évènement de référence, il pourra être fait exception au principe d'inconstructibilité derrière l'ouvrage de

protection dit du Quai Charcot sur la commune de Ouistreham. Dans cette zone Quai Charcot, sous réserve de cette démonstration, il sera fait application du règlement du zonage bleu comme indiqué ci-après :

Tableau 30 : Définition du zonage réglementaire pour le secteur en arrière du quai Charcot

		Largeur définie dans le scénario de référence	Sur-largeur issue du scénario à échéance 100 ans
Sans justification du niveau de protection		Rs	B1
Avec justification du niveau de protection	Bande de précaution réduite à 50m en arrière de l'ouvrage de protection	Rs	B2
	Au delà 50 m	B2	

Si l'une des conditions mentionnées dans le règlement de la zone Quai Charcot, n'est pas réunie au moment de l'instruction du dossier fourni, ou s'il n'est pas démontré l'absence d'aggravation du risque sur l'existant, il ne pourra être fait application du règlement de la zone Bleue.

V.3. Adaptation cartographique

Des adaptations ponctuelles sont apportées au zonage réglementaire pour tenir compte de diverses contraintes de représentation et d'exploitation des documents :

- suppressions de petites zones (surface inférieure à 100 m²) correspondant à des variations locales de l'aléa et liées aux limites des modèles utilisés et aux données topographiques, concernant des zones homogènes du point de vue des enjeux (notamment dans l'emprise des voiries et dans les zones naturelles) ;
- lissage des contours pour ajuster les limites de zones sur des limites ayant une signification en termes d'urbanisme (emprise de voirie, parcelles cadastrales). Ces ajustements portent sur des variations n'excédant pas quelques mètres de la position des limites issues de la cartographie des aléas.

VI. Bibliographie et références

- [1] Alp'Géorisques & IMDC, 2014a. *Plan de Prévention de Risques littoraux : Bessin & Dives-Orne. Phase 1 : Analyse préalable des sites*. Rapport I/RA/12107/13.197/MCO v3.0
- [2] Alp'Géorisques & IMDC, 2014b. *Plan de Prévention de Risques littoraux : Bessin & Dives-Orne. Phase 2 : Statistique*
- [3] Alp'Géorisques & IMDC, 2015a. *Plan de Prévention de Risques littoraux : Rapport de modélisation n°1 : houle, test de digue, test de dune, transport sédimentaire*. I/RA/12107/14.273 v1.0
- [4] Alp'Géorisques & IMDC, 2015. *Plan de Prévention de Risques littoraux : Cartographie des aléas littoraux – Submersion marine et érosion*. RA/12107/15.012 v1.0 et Alp'Géorisques & IMDC, *Cartographie des aléas littoraux – Secteur Dives-Orne – Commune de Lion-sur-Mer du 05/04/2016*
- [5] DDE du Calvados, 1996. *Historique des crues de l'Orne*. DDE, Service de l'Aménagement et de l'Urbanisme.
- [6] Delorme. 9 juin 1975. *Rivière l'Orne – Crue des 16-18 novembre 1974, Rapport de l'ingénieur*. Ministère de l'Équipement, Service ordinaire et maritime.
- [7] Lehaneur, Vasseur. 15 janvier 1926. *Inondations provoquées par la crue de l'Orne du 30 décembre 1925 au 3 janvier 1926, Rapport de l'ingénieur*.
- [8] Letortu P., 2013. *Le recul des falaises crayeuses haut-normandes et les inondations par la mer en Manche centrale et orientale : de la quantification de l'aléa à la caractérisation des risques induits*. Caen : Université de Caen Basse-Normandie, 2013. 414 p.
- [9] Maurizot P. et al., 2000. *Carte géologique de France (1/50 000), feuille Bayeux – Courseulles-sur-Mer (119)*.
- [10] Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (DGPR/SRNH), 2014, *Guide méthodologique : Plan de prévention des risques littoraux*.
- [11] Graszke E., Roy JL., Garry G., Guyot P., Hubert T. 1999. *Plan de prévention des risques naturels (PPR). Risques d'inondation. Guide méthodologique*. Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement (DPPR/SDPRM) - Ministère de l'Équipement, des transports et du Logement (DAFU). Paris - La documentation française.
- [12] Nicolas A., 1926. *Régime des eaux avant et après la création du canal. L'inondation des 31 décembre 1925 et 1^{er} janvier 1926*.
- [13] Petit-Berghem et al., 2010. *Les ensembles dunaires du Département du Calvados : présentation, typologie et proposition pour une conservation durable du milieu*. Université de Caen, Syndicat Mixte Calvados Littoral Espaces Naturels, octobre 2010.
- [14] Petit-Berghem, 2012. *Expertiser le territoire : contribution à une nouvelle typologie des dunes du Calvados*, M@ppemonde 108 (2012.4). URL : <http://mappemonde.mgm.fr/num36/articles/art12403.html>
- [15] Préfecture du Calvados, 2008. *Plan de prévention des risques naturels prévisibles d'inondation (PPRI) de la basse vallée de l'Orne*.
- [16] SHOM – CETMEF, 2012. *Étude statistique des niveaux marins extrêmes des côtes de France*.

[17] Van der Meer, J.W., Allsop, N.W.H., Bruce, T., De Rouck, J., Kortenhaus, A., Pullen, T., Schüttrumpf, H., Troch, P. and Zanuttigh, B., www.overtopping-manual.com. *EurOtop Manual on wave overtopping of sea defences and related structures. An overtopping manual largely based on European research, but for worldwide application.*

VII. Annexes

Annexe 1 – Actions engagées par l'État pour améliorer la gestion du risque inondation suite à Xynthia

Annexe I – Actions engagées par l'État pour améliorer la gestion du risque inondation suite à Xynthia

Les événements dramatiques survenus le 27 février 2010 lors du passage de la tempête Xynthia, ont conduit à renforcer la prévention des risques de submersions rapides sur les territoires impactés, et ont participé, plus largement, à orienter les évolutions de la prévention des inondations à l'échelle nationale.

Outre l'élaboration des cartes des zones situées sous le niveau marin (ZNM) et l'élaboration des plans de prévention des risques littoraux prioritaires, actions menées rapidement après Xynthia, le plan submersions rapides s'est concrétisé dans de nombreuses autres actions entreprises sur les territoires impactés mais aussi à l'échelle nationale. Ces actions restent aujourd'hui au cœur de la politique de prévention des risques naturels :

La directive inondation

L'augmentation de la sécurité des populations dans le cadre de cette politique nationale, est un objectif fort, ré-affirmé par la **stratégie nationale de gestion des risques inondations (SNGRI)** adoptée par le Gouvernement le 7 octobre 2014. Construite à l'occasion de la mise en œuvre de la directive européenne 2007/60/CE, dite «**directive inondation**», la SNGRI propose une approche globale et intégrée de la gestion des inondations et vise à assurer la cohérence des actions menées sur le territoire national. Elle poursuit 3 objectifs prioritaires :

- augmenter la sécurité des populations exposées ;
- stabiliser à court terme, et réduire à moyen terme, le coût des dommages liés à l'inondation ;
- raccourcir fortement le délai de retour à la normale des territoires sinistrés.

Au travers de cette politique, une attention particulière est portée sur les secteurs les plus exposés : les **territoires à risque important d'inondation (TRI)**. Établis à partir d'une évaluation préliminaire des risques, sur chaque district hydrographique, 122 territoires à risque important d'inondation ont été arrêtés sur l'ensemble du territoire national.

L'arrêté du 27 novembre 2012 a établi la liste des TRI du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands retenus par le préfet coordonnateur du bassin Seine-Normandie. Parmi ces TRI sont identifiés, pour le Calvados, le **TRI de Caen** (14 communes) et le **TRI de Dives-Ouistreham** (8 communes).

Ces deux TRI ont fait l'objet d'une cartographie des surfaces inondables pour différents scénarios d'inondation (événements fréquent, moyen et extrême) et d'une cartographie des risques d'inondation pour les aléas retenus, à savoir les inondations par débordements de cours d'eau et par submersions marines, en vue notamment de l'élaboration d'une stratégie locale de gestion des risques d'inondation (SLGRI) partagée entre les collectivités locales, les acteurs économiques du territoire et l'État. Toutes ces cartes peuvent être consultées sur le site internet de la DREAL Normandie à l'adresse suivante : <http://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr/tri-de-caen-et-dives-ouistreham-r537.html>

Ainsi les territoires compris dans ces TRI doivent faire l'objet d'un PPR à approuver prioritairement selon la méthodologie nationale décrite dans la présente note de présentation.

Le **Plan de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI)** du bassin Seine-Normandie a été approuvé le 7 décembre 2015. Il définit les objectifs généraux en matière de gestion du risque d'inondation à l'échelle du bassin Seine-Normandie pour 2016-2021 ainsi que les objectifs particuliers à l'échelle des

périmètres de gestion des TRI.

Il donne un cadre aux politiques locales de gestion des risques d'inondation en combinant les actions de réductions de vulnérabilité, de gestion de l'aléa, de gestion de crise, de gouvernances et le développement de la culture du risque.

Le PGRI Seine-Normandie est téléchargeable sur le site de la DRIEE Île-de-France à l'adresse suivante : <http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/le-plan-de-gestion-des-risques-d-inondation-2016-a2523.html>

Le PGRI a une portée juridique directe sur les plans de prévention des risques (PPR) qui doivent être compatibles ou rendus compatibles avec les dispositions du PGRI (article L.562-1 VI du code de l'environnement).

La **Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation (SLGRI)** concourt à la réalisation des objectifs de réduction des conséquences négatives des inondations fixés par le PGRI tout en poursuivant les démarches locales engagées à l'échelle du TRI et plus largement à l'échelle du bassin de risque et des bassins versants. Ainsi, son objectif principal est d'assurer la sécurité des personnes exposées aux risques d'inondation et de réduire les conséquences dommageables des inondations sur les TRI et, au-delà, sur l'ensemble du périmètre de la stratégie locale.

La compétence GEMAPI

L'État a également clarifié le cadre des responsabilités notamment en matière d'inondation avec la **loi de modernisation de l'action publique territoriale et l'affirmation des métropoles (MAPTAM)** du 27 janvier 2014 qui attribue au bloc communal une compétence exclusive et obligatoire relative à la **gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations (GEMAPI)**.

La création et l'attribution de la compétence GEMAPI aux communes clarifie les responsabilités que les maires assument déjà partiellement en la matière et fournit les outils juridiques et financiers nécessaires pour leur exercice. Elle permet également de replacer la gestion des cours d'eau ou des espaces littoraux au sein d'aménagement des territoires. Cette réforme concentre, à l'échelle communale et intercommunale, des compétences jusqu'alors morcelées. Depuis le 1er janvier 2018, la compétence de gestion des milieux aquatiques et de prévention des inondations (Gemapi) est confiée aux intercommunalités.

S'agissant de la gestion des ouvrages de protection contre les inondations et/ou les submersions, elle relève désormais de la compétence GEMAPI.

Les autres outils déployés (non exhaustif)

Pour appuyer cette politique, l'État a également mobilisé de nombreux outils complémentaires, outre la poursuite de l'élaboration des plans de prévention des risques littoraux/inondation par les services de L'État en concertation avec les collectivités, tels que :

- les **programmes d'actions de prévention des inondations (PAPI)**, outils de contractualisation entre l'État et les collectivités qui permettent la mise en œuvre d'une politique globale, à l'échelle du bassin de risques et financés en partie par le fonds Barnier (selon des critères d'éligibilité) ;
- les **actions de réduction de la vulnérabilité** qui participent à la sécurité des personnes ou permettent de réduire les dommages ou de faciliter le retour à la normale, avec l'introduction d'une nouvelle mesure pour financer les diagnostics et les travaux de

réduction de la vulnérabilité aux inondations dans le cadre des PAPI ;

- depuis 2011, la mise en place de la **mission référent départemental pour l'appui technique à la préparation et à la gestion de crises d'inondation** structurée au sein des DDT(M) et qui permet de mieux gérer l'information transmise aux acteurs de la sécurité civile et aux décideurs locaux, pour la prise de décision relative à la gestion de crise face au risque d'inondation ;
- la mise en place par Météo France d'une **vigilance spécifique météo «vagues submersions»**, opérationnelle depuis octobre 2011 sur l'ensemble du littoral de métropole a nettement amélioré les capacités de réaction lors des tempêtes. Elle est en amélioration continue, en lien avec la mission RDI sur le littoral ;
- le **dispositif de vigilance crues Vigicrues** qui assure actuellement la surveillance du réseau hydrographique métropolitain complété depuis 2017 par un système d'avertissements automatiques sur les crues soudaines pour les autorités, Vigicrues Flash. Les élus locaux des communes couvertes peuvent en bénéficier gratuitement.
- ...etc.