



**PRÉFET
DE LA SEINE-
MARITIME**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Plan de Prévention des Risques Littoraux et Inondations (PPRLI) de la vallée de l'Arques



Pièce n° 1 : Rapport de présentation

**DIRECTION DÉPARTEMENTALE
DES TERRITOIRES ET DE LA MER DE LA
SEINE-MARITIME**

**Bureau Risques Environnement et Contrôle
Bureau Risques Naturels et technologiques**
61 route du vallon
76200 Dieppe cedex

**février 2022
Version 5.0**

Informations qualité

Contrôle qualité

Version	Date	Rédigé par	Visé par :
1.0	02 février 2020	Alp'Géorisques	DDTM 76
2.0	05 février 2021	Alp'Géorisques	DDTM 76
3.0	29 juin 2021	Alp'Géorisques	DDTM 76
4.0	02 février 2022	Alp'Géorisques	DDTM 76
5.0	23 février 2022	Alp'Géorisques	DDTM 76

Destinataires

Envoyé par : Didier Mazet-Brachet		
Nom	Organisme	Envoyé le :
Mme Isabelle Féron / M. Éric Dulongchamps	DDTM 76	23 février 2022

Glossaire

Activités et installations	Toutes structures employées à la production de biens, services ou loisirs
Biens et activités existants	Biens et activités existants à la date d'approbation du PPRLI.
Aléa	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).
Alerte / vigilance météorologique	Vigilance MétéoFrance vent violent, qui peut être associée à la vigilance vague submersion marine (VVS) en cas de fort coefficient de marée. Ne pas confondre alerte et vigilance: La vigilance de niveau jaune, orange, rouge, réalisée par Météo-France, ne fait qu'avertir le grand public d'un phénomène météorologique dangereux avec les conseils de comportements à suivre. L'alerte est faite par la préfecture (SIRACEDPC76) auprès des communes en fonction des niveaux de vigilance de Météo-France, via l'application automatisée GALA.
Annexe	Construction isolée ou accolée au corps principal d'un bâtiment mais constituant, sur un même tènement, un complément fonctionnel à ce bâtiment (garage, abri de jardin, remise...).
Assainissement pluvial	Il comprend l'ensemble des ouvrages de collecte, gestion et de traitement des eaux pluviales, à savoir : les canalisations, les fossés, les noues, les canaux, les ouvrages de stockage/restitution, les ouvrages de stockage/infiltration, les déversoirs, les ouvrages de dépollution ou de traitement des eaux, etc.
Batardeau	Dispositif mobile permettant d'obstruer provisoirement une ouverture pour interdire ou limiter la pénétration de l'eau. Plus largement, dispositif amovible et temporaire de rétention des eaux pour la protection contre les inondations ou la déviation des eaux.
Constructions	Une construction est un édifice fixe et pérenne comportant ou non des fondations et générant un espace utilisable en sous-sol ou en surface
Critères de non augmentation de la vulnérabilité	Il s'agit de rendre possible la réalisation de certains projets en zone inondable, avec une prise en compte raisonnée des personnes, des biens et des activités exposés à l'aléa inondation, en tenant compte des paramètres suivants : 1) Le type de projet : pas de création ou d'augmentation de locaux à sommeil, pas de création ni d'aménagements de sous-sols, de caves ; 2) Le type de population exposé à l'aléa et leur degré d'autonomie pour se déplacer (personnes les plus vulnérables telles que les enfants, personnes âgées et/ou déficientes) : pas d'augmentation du nombre de personnes vulnérables ; 3) Le nombre de personnes supplémentaires soumises à l'aléa : pas de création de logement, pas d'augmentation de la capacité d'accueil. Exemple de non-augmentation de la vulnérabilité : Extension limitée à 20 % d'un ERP sans augmentation de la capacité d'accueil.
Destination	Les destinations des constructions, telles que définies par l'article R151-27 du code de l'urbanisme sont : • Exploitation agricole et forestière • Habitation • Commerce et activité de service

	• Équipement d'intérêt collectif et service public • Autres activités des secteurs secondaires et tertiaires Ces destinations sont précisées par une sous-destination, comme le prévoit l'article R151-28 du code de l'urbanisme : • Pour la destination « exploitation agricole et forestière » : exploitation agricole, exploitation forestière • Pour la destination « habitation » : logement, hébergement • Pour la destination « commerce et activités de service » : artisanat et commerce de détail, restauration, commerce de gros, activités de services où s'effectue l'accueil d'une clientèle, hébergement hôtelier et touristique, cinéma • Pour la destination « équipements d'intérêt collectif et services publics » : locaux et bureaux accueillant du public des administrations publiques et assimilés, locaux techniques et industriels des administrations publiques et assimilés, établissements d'enseignement, de santé et d'action sociale, salles d'art et de spectacles, équipements sportifs, autres équipements recevant du public • Pour la destination « autres activités des secteurs secondaire ou tertiaire » : industrie, entrepôt, bureau, centre de congrès et d'exposition.
Diagnostic	Étude donnant lieu à un état des lieux d'un secteur et /ou d'une construction. Ce diagnostic se conjugue à une analyse de l'incidence du projet et ou de la construction sur le secteur avoisinant.
Diagnostic de vulnérabilité	Étude donnant lieu à un état des lieux de la construction existante avec définition de sa vulnérabilité par rapport aux risques naturels en présence. Ce diagnostic se conjugue avec la définition de mesures compensatoires afin de réduire cette vulnérabilité.
Embâcles	Accumulation de matériaux transportés par les flots (végétation, rochers, véhicules automobiles, bidons, etc.) qui réduisent la section d'écoulement et que l'on retrouve en général bloqués en amont d'un ouvrage (ponts, passerelles, moulins, vannages et portes à marées...) ou dans des parties resserrées d'une vallée (gorge étroite). Les conséquences d'un embâcle sont, dans un premier temps, la rehausse de la ligne d'eau en amont de l'embâcle, une augmentation des contraintes sur la structure supportant l'embâcle et, dans un second temps, un risque de rupture brutale de l'embâcle, ou de l'embâcle et de sa structure porteuse, occasionnant une onde potentiellement dévastatrice en aval.
Emprise au sol	Projection verticale au sol du volume de la construction, tous débords et surplombs inclus (article R 420-1 du code de l'urbanisme). Il s'agit de la surface qu'occupe un bâtiment au sol, que cette surface soit close ou non. Par exemple, une terrasse soutenue par des piliers correspond à une surface non close constituant de l'emprise au sol ; par contre, un balcon en surplomb sans piliers porteurs, ne constitue pas d'emprise au sol et il en est de même pour les débords de toit.
Enjeu	Ensemble des personnes, des biens, des activités, du patrimoine, présent en un lieu donné. Cette notion est utilisée pour l'évaluation du risque.
Équipements sensibles	Ensemble des équipements électriques, de chauffage, de réseau ou nécessaires au bon fonctionnement de la construction.
Établissement recevant du public (ERP)	Constituent des ERP tous les bâtiments, locaux et enceintes dans lesquels des personnes sont admises, soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitation, payante ou non.

	Cela regroupe donc un très grand nombre d'établissements, comme les magasins et centres commerciaux, les cinémas, les théâtres, les hôpitaux, les écoles et universités, les hôtels et restaurants... qu'il s'agisse de structures fixes ou provisoires (chapiteaux, tentes, structures gonflables) – (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie – février 2013). L'arrêté du 25 juin 1980 définit les types et les catégories d'ERP.
Établissement sensible	Constitue un établissement présentant une vulnérabilité particulière et/ou contribuant à la sécurité des personnes, à la protection des biens et à la gestion de crise. Il s'agit notamment de : • Établissement hébergeant ou accueillant : – des personnes âgées et/ou à mobilité réduite : Il peut s'agir de foyers, maisons de retraite, centre pour handicapés, hôpitaux, résidence pour personnes âgées, etc. – des personnes vulnérables tels que par exemple les jeunes enfants (crèches, des écoles maternelles, primaires, collèges, internats de ces établissements, centres aérés, colonies de vacances, etc.) – ou des personnes nécessitant des moyens spécifiques d'évacuation en cas d'inondation (prisons, hôpitaux psychiatriques, centres de détention...). • Des établissements hospitaliers • Des établissements stratégiques vis-à-vis de la gestion de crise et du secours aux populations • Des immeubles de grande hauteur définis par l'article R122.2 du code de la construction et de l'habitation. • De toutes les installations comportant des dépôts de liquides ou de gaz liquéfiés inflammables ou toxiques qui relèvent de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement (loi n° 76-663 du 16 juillet 1976). Concernant les stations-services, il est considéré que seules les cuves de stockage constituent un établissement sensible. • Des installations productrices d'énergie sauf les usines hydroélectriques. • Des installations relevant de l'application de l'article 5 de la directive européenne n° 82-501 du 24 juin 1982 concernant les risques d'accidents majeurs de certains établissements industriels. • Des décharges d'ordures ménagères et de déchets industriels. • Des dépôts de gaz de toute nature.
Établissements stratégiques vis-à-vis de la gestion de crise et du secours aux populations	Les services de coordination des opérations en cas de crise et les services techniques des collectivités également impliqués, les centres de secours et les casernes de pompiers, les gendarmeries, les forces de police...
Événements tempétueux	La tempête correspond à un événement météorologique violent. Elle est caractérisée par des vents forts, souvent accompagnés de précipitations intenses.
Événements	Dispositifs d'aération permettant la pénétration de l'air dans les cuves de stockage.
Expansion de crue (zone ou champs)	Espace régulièrement occupé par un cours d'eau lors des crues en dehors de son lit mineur. L'expansion de l'eau dans ces zones limite les effets de la crue en aval.
Extension	Construction attenante à un bâti déjà existant et qui en prolonge l'activité. Agrandissement d'un bien existant. Action de donner à quelque chose une plus grande dimension. L'extension doit rester accessoire au bâtiment existant et sa surface doit être inférieure à la construction initiale.

Géomorphologie Hydrogéomorphologie	Méthode d'analyse des formes du relief et des données historiques visant à délimiter les zones exposées aux inondations et à identifier les principaux domaines fonctionnels du cours d'eau.
Îlot	Ensemble d'un seul tenant encadré par des rues
Infrastructure de transport	Les infrastructures de transport sont l'ensemble des installations fixes qu'il est nécessaire d'aménager pour permettre la circulation des véhicules et plus généralement le fonctionnement des systèmes de transport.
Installation	Projet qui ne relève pas d'une construction mais doit respecter les règles d'urbanisme soumises ou non à autorisation.
Lit Mineur	Il est constitué par le lit ordinaire du cours d'eau, pour le débit d'étiage (basses eaux) ou pour les crues fréquentes.
Lit Majeur	Il comprend les zones basses situées de part et d'autre du lit mineur sur une distance qui peut aller de quelques mètres à plusieurs kilomètres. Sa limite est celle des crues exceptionnelles dont fait partie la crue centennale.
Logement	Cellule de vie familiale. Les locaux annexes tels que les garages, caves... ne sont pas compris dans cette dénomination.
Niveaux refuge	Surface située au-dessus de la cote de l'inondation permettant d'accueillir les personnes jusqu'à la décrue ou à l'arrivée des secours
Opération programmée de l'amélioration de l'habitat - renouvellement urbain (OPAH-RU)	Programme de réhabilitation de l'habitat privé sur un périmètre précis. Ce dispositif prévoit des travaux d'amélioration de l'habitat existant. Le projet global de l'OPAH peut, pour des réhabilitations concernées par des enjeux risques, permettre d'intégrer des travaux réduisant l'exposition des biens et personnes (comme des zones refuges). L'approche de la réduction de vulnérabilité est appréciée sur le périmètre de l'OPAH tout en veillant à ce que chaque réhabilitation prise ponctuellement n'entraîne pas une augmentation de l'exposition aux risques.
Plan d'ensemble	Plans décrivant l'ensemble des projets composant le projet global et en particulier leur localisation. Ce plan permet de garantir la cohérence globale et de servir de support aux éventuelles simulations de submersions marines.
Portant	Les portants sont des fossés de mise en eau/lessivage des terrains. Ils sont parfois classés cours d'eau. Ils sont généralement dans des propriétés privées.
Prescription	Règle à appliquer à une construction ou un aménagement afin de limiter le risque et/ou la vulnérabilité.(mesure obligatoire sauf mention contraire)
Projet global	Aménagement global d'un secteur donné (quartier, îlot...) combinant l'ensemble des projets sur ce secteur à plus ou moins long terme, intégrant à la fois les aspects économiques, sociaux et environnementaux notamment les compensations des impacts sur les risques (exemple les remblais/déblais).
Projet nouveau	Construction neuve, reconstruction d'un bâtiment détruit ou sinistré, extension d'un bâtiment ou surélévation.
Recommandation	Mesure facultative visant à réduire l'exposition des biens et personnes.
Reconstruction	Construction d'un édifice, analogue et de même destination après que le bâtiment ou l'ouvrage d'origine ait été détruit.
Réduction de la vulnérabilité	Réduire la vulnérabilité consiste à diminuer l'exposition des personnes et des biens à l'aléa en respectant à minima un des critères suivants (par ordre de priorité) : 1) Réduction du nombre de locaux à sommeil ou relocalisation des locaux à sommeil existants en étage, pas de création ni d'aménagements de sous-sols, de caves ; 2) Réduction du nombre de personnes vulnérables exposées à l'aléa ; 3) Réduction de la capacité d'accueil des bâtiments ; 4) Réduction de l'emprise au sol ;

	5) Surélévation de côte de premier plancher ; 6) Amélioration du fonctionnement hydraulique de la zone : pas ou moins d'obstacles à l'écoulement des eaux que ce soit horizontalement que verticalement ; 7) Création d'une zone refuge ; 8) Mise en place de mesures de gestion de crise : plans d'évacuation, alertes, fermeture temporaire de locaux ; 9) Mise hors d'eau des équipements sensibles, des produits dangereux, toxiques ou organiques ; 10) Lestage, ancrage des cuves ; 11) Fixation de produits ou matériaux susceptibles de flotter ou faire obstacle à l'écoulement de l'eau ; 12) Utilisation de matériaux les moins vulnérables à l'eau. Exemple de réduction de la vulnérabilité : Un projet de transformation d'un logement en rez-de-chaussée en commerce de proximité réduit la vulnérabilité en supprimant des locaux à sommeil. De plus, le commerce peut être fermé lors de la manifestation de l'aléa.
Réfection	Travail de remise en état et/ou de réparation d'un ouvrage qui ne remplit plus ses fonctions, suite à une dégradation ou à des malfaçons. Le résultat d'une réfection est en principe analogue à ce qui existait.
Réhabilitation	Travaux d'amélioration générale, ou de mise en conformité d'un logement ou d'un bâtiment avec les normes en vigueur : normes de confort électrique et sanitaire, chauffage, isolation thermique et phonique, etc. ».
Renouvellement urbain	Afin de réduire l'étalement urbain et ses impacts environnementaux, le renouvellement urbain a pour objectif de reconstruire la ville sur elle-même en favorisant le recyclage de ses ressources foncières et bâties. Les opérations de renouvellement urbain peuvent être d'échelle variable et concerner des espaces économiques ou résidentiels. La taille minimale d'une opération de renouvellement urbain au sens du PPRLI permet la réduction de la vulnérabilité du quartier ou de l'îlot considérés. Une OPAH peut constituer une opération de renouvellement dans la mesure où : - les opérations sont programmées sur un périmètre défini ; - les impacts des projets ont été établis et les mesures de compensation sont possibles en son sein.
Rénovation	Remise à neuf d'un ouvrage dans un état analogue à l'état d'origine. Cette opération sous-entend le maintien de la fonction antérieure de l'ouvrage ».
Restauration	Travaux de remise en état, de modernisation ou de démolition ayant pour objet ou pour effet la transformation des conditions d'habitabilité d'un immeuble ou d'un ensemble d'immeubles lourdement dégradés
Risque	Le risque résulte du croisement de l'aléa et d'un enjeu vulnérable. Pertes potentielles en personnes, biens, activités, éléments du patrimoine culturel ou environnemental (Cf. Directive Inondation) consécutives à la survenue d'un aléa.
Servitude d'utilité publique	La loi du 28 juillet 1987 permet la possibilité d'instituer des servitudes d'utilité publique dans les zones à risques afin de diminuer autant que possible les populations exposées.
Sinistre	Désigne toutes circonstances prévues au contrat d'assurance comme le vol, l'incendie, le dégât des eaux ... dont la survenance génère pour la compagnie d'assurance l'obligatoire d'exécuter la prestation convenue.

Sous-Sol	Parties des constructions situées sous le niveau du terrain naturel. Étages souterrains ou partiellement souterrains d'un bâtiment.
Surface de plancher	S'entend comme la somme de chaque niveau clos et couvert, calculée à partir du nu intérieur des façades Le décret n° 2011-2054 du 29 décembre 2011, publié au JO du 31 décembre 2011, fixe les conditions dans lesquelles peuvent être déduites les surfaces de plancher d'une hauteur sous plafond inférieure ou égale à 1,80 mètre, les surfaces des vides et des trémies, des aires de stationnement, des caves ou celliers, des combles et des locaux techniques, ainsi que 10 % des surfaces de plancher des immeubles collectifs...
Terrain naturel (TN)	Terrain avant travaux ou avant réalisation d'un projet.
Tranche	Opération programmée et découpée en phases.
Transparence hydraulique	Aptitude que possède un ouvrage ou un aménagement à ne pas faire obstacle aux mouvements des eaux. Globalement, un ouvrage est dit "transparent" d'un point de vue hydraulique lorsqu'il n'amplifie pas le niveau des plus hautes eaux, ne réduit pas la zone d'expansion des crues, n'allonge pas la durée des inondations ou n'augmente pas leur étendue, n'intensifie pas la vitesse ni le libre écoulement des eaux.
Unité foncière	Ensemble des parcelles contiguës appartenant à un même propriétaire. Dans le présent règlement, l'unité foncière bâtie ou nue est celle existant à la date d'approbation du PPRLI.
Vulnérabilité	Qualifie le degré de sensibilité d'une population ou d'un bien lorsqu'il est exposé à un aléa inondation. Les critères d'appréciation de la vulnérabilité portent notamment sur : - le degré d'autonomie des personnes et leur capacité à se déplacer (enfants, personnes âgées, personnes à mobilité réduite ou avec déficiences...), - le nombre de personnes exposées (leur nombre actuel et futur en cas de renouvellement urbain), - la nature du projet (locaux à sommeil, zone refuge, etc.), - les caractéristiques du bâtiment : emprise au sol, existence de sous-sols et caves, améliorations techniques éventuelles (surélévation du premier plancher, mise hors d'eau des équipements sensibles, etc.) - les impacts sur le milieu en cas de crue : amélioration du fonctionnement hydrologique / hydraulique de la zone, non-aggravation des risques au secteur proche, etc. - la mise en place de mesures de gestion de crise, - la gestion des produits dangereux, toxiques ou organiques (par mise hors d'eau), et des cuves ou produits / matériels susceptibles de flotter ou de faire obstacle à de l'écoulement (par arrimage, lestage, ancrage, etc.) - les impacts des inondations sur les biens exposés (dégâts matériels, rupture d'activité, temps d'immobilisation, etc.) Par exemple, transformer un bâtiment d'activité en logements ou transformer une maison en foyer pour handicapés correspondent à une augmentation de la vulnérabilité.
Zone refuge	Se définit comme une zone d'attente qui permet de se mettre à l'abri de l'eau jusqu'à l'intervention des secours ou de la décrue. Elle doit être réalisée de façon à permettre aux personnes de se manifester auprès des équipes de secours et de favoriser leur intervention d'évacuation par hélitreuillage ou par bateau.

Liste des sigles et abréviations

AFAF	Aménagement foncier agricole et forestier
BCT	Bureau central de tarification
CANDHIS	Centre d'Archivage National des Données de Houle In-situ
CATNAT	CATastrophe NATurelle
CCDSA	Commission consultative départementale de sécurité et d'accessibilité
CETMEF	Centre d'Études Techniques Maritimes et Fluviales
CGCT	Code Général des Collectivités Territoriales
CPS	Cahier de prescriptions spéciales
DDRM	Dossier Départemental des Risques Majeurs
DICRIM	Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs
DCE	Directive Cadre Européenne
DCS	Dossier Communal Synthétique
EPCI	Établissement Public de Coopération Intercommunale
EPRI	Évaluation Préliminaire des Risques d'Inondation
ERP	Établissement Recevant du Public*
FPRNM	Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs
GIEC	Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
IAL	Information des Acquéreurs et Locataires
IGN	Institut Géographique National
IGN69	Repère altimétrique légal en France métropolitaine
INSEE	Institut national de la statistique économique
JORF	Journal Officiel de la République Française
NGF	Nivellement Général de la France
OPAH-RU	Opération programmée d'amélioration de l'habitat – renouvellement urbain
ORSEC	Organisation de la Réponse de la SÉcurité Civile
PAC	Porter A Connaissance
PBMA	Plus Basse Mer Astronomique
PCA	Plan de continuité d'activité
PCB	Préfet Coordonnateur de Bassin
PCS	Plan Communal de Sauvegarde
PDM	Programme de Mesures
PGRI	Plan de Gestion des Risques d'Inondation
PHEC	Plus Hautes Eaux Connues
PHMA	Plus Haute Mer Astronomique

PLU	Plan Local d'Urbanisme
PLUI	Plan local d'urbanisme intercommunal
PPRI	Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles d'Inondation
POS	Plan d'Occupation des Sols
PPRLI	Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles Littoraux et d'Inondation
PPRN	Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles
REX	Retour d'Expérience
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SHOM	Service Hydrographique et Océanique de la Marine
SLGRI	Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation
SNGRI	Stratégie Nationale de Gestion des Risques d'Inondation
SPR	Site patrimonial remarquable
TN	Terrain Naturel*
TRI	Territoire à Risque important d'Inondation
ZAC	Zone d'Aménagement Concerté

Table des matières

Chapitre 1 : Préambule.....	17
1.1. Périmètre du PPRN.....	17
1.2. Prescription du PPRN.....	17
1.3. Les fondements de la politique de l'État en matière de risques naturels majeurs.....	18
1.3.1. Définition du risque.....	18
1.3.2. Les textes fondateurs.....	19
1.4. La responsabilité des acteurs en matière de prévention du risque « inondation ».....	20
1.4.1. La responsabilité de l'État.....	20
1.4.2. La responsabilité des Collectivités.....	20
1.4.3. La responsabilité du citoyen.....	21
1.4.4. La nature de la responsabilité.....	22
1.5. Pourquoi un PPRLI ?.....	22
1.6. Procédure d'élaboration du PPRN.....	22
1.7. Modalités de la concertation.....	24
1.7.1. Définition.....	24
1.7.2. Les objectifs de la concertation.....	24
1.7.3. Organisation de la concertation.....	25
1.7.3.1. Mise en place d'un comité technique pour l'élaboration du PPRLI.....	25
1.7.3.2. Mise en place d'un comité de pilotage pour l'élaboration du PPRLI.....	25
1.7.3.3. Synthèse de la concertation.....	26
1.8. Contenu du PPRLI.....	26
1.8.1. Documents obligatoires.....	26
1.8.2. Documents facultatifs à valeur informative.....	27
1.9. Valeur juridique du PPRLI.....	27
1.10. Le contexte national de la prévention des risques.....	28
1.10.1. La Directive Inondation.....	28
1.10.2. La stratégie nationale de la gestion des risques inondation (SNGRI).....	28
1.10.3. Les plans de gestion du risque inondation (PGRI).....	29
1.10.4. Territoires à Risques Importants (TRI).....	30
1.10.5. Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET).....	31
Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude.....	32
2.1. Cadre géographique.....	32
2.2. Géologie.....	33
2.2.1. Zone d'étude.....	33
2.2.2. Trait de côte.....	35
2.2.3. Résistance à l'érosion.....	36
2.3. Hydrogéologie.....	38
2.3.1. Caractéristiques hydrogéologiques des nappes.....	38
2.3.2. Les réseaux souterrains.....	38

2.4. Pédologie.....	39
2.5. Hydrographie.....	40
2.6. Contexte climatique.....	40
2.7. Contexte océanographique.....	42
2.7.1. Courants et régime de marée.....	42
2.7.2. Niveaux marins et surcotes.....	43
2.7.3. Vagues.....	44
2.7.4. Seiches.....	46
Chapitre 3 : Contextes historique et humain.....	47
3.1. Histoire des communes.....	47
3.1.1. Commune de Dieppe.....	47
3.1.2. Commune de Rouxmesnil-Bouteilles.....	49
3.1.3. Commune de Martin-Église.....	50
3.1.4. Commune d'Arques-la-Bataille.....	50
3.2. Evolution de l'usage du sol.....	51
3.3. Historique de la constitution du système de défense contre la mer et des ouvrages de protection.....	54
3.4. Recensement des événements d'inondation.....	55
3.5. Recensement des événements tempétueux.....	57
3.6. Événements historiques de submersions marines.....	59
3.7. Phénomènes de référence du PPRLI.....	60
3.7.1. Choix du phénomène de référence.....	60
3.7.2. Les phénomènes littoraux.....	60
3.7.3. Les PHEC (inondations par débordement de cours d'eau).....	62
3.7.4. Le ruissellement.....	62
3.7.5. La remontée de nappe.....	62
Chapitre 4 : Qualification de l'aléa submersion.....	63
4.1. Détermination des combinaisons centennales.....	63
4.1.1. Choix de la méthode.....	63
4.1.2. Données utilisées.....	63
4.1.2.1. Niveaux d'eau (SWL).....	63
4.1.2.2. Caractéristiques des vagues.....	64
4.1.3. Préparation du jeu de données de vagues et niveaux d'eau.....	66
4.1.3.1. Niveaux d'eau SWL.....	66
4.1.3.2. Caractéristiques des vagues.....	66
4.1.4. Ajustement des distributions de probabilités marginales (GPD) pour Hs et SWL.....	68
4.1.4.1. Hauteurs significatives des vagues.....	68
4.1.4.2. Niveaux d'eau.....	69
4.1.5. Ajustement des relations de dépendance entre les variables.....	69
4.1.5.1. Entre hauteurs significatives des vagues et niveaux d'eau.....	69
4.1.5.2. Entre hauteurs significatives des vagues et périodes pic des vagues.....	70
4.1.6. Simulation d'un grand nombre de combinaisons par méthode Monte-Carlo.....	70
4.1.7. Analyse des extrêmes.....	71
4.1.8. Sélection des combinaisons centennales.....	72
4.1.9. Définition des niveaux d'eau au large associés aux combinaisons centennales.....	73

4.1.9.1. Prise en compte du changement climatique et des incertitudes de la méthode.....	73
4.1.9.2. Références altimétriques.....	73
4.1.9.3. Niveaux d'eau au large associés aux combinaisons centennales.....	74
4.2. Données utilisées et connaissance terrain	74
4.2.1. Données topographiques.....	75
4.2.2. Données bathymétriques.....	76
4.2.3. Données D'occupation du SOL.....	78
4.2.4. Données sur le bâti.....	79
4.2.5. Identification des ouvrages et structures de protection.....	80
4.2.6. Connexions Hydrauliques.....	81
4.2.6.1. Pertuis du Bassin Duquesne.....	82
4.2.6.2. Pertuis Amiral Rolland.....	82
4.2.6.3. Buses de l'Arques.....	83
4.3. Propagation de la submersion marine - modélisation numérique.....	85
4.3.1. Stratégie de modélisation.....	85
4.3.1.1. Propagation de l'événement naturel de référence depuis le large jusqu'au front de mer et dans le port de Dieppe.....	85
4.3.1.2. Modélisation de la submersion marine par débordement.....	85
4.3.1.3. Modélisation de la submersion par franchissement de paquets de mer.....	86
4.3.2. Présentation des codes de modélisation numérique.....	87
4.3.2.1. MARS-2DH : modèle hydrodynamique de niveaux et courants	87
4.3.2.2. Wave-Watch III (WW3) : modèle spectral de propagation de vagues.....	87
4.3.2.3. SWASH : modèle de calcul des débits franchissant les ouvrages de protection.....	88
4.3.3. Configuration des modèles numériques.....	89
4.3.3.1. Emprise, bathymétrie et résolution.....	89
4.3.3.2. Forçages et conditions aux limites marines.....	92
4.3.4. Représentation du Terrain.....	94
4.3.4.1. MNT et MNE.....	94
4.3.4.2. Rugosité et frottement sur le fond pour la propagation de la submersion.....	96
4.3.5. Franchissement de paquets de mer.....	98
4.3.5.1. Méthode.....	98
4.3.5.2. Sensibilité et limites.....	102
4.3.6. Validation de la modélisation numérique.....	103
4.4. Détermination de l'événement naturel de référence et du scénario de référence 107	
4.4.1. Détermination de l'événement naturel de référence.....	107
4.4.1.1. Propagation des vagues depuis le large.....	107
4.4.1.2. Calcul de la surcote liée au déferlement des vagues (wave setup) et des niveaux d'eau.....	108
4.4.1.3. Calcul des franchissements sur la grande plage.....	109
4.4.1.4. Calcul des franchissements sur la plage de Puys.....	109
4.4.1.5. Définition de l'événement naturel de référence.....	110
4.4.2. Scénario de référence (Dispositifs hydrauliques).....	110
4.4.2.1. Scénario de Ruine généralisée des ouvrages.....	111
4.4.2.2. Scénario de défaillances des dispositifs hydrauliques.....	111
4.4.2.3. Choix du scénario de référence.....	112
4.4.3. Cartographie « statique » de la submersion.....	112
4.5. Aperçu des résultats de simulation.....	114
4.5.1. Simulation de la submersion par débordement.....	114
4.5.1.1. Simulation de l'événement de référence à l'échéance actuelle.....	114
4.5.1.2. Simulation de l'événement de référence à l'échéance 100 ans.....	117
4.5.2. Simulation de la submersion par paquets de mer au niveau de la grande plage.....	121
4.5.2.1. Simulation de l'événement de référence à l'échéance actuelle.....	121
4.5.2.2. Simulation de l'événement de référence à l'échéance 100 ans.....	123

4.6. Méthodes de qualification de l'aléa.....	126
4.6.1. Principes généraux.....	126
4.6.2. Cartographie de l'aléa au niveau de la plage de Puys.....	127
4.6.3. Bandes de sécurité liée aux chocs mécaniques des vagues.....	128
Chapitre 5 : L'aléa inondation par débordement de cours d'eau.....	130
5.1. Point sur la méthode hydrogéomorphologique.....	130
5.1.1. Notions générales de géomorphologie fluviale.....	130
5.1.2. Détermination de l'enveloppe maximale des inondations par débordement.....	131
5.2. L'exutoire de la vallée de l'Eaulne.....	133
5.3. L'exutoire des vallées de la Béthune et de la Varenne.....	133
5.4. La vallée de l'Arques.....	134
5.5. Identification du lit majeur des vallées sur la carte hydrogéomorphologique.....	135
5.6. Les plus hautes eaux connues (PHEC).....	136
5.7. Cartes des aléas inondation par débordement des cours d'eau.....	137
Chapitre 6 : L'aléa inondation par remontée de nappe.....	139
6.1. Point sur la méthode d'identification des zones de remontée de nappe.....	139
6.1.1. Notions générales sur les remontées de nappe.....	139
6.1.2. Caractéristiques locales.....	140
6.1.2.1. La nappe alluviale.....	140
6.1.2.2. La nappe de la craie.....	140
6.1.3. Détermination des zones de remontée de nappe.....	141
6.2. Cartographie des zones de remontée de nappe.....	141
6.2.1. Collecte de données et entretiens.....	141
6.2.2. Observations de terrain	142
6.2.3. Analyse du LIDAR et cartographie.....	143
Chapitre 7 : L'aléa inondation par ruissellement.....	146
7.1. Point sur la méthode d'identification des axes de ruissellement.....	146
7.2. Cartographie des axes de ruissellement.....	147
7.3. Les mesures de lutte contre le ruissellement.....	147
7.3.1. Commune d'Arques-la-Bataille.....	147
7.3.2. Commune de Dieppe.....	147
7.3.3. Commune de Martin-Église.....	149
7.3.4. Commune de Rouxmesnil-Bouteilles.....	149
7.4. Qualification de l'aléa ruissellement.....	150
Chapitre 8 : Les enjeux.....	152
8.1. Données d'entrée.....	152
8.1.1. Analyses de l'occupation du sol à partir des documents numériques.....	152
8.1.2. Analyse des enjeux stratégiques.....	153
8.1.3. Analyses de terrain.....	154
8.2. Méthodologie.....	154

8.2.1. Cartographie des enjeux.....	156
8.2.1.1. Les zones urbanisées.....	156
8.2.1.2. Les zones naturelles et agricoles.....	157
8.2.1.3. Les enjeux particuliers.....	157
8.2.1.4. Enjeux PPRLI.....	160
Chapitre 9 : Le zonage réglementaire.....	163
9.1. Définition des objectifs de prévention et zonage.....	163
9.2. Principe de la transcription réglementaire.....	163
9.2.1. Réglementation de la submersion marine.....	163
9.2.2. Réglementation du choc mécanique des vagues et projections.....	164
9.2.3. Réglementation de l'inondation par débordement de cours d'eau.....	165
9.2.4. Réglementation de l'inondation par remontée de nappe.....	165
9.2.5. Réglementation de l'inondation par ruissellement.....	165
9.2.6. Réglementation spécifique.....	166
9.2.7. Gestion des superpositions.....	166
9.3. Du zonage au règlement.....	166
9.3.1. Organisation du règlement.....	167
9.3.1.1. Structure du règlement.....	167
9.3.1.2. Organisation en zones de réglementation homogène.....	167
9.3.1.3. Principes et mesures de réduction de la vulnérabilité.....	167
9.3.1.4. Objectifs et cadre réglementaire des mesures applicables à l'existant.....	167
9.3.1.5. Mesures inscrites au règlement et applicables au bâti pré-existant en zone réglementée du PPRLI.....	168
9.3.1.6. Réduction de la vulnérabilité à l'occasion de projets concernant l'existant.....	169
9.3.2. Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.....	169

Chapitre 1 : Préambule

Le Plan de Prévention des Risques Naturel (PPRN) de l'Arques est établi en application des articles L.562-1 et suivants et R.562-1 et suivants du code de l'environnement.

1.1. Périmètre du PPRN

Le présent PPRN concernent les quatre communes de la vallée de l'Arques, dans le bassin versant de l'Arques :

- Arques-la-Bataille ;
- Martin-Église ;
- Rouxmesnil-Bouteilles ;
- Dieppe.

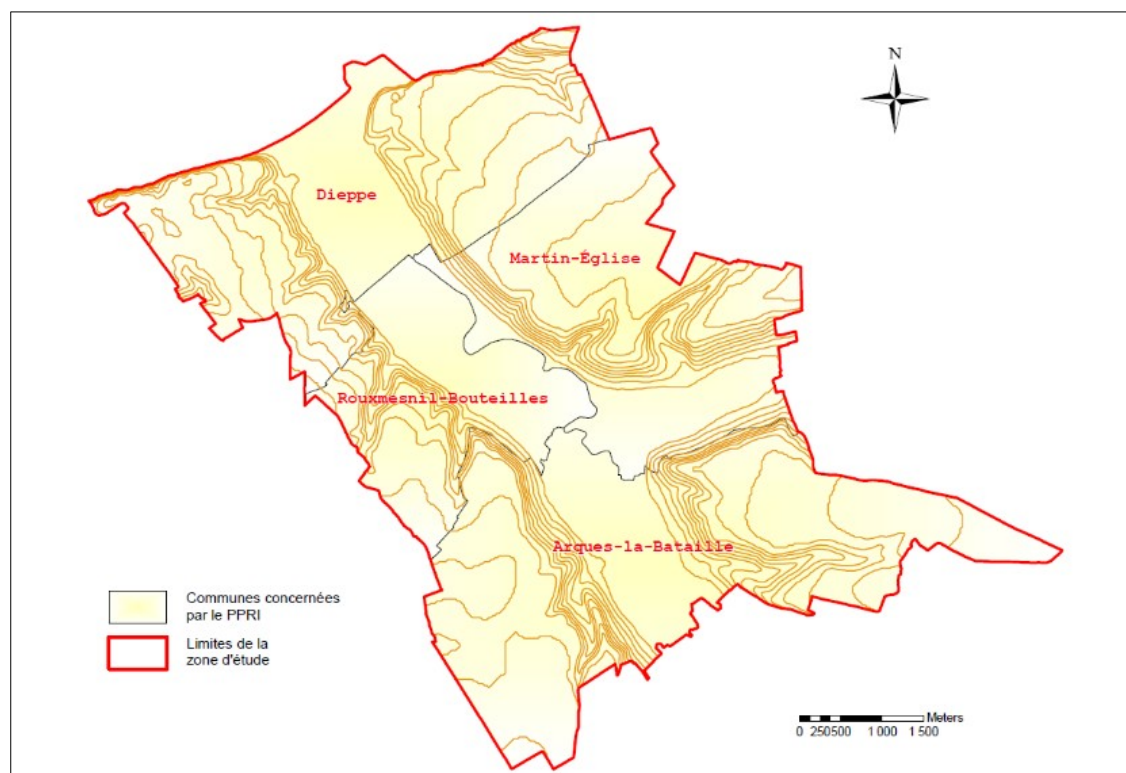


Figure 1 : Carte des communes concernées.

1.2. Prescription du PPRN

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

Article R.562-1 :

L'établissement des plans de prévention des risques naturels prévisibles mentionnés aux articles L.562-1 à L.562-7 est prescrit par arrêté du préfet. Lorsque le périmètre mis à l'étude s'étend sur plusieurs départements, l'arrêté est pris conjointement par les préfets de ces départements et précise celui des préfets qui est chargé de conduire la procédure.

Article R.562-2 :

L'arrêté prescrivant l'établissement d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles détermine le périmètre mis à l'étude et la nature des risques pris en compte. Il désigne le service déconcentré de l'État qui sera en charge d'instruire le projet. Cet arrêté définit également les modalités de la concertation et de l'association des collectivités territoriales et des établissements publics de coopération intercommunale concernés, relatives à l'élaboration du projet. Il est notifié aux maires des communes ainsi qu'aux présidents des collectivités territoriales et des établissements publics de coopération intercommunale compétents pour l'élaboration des documents d'urbanisme dont le territoire est inclus, en tout ou partie, dans le périmètre du projet de plan.

Il est, en outre, affiché pendant un mois dans les mairies de ces communes et aux sièges de ces établissements publics et publié au recueil des actes administratifs de l'État dans le département. Mention de cet affichage est insérée dans un journal diffusé dans le département.

Le PPRLI des quatre communes de l'Arques a été prescrit par arrêté préfectoral du

11 octobre 2011.

Les risques pris en compte par ce PPRN sont :

- la submersion marine (risques littoraux) ;
- les inondations par débordement de rivière ;
- le ruissellement ;
- la remontée de nappe.

L'acronyme retenu pour ce PPRN sera donc **PPRLI** pour Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation.

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

1.3.1. Définition du risque

Le risque est la rencontre d'un phénomène aléatoire (ou « aléa », en l'occurrence l'inondation ou les chutes de blocs) et d'un enjeu (vies humaines, biens matériels, activités, patrimoines) exposé à ce phénomène naturel aléatoire.

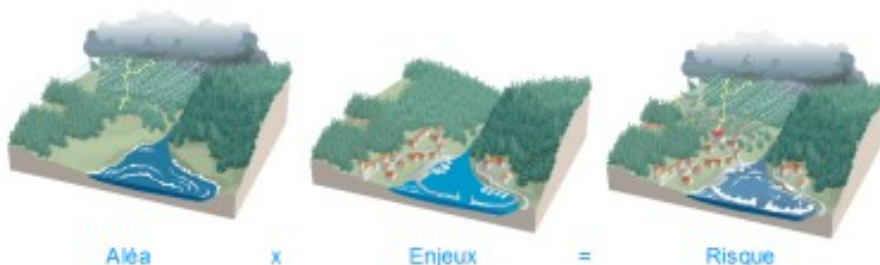


Figure 2 : schéma représentant le rapport existant entre les notions d'aléa, d'enjeux et de risque

Un risque « majeur » est un risque qui se caractérise par une probabilité faible et des conséquences extrêmement graves.

1.3.2. Les textes fondateurs

Quatre 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 politique de l'Etat 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 4 principes : la protection, la prévention, la gestion de crise et l'information.

- 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. Son intérêt est limité par son coût et par l'étendue du territoire à traiter, et les travaux ne seront donc mis en œuvre 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 et dans des 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 les plus efficaces possible dès lors que le phénomène se déclenche. Cela passe par la mise en place de procédures d'alerte pour réduire les conséquences par des mesures temporaires (évacuation, etc.), ainsi que par la préparation de la gestion de la catastrophe et l'organisation prévisionnelle des secours (plan ORSEC).
- l'**information préventive** a pour objectif d'informer et de responsabiliser le citoyen. En effet 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. Cette information est donnée dans le cadre supra-communal et communal : dossier départemental des risques majeurs (DDRM), dossier communal synthétique (DCS), dossier d'information communal sur les risques majeurs (DICRIM). Par ailleurs lors de l'achat ou de la location d'un bien immobilier situé dans un PPRN prescrit ou approuvé, il est obligatoire de le signaler à l'acquéreur ou au locataire.

1.4. La responsabilité des acteurs en matière de prévention du risque « inondation »

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

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 (Le Dossier Départemental des Risques Majeurs, 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.

Mais cette information nécessitera une connaissance préalable du risque au travers d'analyses des phénomènes, des qualifications d'aléas (Atlas des zones Inondables, etc.). Ces données seront 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 (Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs – DICRIM) à qui ils doivent faire connaître les risques.

L'article L125-2 du code de l'environnement précise 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 ».

L'article L731-3 du code de la sécurité intérieure rend obligatoire l'élaboration d'un Plan Communal de Sauvegarde (PCS) dans les communes dotées d'un Plan de Prévention des Risques naturels approuvé. Ce PCS regroupe l'ensemble des documents de compétence communale contribuant à l'information préventive 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 et Plan Local d'Urbanisme 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 soient 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 plan de prévention des risques a le devoir d'informer l'acheteur ou le locataire de l'existence des risques naturels et/ou technologiques auxquels ses biens sont exposés (Information Acqureur Locataire ou 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.

1.5. Pourquoi un PPRLI ?

L'état a doté les communes de l'Arques d'un PPRI prescrit par le Préfet de la Seine-Maritime le 23 mai 2001 et approuvé le 26 décembre 2007. Ce document s'intéressait aux phénomènes d'inondation par débordement des cours d'eau, ruissellement et remontée de nappe sur les communes d'Arques-la-Bataille, de Martin-Église, de Rouxmesnil-Bouteilles et de Dieppe.

Après la tempête Xynthia qui a causé la mort de 53 personnes, 79 blessés et plus de 2,5 milliards d'euros de dégâts le 28 février 2012, l'État français a souhaité relancer en priorité les procédures d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Littoraux dans les communes les plus exposées en raison de leur altitude basse (moins de 5 m NGF¹) et dont les enjeux humains sont protégés par des digues. Conformément aux recommandations du guide méthodologique « Plan de Prévention des Risques Littoraux » édité par le ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie en 2014, le présent PPRLI intègre les autres risques littoraux identifiés sur le territoire : érosion du trait de côte et choc mécanique des vagues.

Dans le cas de la région de Dieppe, il a été décidé de profiter de l'élaboration du Plan de Prévention des Risques Littoraux pour réviser les PPRI de l'Arques et de le transformer en PPRLI.

1.6. Procédure d'élaboration du PPRN

L'élaboration du PPRN est encadré par les articles L562-1 à L562-9 et R562-1 à R562-11 du code de l'environnement qui prévoient :

- la 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 ;
- l'établissement du projet par les services de l'État ;

¹NGF : Nivellement général de la France exprimant l'altitude absolue des terrains (équivalent à IGN 69)

- la consultation de la chambre d'agriculture et du centre régional de la propriété forestière ;
- la consultation des conseils municipaux et des EPCI ;
- l'enquête publique ;
- l'approbation par arrêté préfectoral qui érige le PPRN en servitude d'utilité publique ;
- l'annexion du PPRN au Plan d'Occupation des Sols (POS), au Plan Local d'Urbanisme (PLU) ou tout autre document d'urbanisme.

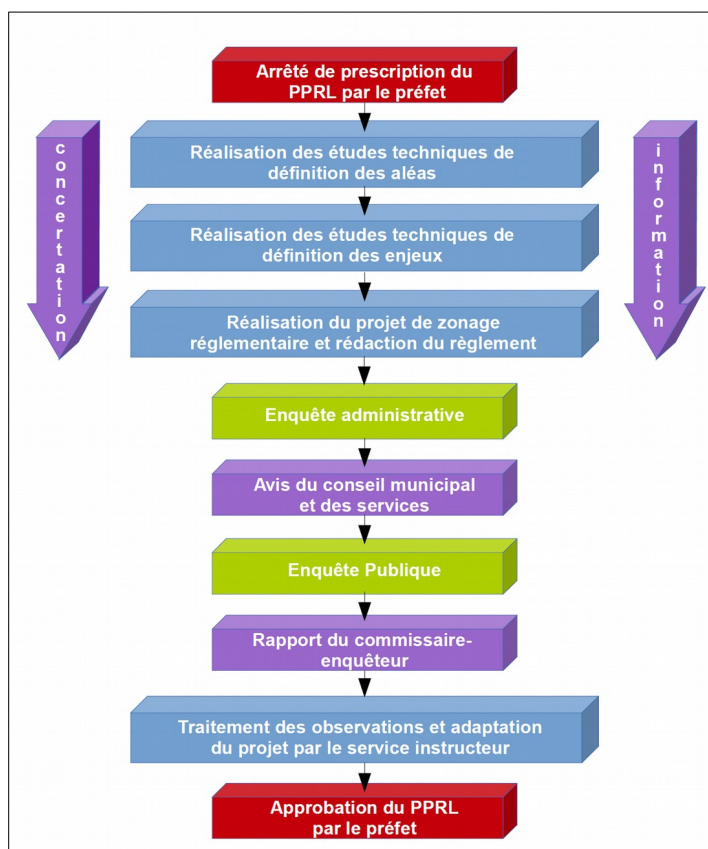


Figure 3 : synoptique de la procédure d'élaboration d'un Plan de Prévention des risques

Le PPRN approuvé vaut servitude d'utilité publique au titre de l'article L.562-4 du code de l'environnement. Il doit donc être annexé au PLU conformément à l'article L.153-60 du code de l'urbanisme. À ce titre, cette servitude est notifiée par le préfet au président de l'établissement public ou au maire. Ceux-ci les annexent sans délai par arrêté au plan local d'urbanisme. A défaut, le préfet est tenu de mettre le président de l'établissement public compétent ou le maire en demeure d'annexer au plan local d'urbanisme les servitudes mentionnées au premier alinéa. Si cette formalité n'a pas été effectuée dans le délai de trois mois, l'autorité administrative compétente de l'État y procède d'office.

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

1.7. Modalités de la concertation

Le PPRLI est le fruit d'une étroite concertation avec les communes concernées.

1.7.1. Définition

La concertation est une méthode de participation des acteurs locaux (élus locaux, acteurs de l'aménagement, services institutionnels ayant une compétence en la matière) à l'élaboration du PPRLI.

Dès la prescription et tout au long de l'élaboration du projet de plan, les acteurs locaux et les services institutionnels sont associés et consultés.

La concertation, présentée dans la circulaire du 3 juillet 2007 ayant pour objet « la consultation des acteurs, la concertation avec la population et l'association des collectivités territoriales dans les plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPRn) », est définie comme étant la façon d'établir des relations de coopération pour une stratégie locale de prévention. Le recours à la concertation est devenu une obligation réglementaire depuis le décret n° 2005-3 du 4 janvier 2005 modifiant le décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995 relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles.

1.7.2. Les objectifs de la concertation

La concertation a pour objectif de consulter les services de l'État intéressés ainsi que l'ensemble des maires des communes du secteur d'étude, les intercommunalités, les autres acteurs institutionnels intéressés durant les différentes phases d'élaboration du plan de prévention des risques. Cela permet à toutes les instances d'être informées du contenu des études et d'exprimer leurs avis sur les documents présentés.

Elle a également pour objectif d'informer la population du contenu du PPRI et de lui permettre d'exprimer son avis sur ce contenu et de se l'approprier.

C'est pourquoi, la concertation permet d'élaborer et de mettre au point le projet de plan, en s'entourant de toutes les compétences en présence, administratives, techniques et politiques.

Elle consiste à :

- rechercher une appréciation commune des risques et des facteurs qui y concourent : aléas, enjeux, vulnérabilité, moyens de prévention et tous autres facteurs locaux spécifiques ;
- dégager d'un commun accord une orientation qui tienne compte des perspectives de développement futur ;
- travailler de concert à la définition des mesures opérationnelles qui les concrétisent ;
- informer, écouter, expliquer et discuter pour aboutir à l'appropriation du PPRI par la population.

1.7.3. Organisation de la concertation

1.7.3.1. Mise en place d'un comité technique pour l'élaboration du PPRLI

La DDTM76, représentant l'État, pilote l'étude d'élaboration de ce PPRLI. L'État a fait appel à la société Alp'Géorisques (bureau d'études) pour la production technique de cette étude.

La DDTM76 a également constitué un comité technique pour échanger sur les différents documents produits et suivre les phases techniques, cartographiques et réglementaires de cette étude. Ce comité technique se compose comme suit :

- DDTM de Seine Maritime;
- DREAL Normandie ;
- Syndicat mixte du bassin versant de l'Arques ;
- BRGM ;
- Alp'Géorisques.

Des comités techniques se sont tenus aux dates suivantes :

- 10/10/2013
- 15/12/2015
- 17/05/2016
- 05/07/2016
- 13/09/2016
- 14/10/2016
- 27/03/2017
- 22/09/2020

1.7.3.2. Mise en place d'un comité de pilotage pour l'élaboration du PPRLI

Un comité de pilotage regroupant les membres du comité technique, les communes et EPCI concernées par le périmètre du PPRLI a également été créé. Ce comité de pilotage a été associé aux phases de lancement, de diagnostic, de caractérisation des aléas et enjeux, aux cartes du zonage réglementaire et à son règlement.

Le comité de pilotage a été réuni et consulté par courrier à chaque étape clef de l'élaboration du PPRLI. Ses membres ont ainsi pu émettre des remarques et questions sur les documents présentés, et des réponses individuelles y ont été apportées.

Des comités de pilotage se sont tenus aux dates suivantes :

- 16/05/2012
- 25/06/2012
- 15/10/2015
- 05/04/2017

- 15/10/2020

D'autres réunions plus ou moins formelles se sont déroulées entre ces dates officielles, individuellement avec les collectivités et la DDTM, pour préciser certains points particuliers du dossier de PPRLI.

1.7.3.3. Synthèse de la concertation

La co-construction et la concertation avec les élus des communes se sont faites tout au long de l'élaboration de l'étude du PPRLI.

Trois modes de co-construction / concertation ont été mis en place :

- la rencontre individuelle des maires ou d'élus représentant les communes sur la connaissance de l'aléa, la caractérisation des enjeux, la traduction réglementaire, la sémiologie ;
- des échanges écrits par courrier ou courriel sur les mêmes sujets ;
- des échanges en séance plénière avec les élus des communes et des intercommunalités.

Rappels des étapes clés de la concertation avec les élus :

- 16/05/2012 : COPIL : réunion en séance plénière avec les élus annonçant le démarrage du PPRLI et présentant le bureau d'étude retenu et la méthodologie proposée ;
- 05/04/2017 : COPIL : réunion en séance plénière avec les élus de présentation des aléas continentaux et des aléas littoraux ;
- 15/10/2020 : COPIL : réunion en séance plénière avec les élus présentant le projet de zonage réglementaire et de règlement ;

Chaque réunion de COPIL a fait l'objet :

- d'un courrier d'invitation ;
- de réponse aux remarques formulées lors de la phase précédente ;
- de réponses aux remarques formulées en séances et hors séance ;
- de rencontres individuelles des maires ou élus communaux chaque fois que la DDTM a été sollicitée ;
- d'un compte-rendu.

À chaque étape de concertation avec les collectivités, en début de l'étape suivante, des réponses ont été apportées par courrier à chaque acteur ayant formulé des remarques.

Suite à la finalisation du dossier de PPRI, une phase de consultation formelle de 2 mois sera lancée, puis une enquête publique, d'une durée minimale de 1 mois.

1.8. Contenu du PPRLI

1.8.1. Documents obligatoires

Le contenu du Plan de Prévention des Risques est précisé par l'article R562-3 du code de l'environnement.

« Le dossier de projet de plan comprend :

1° Une note de présentation indiquant le secteur géographique concerné, la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles, compte tenu de l'état des connaissances ;

2° Un ou plusieurs documents graphiques délimitant les zones mentionnées aux 1° et 2° du II de l'article L.562-1 ;

3° Un règlement précisant, en tant que de besoin :

a) Les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune de ces zones en vertu des 1° et 2° du II de l'article L.562-1 ;

b) Les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde mentionnées au 3° du II de l'article L.562-1 et les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existant à la date de l'approbation du plan, mentionnées au 4° de ce même

II. Le règlement mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour celle-ci.

Il peut comprendre d'autres documents en annexe (textes de loi, décrets, circulaires, cartes explicatives, bibliographie, etc.). »

1.8.2. Documents facultatifs à valeur informative

Le PPRLI 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.

Ce sont :

- les documents graphiques suivants :
 - une cartographie de l'aléa submersion marine et chocs de vagues et projection, PHEC (inondation par débordement de cours d'eau), ruissellement et remontée de nappe ;
 - une cartographie des enjeux PPRLI ;
- le bilan de la concertation.

1.9. Valeur juridique du PPRLI

Le PPRLI approuvé vaut servitude d'utilité publique et est annexé au PLU conformément à l'article L.562-4 du Code de l'Environnement.

Il est opposable à tout mode d'occupation ou d'utilisation du sol. Le PPRLI traduit pour les communes, leur exposition aux risques tels qu'ils sont actuellement connus. Aussi, il peut faire l'objet de révision en cas d'éléments nouveaux le justifiant.

L'article R562-2 du code de l'environnement fixe les modalités de mise en œuvre des PPRN.

« L'arrêté prescrivant l'établissement d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles détermine le périmètre mis à l'étude et la nature des risques pris en compte. Il désigne le service déconcentré de l'État qui sera chargé d'instruire le projet.

Il mentionne si une évaluation environnementale est requise en application de l'article R.122-18. Lorsqu'elle est explicite, la décision de l'autorité de l'État compétente en matière d'environnement est annexée à l'arrêté.

Cet arrêté définit également les modalités de la concertation et de l'association des collectivités territoriales et des établissements publics de coopération intercommunale concernés, relatives à l'élaboration du projet. Il est notifié aux maires des communes ainsi qu'aux présidents des collectivités territoriales et des établissements publics de coopération intercommunale compétents pour l'élaboration des documents d'urbanisme dont le territoire est inclus, en tout ou partie, dans le périmètre du projet de plan.

Il est, en outre, affiché pendant un mois dans les mairies de ces communes et aux sièges de ces établissements publics et publié au recueil des actes administratifs de l'État dans le département. Mention de cet affichage est insérée dans un journal diffusé dans le département... »

Enfin, l'article R562-8 du code de l'environnement définit les modalités de consultation du public :

« Le projet de plan est soumis par le préfet à une enquête publique dans les formes prévues par les articles R.123-6 à R.123-23, sous réserve des dispositions des deux alinéas qui suivent.

Les avis recueillis en application des trois premiers alinéas de l'article R.562-7 sont consignés ou annexés aux registres d'enquête dans les conditions prévues par l'article R.123-13.

Les maires des communes sur le territoire desquelles le plan doit s'appliquer sont entendus par le commissaire enquêteur ou par la commission d'enquête une fois consigné ou annexé aux registres d'enquête l'avis des conseils municipaux. »

En cas de non-respect des prescriptions définies par le PPRLI, les modalités d'assurance des biens et personnes sont susceptibles d'être modifiées.

1.10. Le contexte national de la prévention des risques

1.10.1. La Directive Inondation

Il s'agit de la Directive 2007/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et la gestion des risques d'inondation. Elle a été transposée en droit français : Loi « Grenelle 2 » du 12 juillet 2010, décret 2 mars 2011.

Il s'agit d'un cadre pour l'évaluation et la gestion des risques d'inondation qui vise à réduire les conséquences négatives pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique associées aux inondations dans l'Union Européenne.

1.10.2. La stratégie nationale de la gestion des risques inondation (SNGRI)

La première stratégie nationale de gestion des risques d'inondation arrêtée le 7 octobre 2014 s'inscrit dans le renforcement de la politique nationale de gestion des risques d'inondation initié dans le cadre de la mise en œuvre de la directive inondation.

Sur le territoire de la Seine-Maritime, l'évaluation préliminaire des risques inondation (EPRI) a été arrêtée le 20 décembre 2011 par le PCB (Préfet Coordonnateur du bassin de la Seine).

À l'échelle du territoire national, près de 1 Français sur 4 et 1 emploi sur 3 sont aujourd'hui potentiellement exposés aux inondations.

Ces risques sont encore aggravés par les effets du changement climatique sur l'élévation du niveau moyen des mers et la multiplication possible des fortes tempêtes.

Sur le territoire national, les dommages annuels moyens causés par les inondations sont évalués entre 650 à 800 millions d'euros. Ce coût annuel moyen pourrait être nettement plus important en cas d'aléa d'intensité exceptionnelle.

Face à ce constat, et sous l'impulsion de la directive inondation, la France a mobilisé d'importants moyens humains, techniques et financiers pour renforcer sa politique de gestion des différents risques d'inondation qu'il s'agisse de submersion marine, de débordement de cours d'eau (fluvial comme torrentiel), de remontée de nappe, de ruissellement urbain ou agricole.

Ainsi pour la première fois, la France s'est dotée d'une stratégie qui impose une approche proactive en matière de prévention des inondations sur l'ensemble des territoires à risques : l'ambition de cette politique est de porter une attention particulière aux secteurs les plus exposés, les territoires à risque important d'inondation (TRI), mais également aux secteurs épargnés par les inondations ces dernières décennies.

Au-delà de l'implication de tous les territoires, et à travers cette stratégie, le gouvernement rappelle que chacun a un rôle à jouer face au risque inondation : citoyens, entreprises, collectivités, État doivent adapter leur comportement. Pour mieux se protéger, il est indispensable d'y participer et de mieux connaître les risques auxquels on est exposé.

Issue d'une consultation nationale auprès du grand public, la stratégie nationale de gestion des risques d'inondation vise à assurer la cohérence des actions menées sur le territoire. Elle a été arrêtée par les ministres de l'Écologie, de l'Intérieur, de l'Agriculture et du Logement le 7 octobre 2014.

La stratégie nationale fixe trois grands objectifs :

- augmenter la sécurité des populations ;
- réduire le coût des dommages ;
- raccourcir fortement le délai de retour à la normale des territoires sinistrés.

Déclinés à travers 4 défis (principes d'actions et objectifs immédiats)

- développer la gouvernance et les maîtrises d'ouvrage pérennes ;
- mieux savoir pour mieux agir ;
- aménager durablement les territoires ;
- apprendre à vivre avec les inondations.

1.10.3. Les plans de gestion du risque inondation (PGRI)

La France métropolitaine est divisée en grandes zones géographiques appelées district hydrographique ou grand bassin, chaque département d'outre-mer constitue à lui seul un

district. Dans le cadre de la directive inondation et en déclinaison de la stratégie nationale de gestion des risques d'inondation (SNGRI) un plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) doit être élaboré sur chaque district sous l'autorité du préfet coordonnateur de bassin en lien avec les parties prenantes.

Ce plan définit les objectifs de la politique de gestion des inondations à l'échelle du bassin et les décline sous forme de dispositions visant à atteindre ces objectifs. Il présente également des objectifs ainsi que des dispositions spécifiques pour chaque territoire à risque important d'inondation (TRI) du district.

Le PGRI peut traiter de l'ensemble des aspects de la gestion des inondations : la prévention des inondations au regard de la gestion équilibrée et durable de la ressource en eau, la surveillance, la prévision et l'information sur les phénomènes d'inondation, la réduction de la vulnérabilité des territoires face aux risques d'inondation, et notamment des mesures pour le développement d'un mode durable d'occupation du sol et la maîtrise de l'urbanisation. Il vise ainsi à développer l'intégration de la gestion du risque dans les politiques d'aménagement du territoire.

Le plan de gestion du risque inondation du bassin Seine-Normandie a été arrêté le 7 décembre 2015 et sera mis à jour tous les six ans, dans un cycle d'amélioration continue.

Les stratégies locales de gestion des risques d'inondation (SLGRI) constituent la déclinaison des objectifs du PGRI pour les territoires à risque important d'inondation. Les stratégies locales sont élaborées conjointement par les parties intéressées sur les TRI, en conformité avec la stratégie nationale et en vue de concourir à sa réalisation.

Les 4 objectifs de la SLGRI sont :

- Objectif 1 : Réduire la vulnérabilité des territoires ;
- Objectif 2 : Agir sur l'aléa pour réduire le coût des dommages ;
- Objectif 3 : Raccourcir fortement le délai de retour à la normale des territoires sinistrés ;
- Objectif 4 : Mobiliser tous les acteurs via le maintien et le développement de la culture du risque.

1.10.4. Territoires à Risques Importants (TRI)

Sur la base de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI) de chaque district et des EPRI de chaque district hydrographique 122 territoires à risque d'inondation important (TRI) ont été arrêtés sur l'ensemble du territoire national.

Ces territoires à risque d'inondation important font l'objet d'un diagnostic approfondi du risque. Une cartographie des risques est ainsi réalisée sur chaque TRI et arrêtée par le préfet coordonnateur de bassin. Cette cartographie constitue une étape majeure dans la connaissance des spécificités du territoire, des aléas auxquels il peut être soumis et dans la localisation des enjeux en rapport avec ces événements. Le but est de mieux connaître la vulnérabilité du territoire pour savoir quels sont les outils de gestion à privilégier. Cette cartographie donne un premier accès à l'analyse des vulnérabilités et du fonctionnement socio-économique de la zone : exposition des établissements sensibles (hôpitaux, écoles, entreprises Seveso), emplacements stratégiques des réseaux routiers, sensibilité des réseaux d'énergie, d'eau potable ou d'assainissement...

Une fois le territoire à risque d'inondation important identifié et analysé au regard des risques d'inondation, l'étape suivante consiste à mettre en place une gestion ciblée des risques auxquels il est soumis pour anticiper et réduire l'impact des crises. Abritant une grande densité de population urbaine, les TRI font en effet l'objet d'une attention particulière des pouvoirs publics pour y réduire le coût des dommages consécutifs aux inondations. Ainsi, aux côtés de l'État, les collectivités locales assureront une gestion de ces risques, sur un périmètre géographique pertinent, par une stratégie locale pour répondre aux ambitions de la stratégie nationale de gestion des risques d'inondation (SNGRI).

La cartographie définissant les contours du TRI a été arrêtée le 27 novembre 2012 par le préfet coordonnateur du bassin de la Seine.

1.10.5. Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET)

Le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) stipule que les PLU/PLUI auront à prendre en compte les risques naturels, au travers des SCOT. Il s'agit particulièrement :

- du sous-objectif « Accompagner les adaptations au changement climatique » de l'objectif 10 « Protéger les espaces naturels littoraux », ainsi que la règle n°5 « Dans les zones littorales, rétro littorales et milieux estuariens, permettre les aménagements et les constructions uniquement s'ils sont adaptés aux risques naturels prévisibles à l'horizon de 2050 (inondation, submersion marine, érosion, recul du trait de côte) » ;
- des sous-objectifs « Intégrer la prise en compte du risque dans le quotidien des secteurs à risque inondation » et « Réduire les facteurs du risque d'érosion, de ruissellement et d'inondation par crue et par remontée de nappe, sur l'ensemble du territoire et l'ensemble des espaces, naturels et urbanisés » de l'objectif 48 « Réduire les risques naturels liés à l'eau et prévenir l'impact du changement climatique » et la règle 27 « Éviter et réduire l'imperméabilisation des sols ».

Si le PPRLI établit des règles immédiatement applicables, le SRADDET a une action complémentaire, invitant les collectivités littorales à se doter, à une échelle géographique plus large que celle du PPRLI, d'une stratégie territoriale d'adaptation à moyen et long terme.

Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude

2.1. Cadre géographique

Le bassin versant de l'Arques est situé dans le département de la Seine-Maritime, au Nord-Est de Rouen, dans le « Pays dieppois - Terroir de Caux ». L'Arques est né de la confluence de l'Eaulne, de la Béthune et de la Varenne qui se rejoignent presque au même point sur la commune d'Arques-la-Bataille.

Du fait de cette configuration particulière, bien que le cours de ce fleuve côtier ne fasse que quelque kilomètre de long, il affiche un bassin versant d'une superficie de 1 050 km².

L'ensemble des quatre communes représente une population de près de 35 000 personnes.

Le bassin versant de l'Arques est très représentatif des types de paysages qui caractérisent la Seine-Maritime. Il se compose de trois principales unités morphologiques :

- Les plateaux sur lesquels se situent les grandes cultures agricoles ;
- Les vallées sèches (ou « vals » dans la toponymie locale) qui peuvent parfois être très encaissées avec des versants (ou dans la plupart des cas des coteaux) abrupts généralement boisés ;
- Les fonds de vallée, qui correspondent à la plaine alluviale des principaux cours d'eau et à l'embouchure de l'Arques. Celles-ci abritent les unités urbaines du bassin versant de l'Arques.

Les plateaux sont marqués par une relative planéité avec des pentes généralement inférieures à 5%. Ces plateaux sont entrecoupés de micro talwegs, qui collectent les eaux de ruissellement jusqu'aux vallées sèches. Ces vallées se caractérisent par un encaissement beaucoup plus marqué avec des pentes généralement supérieures à 10%.

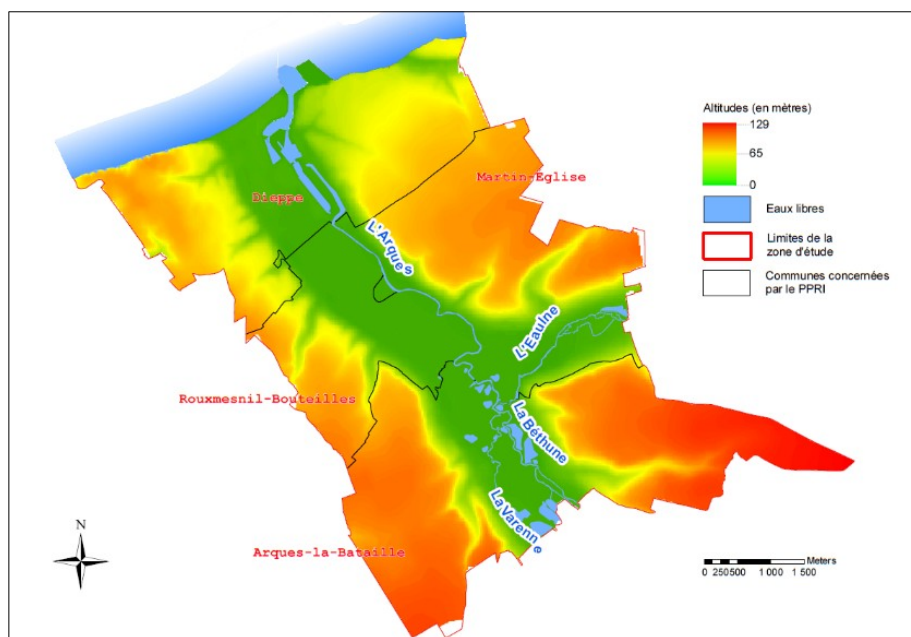


Figure 4: Carte des altitudes du périmètre d'étude (MNT-25m dressé d'après les points présents dans la BDTopo)

Les vallées sèches se connectent aux vallées principales, très incisées, avec des pentes supérieures à 20%. Le fleuve Arques correspond à l'exutoire de trois rivières drainant la partie orientale du Pays de Caux et le nord du Pays de Bray (superficie totale du bassin versant : 1050 km²). La vallée de l'Arques, drainée par un cours d'eau permanent, présente une urbanisation importante correspondant à Dieppe et sa zone d'activités et à la périurbanisation touchant les communes avoisinantes.

L'orientation générale du bassin versant est orientée Sud-Est/Nord-Ouest.

Le point culminant de la zone d'étude se situe au Sud-Est, en forêt domaniale d'Arques, sur la commune d'Arques-la-Bataille avec une altitude de 129 mètres. Le point le plus bas (0 m) correspond à l'altitude où l'Arques se jette dans la Manche.

2.2. Géologie

2.2.1. Zone d'étude

Les craies du Crétacé supérieur forment « l'ossature » du bassin versant. L'épaisseur de la couche qui résulte de l'accumulation des différents étages stratigraphiques du Crétacé (Sénonien inférieur), est estimée à environ 300 m. Ce substrat crayeux est recouvert en grande partie, sur les plateaux et dans les fonds de vallées par des couvertures du quaternaire.

À l'Est, se présente la terminaison Nord-Est du Pays de Caux. Le plateau, peu élevé entre Quiberville et Veules-les-Roses, se relève sur à son extrémité orientale sur la commune de Dieppe (altitudes supérieures à 80 m). Vers la Manche, le plateau est brusquement interrompu par la falaise. Le littoral compris entre Dieppe et Saint-Valéry-en-Caux est presque rectiligne (orientation Est-Nord-Est/Ouest-Sud-Ouest).

À l'Ouest, il s'agit de l'extension Nord-orientale du Pays de Caux. L'altitude du plateau oscille autour de 100 m le long du littoral. Ce plateau est entaillé par la vallée de l'Arques orientée Sud-Est/Nord-Ouest, formée par la confluence de trois rivières (Eaulne, Béthune, Varenne).

Un système de vallées sèches (appelées localement « vals » ou « fonds » quand elles sont cultivées, et « cavées » lorsqu'elles sont couvertes de taillis) orientées Sud-Ouest/Nord-Est se raccorde au réseau drainé. Les versants exposés au Sud et à l'Ouest sont le plus souvent abrupts et boisés, tandis que les autres, qui présentent des pentes plus douces, sont généralement livrés à l'agriculture. L'ensemble de ces versants est parcouru par des séries de terrasses sub-horizontales, disposées le long de l'axe de la vallée.

La série crayeuse :

Les craies qui affleurent dans les limites de la zone d'étude sont toutes à attribuer au Sénonien inférieur. Cette série crayeuse se constitue de :

- la « **craie à *Marsupites testitudinarius*** » : craie blanche, fine, tendre à lits de silex isolés noirs, à écorce blanche peu épaisse . Il est possible d'observer çà et là des lits subhorizontaux de craie conglomératique. Il s'agit d'un ensemble crayeux puissant d'un maximum 20 mètres d'épaisseur ;
- la « **craie à *Micraster*** » : cette craie est très proche de la précédente, mais les silex, parfois disposés en dalles continues sont cariés, à écorce épaisse, blanche, rosée ou rougeâtre. Cette craie forme la presque totalité des falaises et elle affleure aussi en de nombreuses zones dans l'intérieur des terres. Son épaisseur est de l'ordre de 70 à 80 mètres ;
- la « **craie à *Micraster decipiens*** » : craie blanche, rude au toucher, à silex noirs espacés ou en dalles. Les bancs de craie conglomératiques sont beaucoup plus nombreux que dans les craies précédentes. Seule la partie supérieure de cette craie affleure à la base des falaises, de part et d'autre de la vallée de l'Arques.

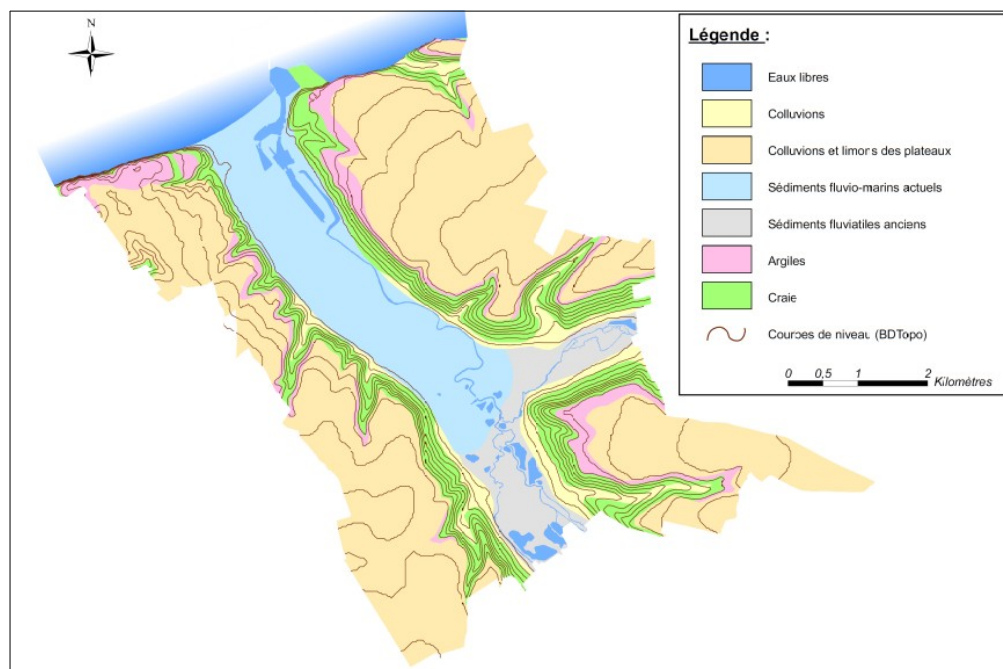


Figure 5: Carte géologique simplifiée du périmètre d'étude (d'après la carte géologique au 1/50000 du BRGM)

Les formations superficielles :

- **Les argiles à silex**

Les argiles à silex correspondent à un mélange d'argile rouge ou brune, très collante quand elle est humide, et de silex entiers ou brisés, mais non roulés, hétérométriques, et souvent recouverts d'un enduit noir. A cet ensemble peut s'ajouter du matériel éocène déplacé (sables, galets, etc.).

L'argile à silex est présente partout sur la craie et sous les limons des plateaux. Le passage avec ceux-ci est progressif. La surface de contact avec la craie est très irrégulière et l'argile remplit des poches larges et peu profondes, des puits (ou cheminées) étroits et très profonds, séparés par des chicots crayeux.

Au voisinage du littoral, où les limons sont peu épais, elle affleure au sommet des falaises. Partout ailleurs, où la couverture des limons est assez puissante, les meilleurs affleurements forment des liserés étroits, au sommet des versants les plus raides. Sur les versants à pente douce, elle est intimement mêlée au matériel issu, par ruissellement, des limons des plateaux (cônes de déjection correspondant à des colluvions de type bief à silex).

- **Les limons des plateaux**

Il s'agit d'un complexe argilo-sableux loessoïque qui forme un revêtement presque continu à la surface du plateau. C'est un sédiment brun ou jaune, meuble mais cohérent, ni collant ni plastique à l'état humide, et qui se réduit en poussière à l'état sec. Il renferme peu ou pas de silex, sauf dans la partie tout à fait inférieure, à l'approche de l'argile à silex sur laquelle il repose.

La puissance des limons varie selon les endroits. Leur épaisseur moyenne est comprise entre 5 et 8 mètres, mais diminue à proximité des versants et des falaises.

- **Les colluvions de pente et de fond de vallées sèches**

Elles sont constituées aux dépens des formations qui reposent sur la craie. Celles-ci ont glissé sur les pentes et, dans le cas de vallées non drainées, se sont accumulées au fond sur plusieurs mètres d'épaisseur.

Ce sont généralement des limons argilo-sableux. Parfois, galets, argiles, sables éocènes et surtout silex forment une part notable. On parle alors de bief à silex. Des fragments de craie sont fréquents à la base. Les dépôts de pente ont livré localement des silex taillés. Ces dépôts reposent, soit sur la craie altérée, soit sur une croûte créchique formée de fragments anguleux de craie durcie et cimentés entre eux.

- **Les sédiments fluviatiles actuels**

Leur importance est faible. Ils sont constitués par de minces couches de tourbes et d'argiles sableuses sombres, situées sous la terre végétale des vallées de l'Eaulne, la Béthune et la Varenne. Ils reposent sur les sédiments fluviatiles flandriens tourbeux et restent difficiles à individualiser.

- **Les sédiments marins actuels**

Ils sont particulièrement développés dans l'estuaire de l'Arques, où leur épaisseur dépasse 10 m sous Dieppe. Vers l'amont, ils s'amincissent progressivement. A l'embouchure, ces dépôts sont représentés par des cordons ou pouliers de galets stabilisés. Plus en amont, les sables font place à des argiles compactes ou silteuses, bleues ou vertes, jaunes en surface, dites « argiles poldériennes d'étran ». Les sources historiques confirment qu'à une époque récente la mer remontait l'estuaire de l'Arques, où l'on exploita, jusqu'au XVI^e s. des pêcheries et des salines. Actuellement, l'altitude du fond de la vallée est inférieure à la hauteur que la mer atteint lors des marées hautes de vive eau. Depuis la fin du XVIII^e s., une écluse interdit la remontée des eaux marines.

2.2.2. Trait de côte

Le trait de côte présent sur la zone d'étude se découpe en trois parties distinctes d'Ouest en Est :

- La falaise à l'Ouest de Dieppe (terminaison Nord-Est du Pays de Caux) ;
- L'embouchure de la vallée de l'Arques (anthropisée, occupée par la ville et le port de Dieppe) ;
- La falaise à l'Est de Dieppe (terminaison Nord-Ouest du Pays de Caux).

Vers la Manche, le plateau s'interrompt brusquement à la falaise de part et d'autre de la ville de Dieppe. Le fond de la vallée se termine par un cordon de galets issus du transport sédimentaire des platiers rocheux proches. Le littoral est rectiligne et est orienté Sud-Ouest /Nord-Est.

A l'Ouest, le plateau est brusquement interrompu par la Manche. La falaise se présente sous deux formes bien distinctes :

- Elle est soit simple et d'un seul jet, verticale quand elle est taillée dans la craie ;
- Soit elle présente deux parties distinctes superposées, la base étant constituée de matériaux cohérents (craie, grès et calcaires), et le sommet de matériaux meubles (argiles et sables). La partie inférieure forme un abrupt vertical de hauteur variable (30 à 80 m selon les endroits). La partie supérieure offre un paysage de « bad lands » (aussi appelées « frettes » ou « mollières ») caractérisé par une ou deux arrières falaises séparées par des replats. Chaque arrière falaise se résout en une série rectiligne de niches de décollement. Les replats correspondent à des zones de « slumping » ou de « flowage ». Un véritable écoulement boueux en nappe s'étale sur le dernier replat, juste devant l'abrupt de craie, et tombe par paquets sur l'estran. Au pied de la falaise, les masses écoulées sont rapidement emportées par les marées.

2.2.3. Résistance à l'érosion

La falaise est la proie de divers agents érosifs chimiques et mécaniques : pluie, gel, embruns, vagues, courants, d'autant plus actifs que s'y ajoutent les effets de la pesanteur. La notice explicative de la carte géologique « Dieppe (Est) » n°43 estime que son recul peut varier selon les localisations : on peut l'estimer à 0,55 m par an à l'Est de Dieppe (zone de Puys).

L'action de l'érosion détermine la formation d'un platier rocheux au pied. Il est découvert sur 500 m au large, lors des marées basses. La falaise est incisée plus ou moins profondément par des gorges étroites, perpendiculaires ou obliques au rivage. Quelques-unes atteignent la base des falaises : elles sont alors appelées « ports » ou « échoux ». D'autres restent perchées, ce sont les « valleuses ». Plusieurs de ces gorges ont été artificiellement creusées jusqu'au niveau de la mer.

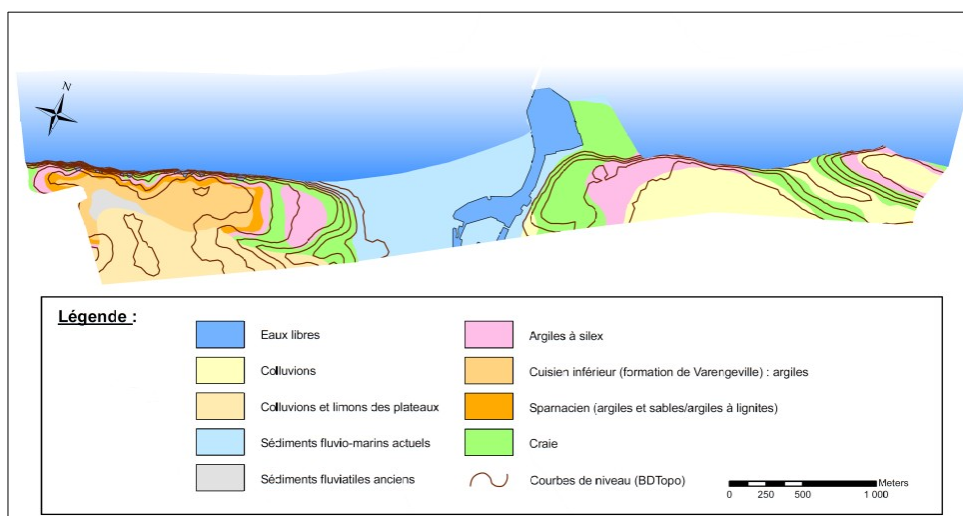


Figure 6: Carte géologique simplifiée du littoral dieppois (d'après la carte géologique au 1/50000 du BRGM)

Dans la région comprise entre le Cap d'Ailly et Dieppe (zone Ouest de Dieppe), la succession lithologique éocène détermine la présence de deux niveaux d'eau, le premier arrêté dans les cailloutis culminants par les argiles de la formation de Varengueville, l'autre situé en profondeur. Dans ce dernier, l'eau se trouve concentrée dans les sables fauves cuisien au-dessus des argiles sparnaciennes. La limite entre les deux ensembles lithologiques se repère aisément sur le terrain grâce à une ligne plus ou moins continue de sources, de mares et de végétaux hygrophyles. La superficie de la nappe n'excède pas une quinzaine de km². Le rapide recul du haut de la falaise entre Dieppe et le Cap d'Ailly est lié essentiellement à la présence de ces deux nappes. A chacune d'entre elles correspond une arrière-falaise et un replat.

Un platier rocheux, taillé dans la craie, s'étend au-delà des falaises. Les masses éboulées de craie et d'argiles à silex qui résultent du recul de la falaise y sont quelques fois d'un volume considérable, mais leur déblaiement par les vagues et les courants demeure rapide. Les sables calcaires et glauconieux de l'estran et les levées de galets peuvent être bien développés en face des vallées drainées ou non, qui entaillent les falaises sur toute leur hauteur (plages de Dieppe et de Puys).

Les accumulations littorales de galets en Seine-Maritime sont alimentées par l'érosion régulière des falaises, et notamment par les silex qui sont alors libérés. Ces accumulations de galets (qui contiennent d'ailleurs une matrice interne de 50 % de sables et graviers) se trouvent sous forme de cordons fins (15-20 m) et peu épais (2 à 2,5 m) en pieds de falaises ou en dépôts beaucoup plus importants (plusieurs dizaines de mètres de large et plus de 5 m d'épaisseur) dans les exutoires des vallées, ce qui s'explique essentiellement par la présence d'ouvrages transversaux (épis et jetées) qui interrompent et captent le transit sédimentaire (Illustration 7). Cette répartition conduit à une distribution hétérogène des galets le long de la côte : on estime ainsi qu'entre Dieppe et le Tréport, les plages d'accumulation représentent 67 % du stock sédimentaire (Héquette et al., 2007). La plage de Dieppe constitue d'ailleurs une des plages les plus remarquables du secteur de par son volume (estimé en 1995 à 830 000 m³), et bien que relativement stable elle tend à s'engraisser du fait des aménagements portuaires (Grasset et al., 2014).

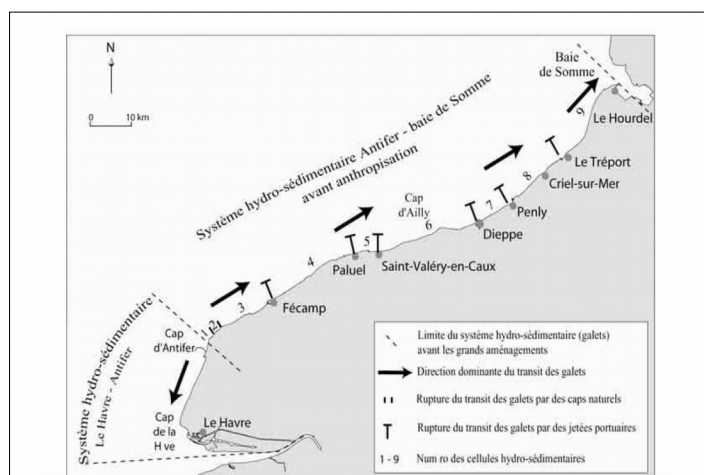


Figure 7: Transit des galets le long du littoral de Seine-Maritime (Héquette et al., 2007)

2.3. Hydrogéologie

2.3.1. Caractéristiques hydrogéologiques des nappes

Sur les plateaux, l'argile à silex retient les eaux superficielles et donne naissance à des mares et à des sources. Localement, la présence d'eau à proximité des couches argileuses de la falaise peut induire un rapide recul de celle-ci.

Dans la vallée, deux nappes sont à retenir :

- celle située au niveau des cailloutis flandriens de la base des alluvions ; elle est cependant de trop faible épaisseur pour permettre des débits importants. Cette nappe est alimentée par la nappe de la craie avec laquelle elle peut se confondre en l'absence d'horizon imperméable à la base des alluvions. Près de la côte, le niveau est soumis à l'influence des marées et l'eau est contaminée par des remontées d'eau de mer ;
- la nappe de la craie : cette dernière fait l'objet d'une importante circulation dans les diaclases, localisées sous les vallées, drainées ou non, et qui constitue un véritable réseau hydrographique souterrain qui se raccorde à la nappe des alluvions.

2.3.2. Les réseaux souterrains

Le sens d'écoulement général se fait en direction de la côte (Sud-Est/Nord-Ouest), et plus localement selon l'axe des petits vallons secondaires. Le niveau piézométrique de la nappe sur ce territoire est élevé par endroits en raison de la topographie du terrain, qui s'explique par une topographie accidentée.

Cela implique la présence d'un toit de nappe sub-affleurant dans la vallée, qui peut donner naissance, en périodes de fortes précipitations (hautes eaux de la nappe) à des sources résurgentes (bordures des plateaux et combes sèches). Ces dernières viennent alimenter ainsi les écoulements issus du ruissellement.

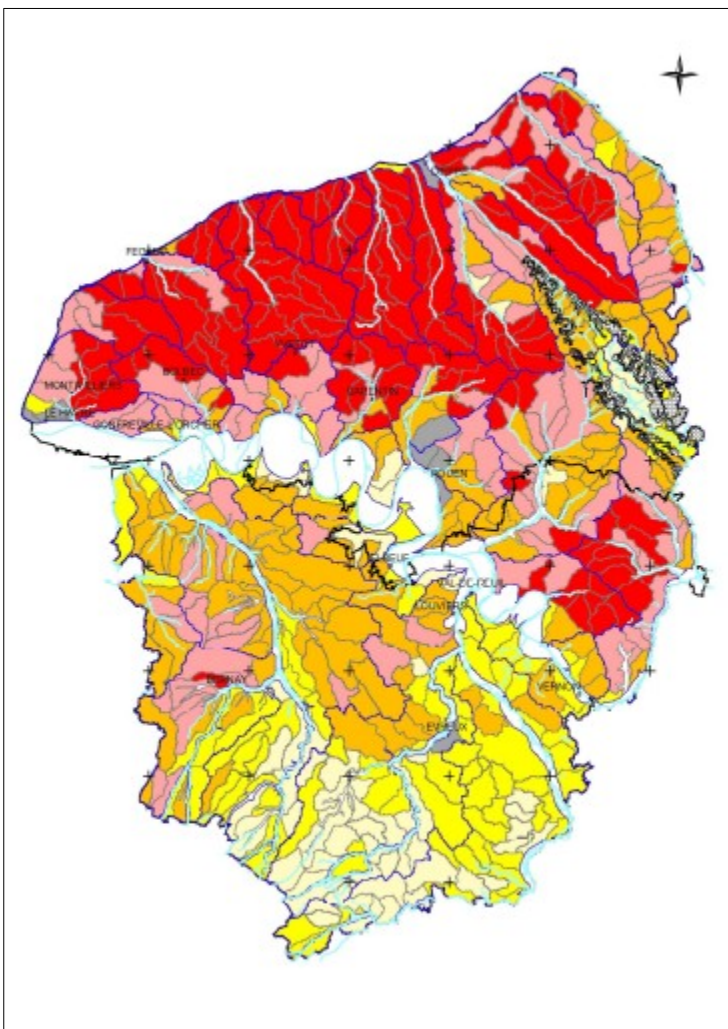
Par ailleurs, en période hivernale ou lors d'épisodes météorologiques continus (plusieurs semaines), le toit de nappe devient sub-affleurant en fond de vallée et certains terrains restent

gorgés d'eau ou recouverts par quelques centimètres à quelques décimètres d'eau par endroits. Certains terrains peuvent rester gorgés d'eau pendant de longues périodes.

2.4. Pédologie

La nature des sols couvrant le bassin de l'Arques est en lien direct avec le contexte géologique. On rencontre quatre types de sol :

- **les sols profonds sur limons**, formés à partir du loess épais de plusieurs mètres, sont localisés essentiellement sur les plateaux. Faisant partie de la famille des « Sols bruns lessivés », ces sols à forte capacité de rétention en eau, sont favorables aux grandes cultures (céréales, betteraves, légumineuses) et sont considérés comme les meilleures terres agricoles de France. En revanche, leur richesse en éléments fins les rend sensibles aux phénomènes de battance et donc à l'érosion.
- **les sols sur loess peu épais**, ils présentent une richesse et une réserve hydrique moins importante. Renfermant des silex et de l'argile, ils sont plutôt consacrés aux herbages et aux forêts.
- **les sols sur alluvions fines**, dérivant des alluvions fluviales récentes, se composent de limons et d'argiles, parfois de tourbes. Ce sont des sols propices aux prairies mais essentiellement humides.
- **les sols argileux et argilo-limoneux sur craie**, sont caractéristiques des coteaux des vallées. Relativement profonds, ils présentent parfois des cailloux et des affleurements de craie. Leur réserve hydrique est assez faible, ce qui les rend sensibles à la sécheresse.



La cartographie de l'aléa « érosion des sols » sur le bassin versant de l'Arques présente une sensibilité très forte sur les plateaux et les vallées de l'Arques, de la Varenne et de la Béthune et une sensibilité un peu moindre pour la vallée de l'Eaulne. Sur l'ensemble du territoire l'intensité de l'aléa reste importante.

2.5. Hydrographie

L'Arques est un fleuve côtier d'une longueur de 6 km. Ce cours réduit s'explique par la forme caractéristique de ce fleuve. L'Arques correspond à la confluence de trois rivières : l'Eaulne (46 km), la Béthune (61 km) et la Varenne (40 km).

Le lit mineur de l'Arques est peu sinueux : son cours a été rectifié en de nombreux points par le passé. Notons par exemple qu'un de ses méandres a été remblayé dans la zone industrielle entre Rouxmesnil-Bouteilles et Martin-Église (cet ancien méandre est encore visible sur les cartes, le découpage communal, basé sur le lit mineur de l'Arques, ayant conservé à cet endroit l'ancien tracé du cours d'eau).

L'Arques draine un bassin versant dont le réseau hydrographique est complété par de nombreuses vallées sèches qui présentent un régime d'écoulement temporaire.

Le lit naturel des rivières sur Arques-la-Bataille et sur Martin-Église se conjugue parfois avec des biefs qui alimentent différents moulins.

L'Arques perd son caractère « naturel » peu avant son entrée dans Dieppe. À l'origine, le fleuve se jetait directement dans la Manche. Les aménagements successifs du port de Dieppe ont modifié la forme et la place de la partie aval de l'Arques dans sa vallée. Jusqu'au XVIII^e s., l'Arques est en liaison directe avec la mer et la vallée subie les effets des marées. Au XIX^e s., l'Arques est coupé du port. Différents aménagements font progressivement migrer son lit du centre de la vallée au pied du plateau à l'Est. Les derniers aménagements datent des travaux engagés sur le canal de l'Arques dans Dieppe peu avant la Seconde Guerre mondiale.

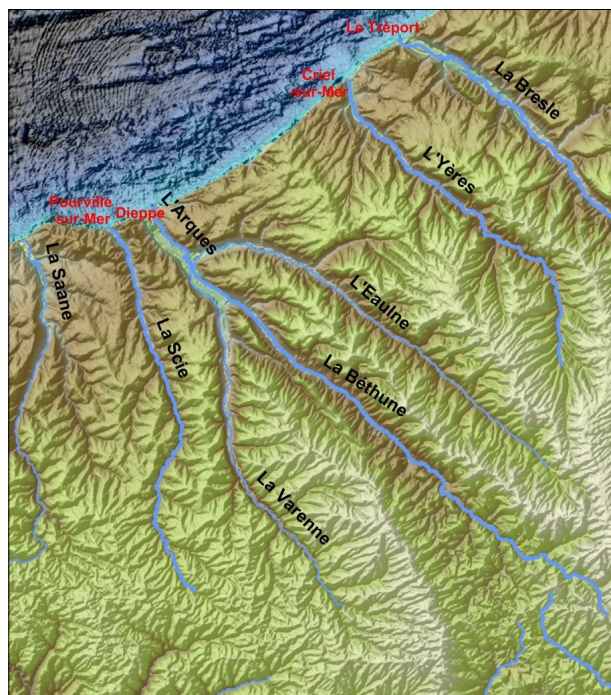


Figure 9: Principaux cours d'eau sur la zone d'étude (d'après BD-CARTHAGE)

2.6. Contexte climatique

La côte d'Albâtre est soumise à un climat tempéré océanique. L'amplitude thermique est assez faible dans l'année. La température moyenne annuelle est de 10,7°C (Caspar *et al.*, 2007) avec en moyenne des minimales de 8,8°C et des maximales de 14,1°C (données Météo France pour la côte d'Albâtre sur une moyenne entre 2005 et 2013). D'après Caspar *et al.* (2007), il gèle en moyenne 31 jours par an au cap de la Hève et 39 jours par an à Dieppe.

Les précipitations sont régulières tout au long de l'année, avec une pluviométrie moyenne annuelle de 788 mm sur 129 jours de pluie en moyenne (données Météo France pour la côte d'Albâtre sur une moyenne entre 2005 et 2013), avec une intensité des pluies journalières restant généralement assez modérée. L'illustration (Cf. Figure 10) présente le cumul des précipitations en hiver et en été sur la région du nord-ouest du bassin Parisien, et montre que les précipitations sont plus abondantes sur le plateau cauchois que sur la côte, avec un écart plus marqué l'hiver. En règle générale, les pluies d'automne et d'hiver restent de faible intensité

(moins de 10 mm/jour), mais sont assez étalées géographiquement et temporellement. Les orages de printemps et d'été correspondent par contre à des pluies très intenses de courtes durées.

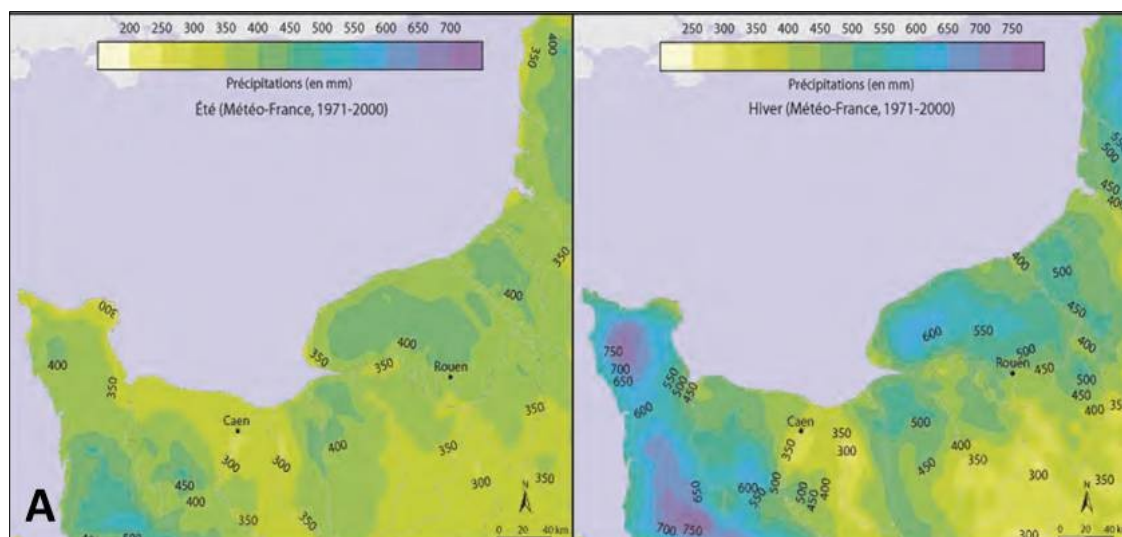


Figure 10: Cumul des précipitations en été et en hiver sur le nord-ouest du Bassin de Paris (Letortu, 2013)

Les vents dominants sont globalement de secteur Ouest. Les tempêtes surviennent généralement entre octobre et mars, avec des vents de secteur Sud-Ouest à Ouest. L'analyse des vents enregistrés à la station Météo France de Dieppe entre 1983 et 2012 permet ainsi d'identifier plusieurs régimes de vent, avec une variabilité saisonnière marquée (Cf. Figure 11) : alors que l'été est marqué par des vents d'Ouest, les vents du Sud, canalisés par la vallée de l'Arques, dominent en automne ; en hiver, plusieurs régimes de vents forts se rencontrent, avec des vents d'Ouest-Nord-Ouest venant de l'Atlantique et pouvant correspondre à des tempêtes, des vents du Nord-Est venant de la Mer du Nord, et enfin des vents du Sud venant de l'intérieur des terres ; au printemps, ces vents du Sud se raréfient, alors que les vents venant de l'Atlantique se réorientent (provenance de l'Ouest) sous l'effet du déplacement de l'anticyclone des Açores, et que les vents venant de la Mer du Nord se renforcent.

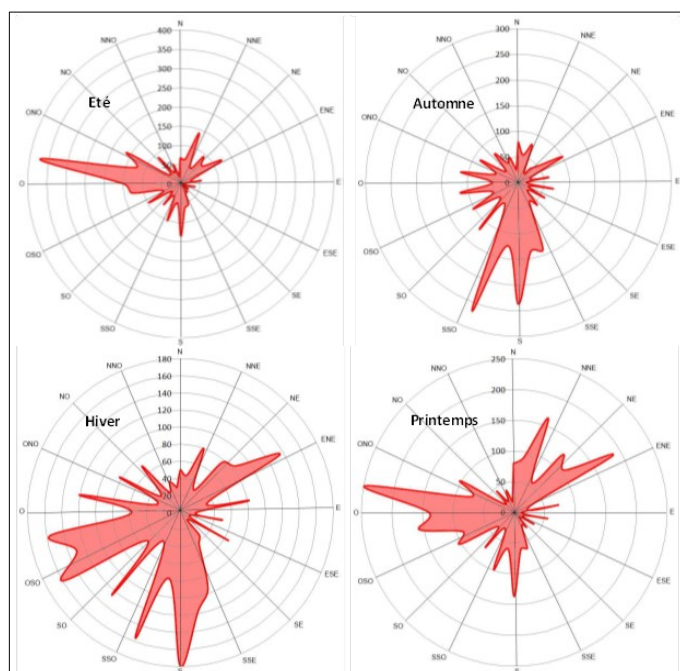


Figure 11: Provenance des vents maximaux instantanés quotidiens selon les saisons à partir des mesures Météo France à la station de Dieppe entre 1983 et 2012 (d'après Grasset et al., 2014)

L'analyse des vents menée par Grasset et al. (2014) confirme que les coups de vent (vitesses supérieures à 120 km/h) surviennent majoritairement en période hivernale (21 occurrences entre 1983 et 2012, dont 11 en période hivernale, 1 au printemps, 3 en été et 7 en automne). Les vents ont des vitesses typiquement comprises entre 20 et 70 km/h, les vents faibles restant rares de par la position littorale de la station.

2.7. Contexte océanographique

2.7.1. Courants et régime de marée

La Manche, tout comme la façade Atlantique de la France, est soumise à un régime de marée macrotidal semi-diurne (marnage supérieur à 4 m, deux basses mers et deux pleines mers d'amplitudes similaires par jour). En Manche, l'onde de marée se propage depuis l'Océan Atlantique à l'Ouest vers la Mer du Nord au Nord-Est, générant des marnages supérieurs à 7 m (10,2 m à Dieppe, SHOM, 2014). La propagation de l'onde à travers la Manche se traduit par un déphasage important, conduisant ainsi à un « retard » de la marée de l'ordre de 6 à 7 heures sur le Pays de Caux par rapport à Brest.

Les courants de marée sont maximaux au niveau de Cherbourg ($1,5$ à 2 m.s^{-1}) du fait de l'obstacle que constitue le Cotentin pour la propagation de l'onde de marée, mais ils diminuent plus à l'Est (typiquement de l'ordre de $0,7 \text{ m.s}^{-1}$ au niveau de Dieppe) tandis que l'amplitude de la marée augmente très significativement. Aux moments du flot et du jusant maximaux, ces courants sont quasi-alternatifs et parallèles à la côte au large du Pays de Caux (Cf. Figure 12), mais l'influence du vent reste très sensible sur les courants en surface. Comme dans les eaux plus ouvertes, le flot génère des courants plus importants que le jusant (sauf au niveau du Tréport, où les courants légèrement tournants présentent des vitesses de flot et de jusant équivalentes).

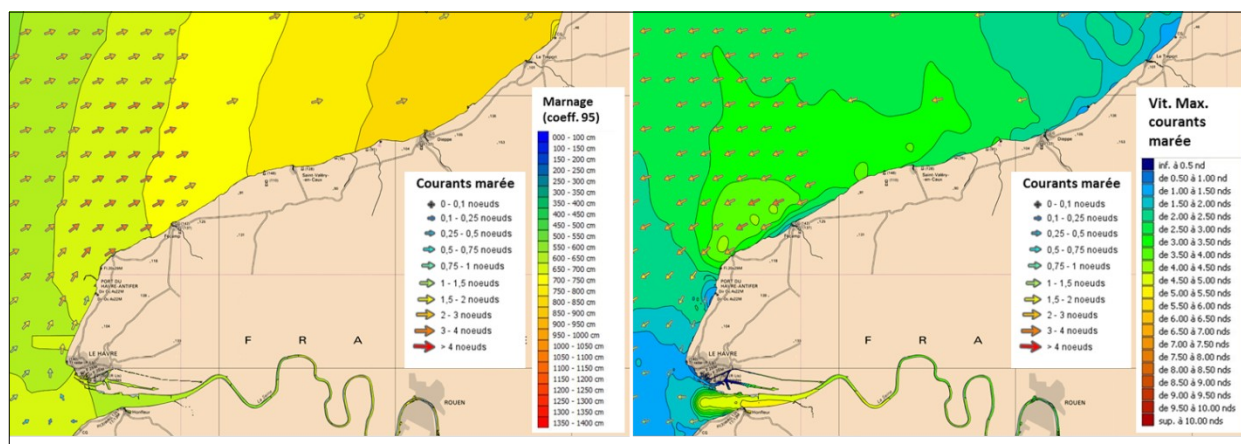


Figure 12: Marée au large de la Seine-Maritime pour une marée de coefficient 95 : Courants de marée au maximum du flux et marnage à gauche, Courants de marée au maximum du jusant et vitesses maximales des courants de marée à droite (d'après data.shom.fr)

2.7.2. Niveaux marins et surcotes

Le niveau marin est enregistré à Dieppe (Port de référence) par un marégraphe depuis le 31 décembre 1951 (37,7 années « utiles » entre le 01/01/1954 et le 25/11/2009, soit 32,5 % de lacunes). L'analyse de ces enregistrements permet de caractériser le signal de marée sur ce port (Cf. Figure 13), et indique un marnage astronomique maximal de près de 10,2 m (différence entre les niveaux des Plus-Haute-Mer-Astronomique – PHMA - et des Plus-Basse-Mer-Astronomique - PBMA).

01 3.4.2. TABLEAUX DE DONNÉES

Nom	Type	Lat	Long	Et.	Constante	PHMA	PMVE	PMME	NM	BMME	BMVE	PBMA
Dieppe	R	49 56 N	01 05 E			10.11	09.35	07.40	04.94	02.55	00.80	-0.07
Abords de Dieppe												
Le Tréport	S	50 04 N	01 22 E	10.81		10.31	09.65	07.60	05.05	02.60	00.90	00.10
Saint-Valéry-en-Caux	S	49 52 N	00 42 E	10.54		09.59	08.85	07.00	04.72	02.45	00.75	-0.04

Nom	Repère fondamental	Organisme	Date	RF/ZH	RF/Ref	ZH/Ref	ZH/GRS80	Ref
Dieppe	N.C.P3-2	IGN	1998	10.330	5.882	-4.448	39.71	IGN69
Abords de Dieppe								
Le Tréport	N.C.N3P3-3	IGN	1969	10.053	5.536	-4.517		IGN69
Saint-Valéry-en-Caux	NN'-240	IGN	1998	14.895	10.620	-4.275		IGN69

3.4.2.A. — Références Altimétriques Maritimes pour les sites de la zone de marée des abords de Dieppe.

Figure 13: Références Altimétriques Maritimes pour les sites de la zone de marée des abords de Dieppe ; les niveaux sont indiqués en cote marine, i.e. par rapport au zéro hydrographique ZH (extrait de SHOM, 2014)

Outre les effets de la marée, le niveau marin est composé de surcotes provenant de la combinaison :

- des effets météorologiques, i.e la surcote atmosphérique, générée par la chute de pression lors du passage d'une dépression et l'action du vent ;
- des effets liés aux vagues (*wave setup*), le déferlement des vagues pouvant générer une surcote locale, notamment le long de la plage et potentiellement dans l'ensemble du port de Dieppe lorsque les vagues déferlent à son entrée.

La conjugaison de la surcote atmosphérique et de la surcote liée aux vagues avec des forts coefficients de marées et/ou des pleines mers, peut considérablement surélever l'altitude du plan d'eau, conduisant à des niveaux extrêmes qui peuvent aggraver les aléas côtiers (submersion et érosion marines).

Les statistiques des niveaux marins extrêmes sur Dieppe calculés par le SHOM (SHOM-CETMEF, 2012) sont présentées dans le tableau ci-après :

Période de retour	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Niveau marin (m NGF)	5.93	6.00	6.07	6.16	6.23

La méthode de calcul utilisée par SHOM-CETMEF (2012) s'appuie sur une convolution entre le signal de surcote et les niveaux de pleine-mer de marée astronomique, ce qui suppose notamment que la marée et la surcote sont indépendantes (i.e. qu'une surcote donnée peut survenir à n'importe quelle pleine-mer). Cette hypothèse n'est pas toujours vérifiée (par exemple pour les ports situés en zones estuariennes, où l'interaction avec la rivière peut être significative).

A Dieppe, des travaux récents ont cependant montré l'existence d'interactions marée-surcote, que ce soit par l'analyse des observations (Kergadallan et al. 2016) ou par la modélisation hydrodynamique (Idier et al., 2012). Cette interaction, provoquée par la configuration et la faible profondeur de la Manche, conduit typiquement à Dieppe à des surcotes plus importantes à basse mer qu'à pleine mer. Les statistiques d'extrêmes par convolution conduisent par conséquent à une surestimation des niveaux extrêmes. Ceci pourrait par ailleurs expliquer l'écart important observé entre les données expérimentales et la courbe théorique issue de la convolution surcote-marée (Figure 14).

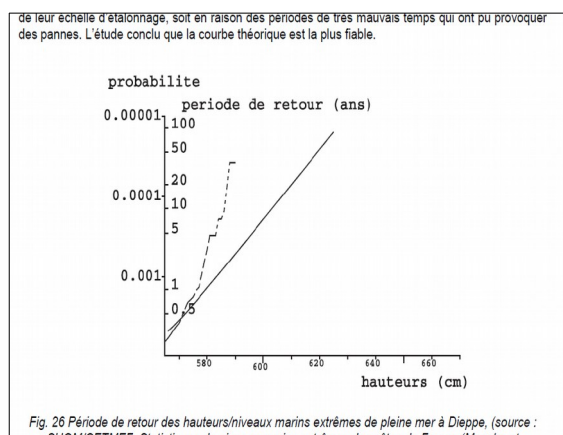


Figure 14: Période de retour des hauteurs/niveaux marins extrêmes de pleine mer à Dieppe (extrait de SHOM-CETMEF, 2012) : courbe expérimentale en tirets, courbe théorique par convolution en trait plein

De manière à intégrer cette interaction entre marée et surcote au niveau de Dieppe, le choix a été fait pour la présente étude de réaliser les statistiques en considérant directement le niveau marin mesuré, qui intègre donc à la fois la marée et la surcote.

2.7.3. Vagues

La configuration de la partie orientale de la Manche conduit assez logiquement à une relative protection des côtes contre les houles générées dans l'Atlantique, par comparaison avec des secteurs plus exposés, comme le Golfe de Gascogne ou la pointe bretonne. Les hauteurs significatives centennales des vagues estimées au large par Bulteau et al. (2013) apparaissent

ainsi comme étant de l'ordre de 3 à 6 m dans la Manche orientale, et plus précisément de l'ordre de 5 à 6 m au niveau du Pays de Caux (Cf Figure 15).

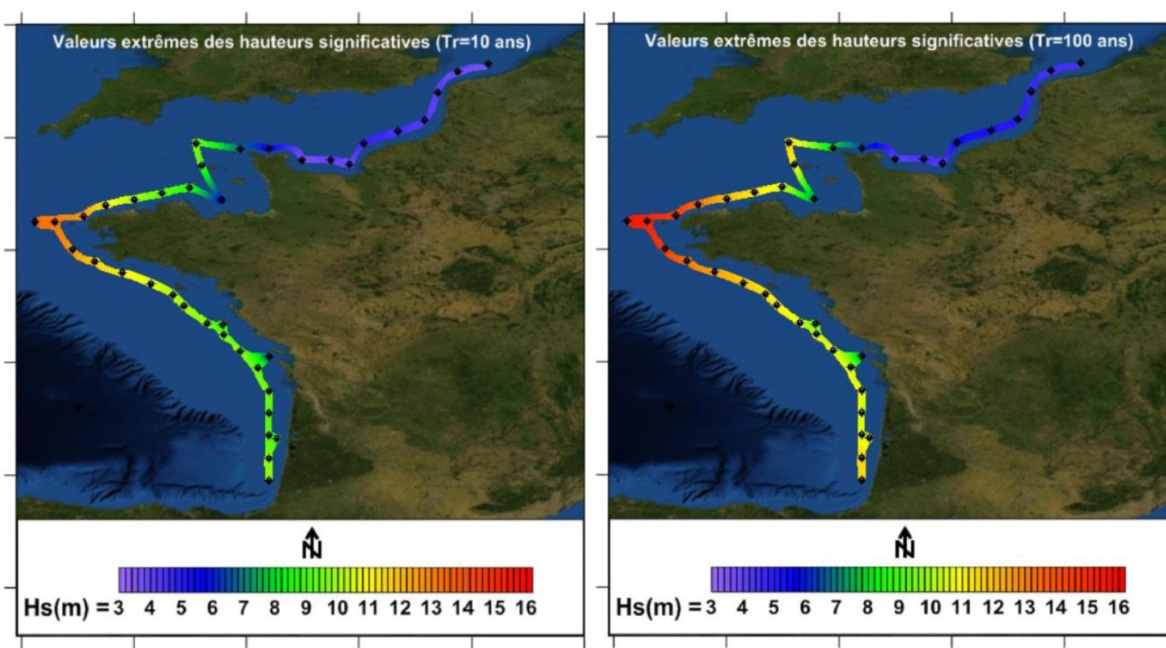


Figure 15: Hauteurs significatives des vagues au large pour des périodes de retour de 10 ans (à gauche) et 100 ans (à droite) estimées à partir de la base BoBWA (Charles et al., 2012) sur la période 1958-2001 à pas de temps 6 heures (d'après Bulteau et al., 2013)

Les vagues qui atteignent les côtes du littoral du Pays de Caux sont principalement générées par des flux dépressionnaires d'Ouest issus de l'Atlantique Nord. Ainsi, les houles les plus fréquentes et les plus fortes sont observées entre octobre et mars, et proviennent généralement globalement de l'Ouest, les houles du Nord étant plus rares et moins importantes (Costa et al., 1997).

Les vagues sont généralement caractérisées par trois principaux paramètres : la hauteur significative (H_s), la période pic (T_p) et la direction pic (D_p). Les hauteurs significatives moyennes enregistrées par la bouée CANDHIS de Dieppe (49°58,5'N - 0°59'E, à 18 m de profondeur au large de Dieppe), sur une période d'acquisition toutefois courte et lacunaire (environ 2,5 mois de mesure cumulés entre 1987 et 1992, essentiellement concentrés sur les mois de mars, avril et mai, et donc non représentatifs de la période hivernale) montrent que :

- plus de 60 % des vagues sont inférieures ou égales à 1 m de H_s ;
- près de 30 % se situent entre 1 et 2 m de H_s ;
- seulement 8 % sont supérieures à 2 m de H_s (le max enregistré sur cette période est 11,3 m).

A titre de comparaison, la bouée Le Havre LHA (49°31,22'N - 0°9,54'W, à 17 m de profondeur au large du Havre) couvre une période plus grande entre 1997 et 2008, et indique que près de 75 % des vagues sont inférieures à 1 m et que seuls 4 % des vagues dépassent les 2 m de hauteurs significatives.

D'après ces mesures houlographiques, les périodes pics sont typiquement de l'ordre de 5 à 7 secondes, les vagues les plus importantes présentant des périodes pic de 7 à 10 secondes (des périodes pics s'approchant ou dépassant les 20 s ont également été mesurées, mais correspondant à des vagues de hauteurs modérées).

L'analyse des régimes de vagues réalisée par Bulteau et al. (2013) à partir de la base BoBWA (Charles et al., 2012 : simulations de l'état de mer sur la période 1958-2001), sur un point situé

à environ 25 km au large de Dieppe, a permis de mettre en évidence les caractéristiques suivantes :

- 2 régimes de vagues distincts peuvent affecter le secteur de Dieppe au large, avec des vagues provenant soit de l'Ouest soit du Nord-Nord-Est, donc des deux extrémités de la Manche (il convient de rappeler que sous l'effet de la réfraction par la bathymétrie, peu profonde en Manche, les vagues tendent ensuite à s'orienter parallèlement à la côte à l'approche des petits fonds, d'où un impact généralement plus ou moins frontal sur le littoral) ;
- Les houles longues (périodes pic importantes) correspondent à des hauteurs de vague très modérées, alors que la mer du vent (vagues générées par un vent local) peut développer des hauteurs significatives plus importantes.

Le port de Dieppe, de par la présence des jetées est et ouest à son entrée, s'avère relativement protégé de la pénétration des vagues d'Ouest (les plus importantes), ce qui explique que peu de phénomènes de franchissement y aient été rapportés, du moins dans la configuration actuelle du port. Des simulations numériques ont permis de quantifier cette pénétration et l'éventuel *wave setup* causé dans le port par le déferlement des vagues à son entrée.

Les vagues ont un effet significatif sur les aléas côtiers du secteur :

- La génération d'une surcote lors du déferlement de la houle (*wave setup*) peut en règle générale contribuer significativement à l'élévation de l'altitude du plan d'eau, ce qui peut contribuer au débordement du port de Dieppe si les vagues déferlent à son entrée ;
- Les franchissements de paquets de mer peuvent être responsables de submersions marines dans des secteurs a priori à l'abri de phénomènes de débordement de par leur topographie plus haute, notamment au niveau du front de mer (grande plage et esplanade qui domine la plage de Puys), et générer des vitesses d'écoulement très importantes sur les premiers mètres du front de mer ;
- Les chocs mécaniques induits par le déferlement des vagues sont responsables de dégradations du front de mer (dégâts sur les infrastructures, érosion et brèches des structures de protection côtières), et peuvent projeter des matériaux (notamment les galets des plages, dont la taille peut être plus que décimétrique) induisant des dommages aux équipements atteints ;

2.7.4. Seiches

Les seiches sont des phénomènes d'oscillation « haute-fréquence » qui induisent un facteur d'amplification des hauteurs d'eau (plusieurs dizaines de centimètres), et qui traduisent généralement un phénomène de résonance dans les zones portuaires fermées.

D'après Daubord et al. (2015), le port de Dieppe peut être affecté par des seiches dont les caractéristiques observées au marégraphe sur la période décembre 2009 – mai 2015 correspondent à des périodes de 18 à 20 minutes pour des amplitudes (hauteurs crête à creux) moyennes et maximales de respectivement 15 et 48 cm.

Chapitre 3 : Contextes historique et humain

3.1. Histoire des communes

3.1.1. Commune de Dieppe

L'analyse de l'occupation du sol de Dieppe revient à analyser le développement de la ville depuis sa fondation jusqu'à aujourd'hui. Deux périodes se distinguent très nettement :

- la première fondation, qui correspond à l'implantation lors de l'époque gauloise et de la conquête romaine, qui se poursuit sous les Francs et à sa fixation à l'époque mérovingienne (jusqu'au IXe s.), localisée en périphérie de la future ville ;
- la seconde fondation qui coïncide avec la création de la Province Normande, du IXe s. au XIIe s. et durant laquelle le site actuel de Dieppe est investi par la première ville.

Plusieurs occupations, attestées par des découvertes archéologiques, peuvent être localisées à l'époque paléolithique et néolithique. La première fixation remonte vraisemblablement à l'époque celtique : il s'agit de la cité de Limes, village celtique d'environ 70 ha protégé par une levée de pierres et de terre (présence d'autres villages gaulois à proximité de Dieppe).

La romanisation après la Guerre des Gaules (-58 à -51 ACN) s'effectue dans les bourgades les plus importantes, tel que Rotomagus (Rouen), tandis que le réseau de voies romaines est tracé dans la province, notamment autour de Dieppe (ex. Le Chemin des Fées, voie romaine venant de Rouen). Les premières tentatives de colonisation romaine sont peut-être fixées autour de l'actuel village de Thibermont au Ier s. PCN, sous le règne de l'Empereur Tibère (14 à 27 PCN).

En 497, Dieppe et sa région sont placées sous la domination de Clovis, comme en attestent les vestiges francs et mérovingiens (nécropoles). Une première forme « d'urbanisation » se développe, accompagnée, de la christianisation et de l'économie : une forteresse est bâtie sur la falaise ouest, l'église Sainte-Catherine est bâtie sur le site actuel de l'église Saint-Jacques en fond de vallée.

C'est à partir du début du XIe s. que l'on retrouve le nom de « Deppae » (de l'anglo-saxon « dēōp profond », ou du norrois « djúpr profond », vers 1015). Les premières fortifications de Dieppe apparaissent au XIe s., tout comme l'activité liée à la pêche et aux salines. Les premiers murs de fortification et les fossés apparaissent. Dans sa lutte contre l'état anglo-normand, Philippe Auguste détruit les fortifications en 1194. Il faudra un siècle pour qu'elles soient reconstruites. Ce premier ensemble urbain est remplacé par une seconde ville, qui sera à son tour entièrement déconstruite sous Louis XIV.

À partir du XIIIe s., Dieppe voit son activité marchande et portuaire se développer. Elle se détache au XIVe s. de l'influence anglo-normande et apporte son soutien au royaume de France. La guerre de Cent ans (1340-1453) est vivement ressentie, tant par les assauts et débarquements répétés des troupes anglaises, que par l'occupation ou les destructions dues aux affrontements. L'opposition à l'Angleterre se poursuit du XVe au XVIe s. par le développement de l'activité militaire et corsaire du port. La grande navigation se développe dans la première moitié du XVIe s. où les marchands de Dieppe font le commerce avec

l'Afrique, et le Nouveau Monde. Le port lui-même est modifié pour offrir accès et protection aux navires à fort tirant d'eau.

Au XVII^e s., Dieppe atteint les 60 000 habitants ; la ville et le port atteignent un essor remarquable, tant par la diversité de son commerce que par l'étendue de son rayonnement et la renommée de ses hommes. Au cours de la guerre de succession d'Espagne, la marine française subit la défaite de la Hague en 1692 et perd le contrôle de la Manche au profit de la coalition anglo-hollandaise. Dieppe, au cours de l'épisode de « la Bombarderie » (22 juillet 1694) est entièrement rasée par la flotte anglo-hollandaise : sur les 3900 maisons existantes, seules 300 restent debout mais endommagées.

Malgré les instances du roi, les dieppois reconstruisent la ville sur le même site, dans les murailles, afin de profiter des canalisations d'eau, intactes malgré le bombardement de la ville. La reconstruction s'achèvera en 1720.

Alors que la ville comptait 60 000 âmes au XVII^e s., il semble que la population soit restée stable, autour de 20 000 habitants, entre le recensement de 1784 et celui de 1946. En 2012, elle compte autour de 32 000 habitants. Depuis la fin de la reconstruction de 1720, l'histoire urbaine de Dieppe se focalise sur trois types de préoccupations et d'adaptations :

La modernisation des installations portuaires et des équipements annexes :

- construction et démolition de fortifications ;
- creusement et comblement de bassins ;
- déviation du cours de l'Arques ;
- modification des jetées ;
- etc.

La création d'équipements balnéaires, qui marquent fortement le XIX^e s. dieppois. La ville se découvre une nouvelle vocation, avec la venue de nombreuses personnalités dès 1800 (ex : l'Empereur Napoléon III séjourne à Dieppe en 1866) :

- amélioration des bains de Dieppe ;
- construction de plusieurs casinos (1822, 1857, 1886) et de commerces ;
- construction d'un théâtre (1826) ;
- inauguration du chemin de fer à Dieppe (1848), liaison Paris-Dieppe par Pontoise (1872) ;
- éclairage électrique (1892) ;
- construction du musée (1897) ;
- etc.

La construction de divers services administratifs ou techniques, qui correspondent au développement manufacturier et industriel du XIX^e s. :

- installation des ateliers nationaux la même année que le chemin de fer (1848) ;
- inauguration de l'Hospice (1860) ;
- construction de la sous-préfecture (1874) ;
- grands travaux (pavage des rues, reconstruction des canalisations d'alimentation en eau et des égouts (1880) ;
- construction de la caserne Duquesne ;
- construction de la chambre de commerce (1897) ;
- etc.

Ce n'est que récemment que l'urbanisation s'est implantée sur les plateaux qui encadrent la vallée de l'Arques à Janval à l'ouest et à Neuville-lès-Dieppe à l'est.

3.1.2. Commune de Rouxmesnil-Bouteilles

La commune de Rouxmesnil-Bouteilles se situe immédiatement au sud-ouest de Dieppe. Sa proximité géographique permet d'émettre l'hypothèse de la présence de villages gaulois à l'époque de la romanisation de la région. En effet, plusieurs sites sont signalés comme existants à proximité de la cité de « Limes », site proche de l'implantation actuelle de Dieppe.

Les premières mentions de l'existence de la commune de Rouxmesnil-Bouteilles remontent à la mention du village de Bouteilles dans une charte concernant les salines au VIIe s. C'est à cette époque que le site de Dieppe connaît une croissance urbaine importante, liée à la christianisation et à l'essor économique, notamment lié à la pêche.

Les VIIIe et IXe s. sont ceux de l'incursion et de la fixation des Normands. Le duché de Normandie et le comté d'Arques sont fondés. L'époque carolingienne voit le développement de la pêche sur Dieppe sous l'autorité monacale (Abbaye de Saint-Wandrille). Complémentaires de cette activité pour le traitement du hareng, des salines et des pêcheries sont exploitées le long de la rivière Arques, et notamment dans le village de Bouteilles.

Au XIe s., ces salines devenues un enjeu économique important sont convoitées par les grandes abbayes normandes. Cet intérêt existera du XIe au XVIe s. En 1197, la seigneurie de Bouteilles, comportant terres et salines, est cédée à l'archevêque de Rouen, Gautier de Constances, par Richard Ier d'Angleterre (« dit Cœur de Lion ») en échange de la Roche des Andelys.

Vers 1095 est signalé l'existence d'une léproserie au hameau de Rouxmesnil pour accueillir les malades, la lèpre s'étend répandue dans cette région au retour des Croisés.

L'archevêque, qui obtint des droits sur les salines, les partage entre les monastères de la région. L'économie portuaire de Dieppe étant en plein essor, le commerce du sel extrait des salines se développe, à tel point que les moines s'installèrent à Bouteilles et y établirent un prieuré et un grenier à sel (mentionné pour la première fois en 1234).

Du XIIe au XIVe s., l'existence d'un prieuré cistercien et de vignobles est signalée dans le hameau de Bernesault (ancien quartier de Bouteilles). Au XIVe s., les salines étaient à leur apogée. La consommation de poisson, et plus particulièrement du hareng salé, était considérable et nécessitait une grande quantité de sel pour la conservation. Le fleuve Arques, encore dans sa configuration estuarienne, sans porte à marée, était large et profond et permettait aux navires de venir charger le sel au port de Bouteilles.

Le XVe s. vit la décadence de cette industrie locale. Cette perte de vitesse recherche ses causes dans des phénomènes climatiques liés au passage de l'optimum climatique médiéval au Petit Age Glaciaire (1550-1850) : principales conséquence, les effets de la marée sont moins importants et le lit de l'Arques fini par s'envaser à l'amont de Dieppe, ne permettant plus aux navires de remonter jusqu'à Bouteilles. Quelques exploitations survécurent jusqu'au XVIe s. date de l'abandon de l'activité. Les salines furent abandonnées et se transformèrent en marais, avant de servir de prés salés. La toponymie a été conservée : une rue des salines et la résidence des salines vertes se situent dans la plaine de l'Arques, à proximité immédiate de l'hippodrome.

Les villages de Rouxmesnil et de Bouteilles fusionnent en 1822 pour donner naissance à la commune de Rouxmesnil-Bouteilles. Le 22 août 1852 est ouvert l'hippodrome de Rouxmesnil-Bouteilles sur le site des anciennes salines.

Des années 1860 à 2012, le village de Rouxmesnil-Bouteilles prend sa forme actuelle de village-rue le long de la RD154, tandis que le fond de la vallée est remblayé en partie pour qu'une zone d'activité s'y développe, tandis que le lit de l'Arques est modifié (la limite communale entre Rouxmesnil-Bouteilles et Martin-Église est fixée sur le lit originel de l'Arques ;

or l'un des méandres n'existe plus aujourd'hui, le lit ayant été rectifié comme le prouvent les cartes ci-après). L'urbanisation s'est peu développée sur les plateaux, excepté sous la forme de petits lotissements. Une partie des versants a été défrichée à des fins agricoles.

3.1.3. Commune de Martin-Église

Tout comme la ville de Dieppe, plusieurs occupations anciennes ont pu être attestées par des découvertes archéologiques. Sa proximité au sud-est de Dieppe et de la place appelée « cité de Limes », permet de dater la première fixation à l'époque celtique (d'autres villages gaulois étant signalés à proximité de Dieppe).

La romanisation qui suit la Guerre des Gaules (-58 à -51 ACN) s'effectue dans la province de la Lyonnaise (Gaule romaine). Elle laisse de nombreuses traces, comme la voie romaine qui traverse le village actuel de Martin-Église ainsi que la route d'Arques-la-Batailles à Eu et qui relie Dieppe à Beauvais. Les premières tentatives de colonisation romaine se sont sans doute fixées autour de l'actuel village de Thibermont au I^{er} s. PCN, sous le règne de l'Empereur Tibère (14 à 27 PCN).

En 497, la région est placée sous la domination de Clovis, comme en attestent les vestiges francs et mérovingiens (statères en or, vases francs, débris d'armes). A l'époque féodale (XI^e s.), le château d'Arques est construit, Guillaume le Conquérant organise ses expéditions vers les îles britanniques en 1066 et 1067, cette dernière étant organisée à partir du « port d'Archelles » (les armoiries de Martin-Église commémorent l'épisode du passage des navires du Conquérant au pont d'Étran par la présence d'un drakkar sur leurs armoiries).

À partir de 875, les terres de Martin-Église entrent dans la propriété des chanoines de Rouen. Le commerce du poisson et du sel permet le développement du port d'Étran, en rive droite de l'Arques. Du XIII^e au XIV^e s., Étran est un petit port d'échouage pour navires à fond plat, qui profite de la proximité des salines et du port de Bouteilles, ainsi que de l'activité liée à la pêche de Dieppe. Le trafic marchand est important entre les petits ports de l'embouchure de l'Arques, notamment à marée haute où les bateaux permettaient l'échange avec ces autres places pour le salage du poisson.

Au cours de la guerre de Cent Ans, les villages d'Étran et de Martin-Église sont ravagés par les troupes de Jean de Gand, Duc de Lancastre.

C'est en 1830 que la commune obtient son nom définitif de Martin-Église par réunion des anciennes paroisses de Martin-Église et d'Étran.

De 1860 à 2012, la commune de Martin-Église est marquée par une densification de l'urbanisation en fond de vallée de l'Arques (zone d'activités et développement de l'Étran), mais aussi dans la vallée de l'Eaulne (densification du bourg). Le plateau est en partie défriché pour les besoins de l'agriculture tandis que quelques traces d'urbanisation, extensions de Neuville-lès-Dieppe, apparaissent.

3.1.4. Commune d'Arques-la-Bataille

Le site d'Arques-la-Bataille fait l'objet de plusieurs occupations anciennes, comme l'atteste les découvertes archéologiques dans la vallée d'Arques. Sa proximité au sud-ouest de Dieppe et de la place appelée « cité de Limes », permet de dater la première fixation à l'époque celtique. D'autres villages gaulois étant signalés à proximité de Dieppe, il est possible que l'un d'entre eux se soit établi à proximité du site actuel d'Arques, qui possédait un gué sur la Varenne.

Ce dernier atout sera repris par les Romains lors de leur établissement après la Guerre des Gaules (-58 à -51 ACN). Une ancienne voie romaine reliant Dieppe à Beauvais se trouve sous l'actuelle rue de la chaussée (route reliant Arques-la-Bataille à Eu). Au Ve s., Arques devient capitale du Pagus de Talou, « pagus » (trad. Lat. « Pays ») correspondant à la nouvelle organisation régionale mise en place sous les mérovingiens.

Les VIIIe et IXe s. sont marqués par l'incursion et la fixation des Normands. Le duché de Normandie et la Comté d'Arques sont fondés. C'est au cours de la période féodale que l'on trouve le développement des premières défenses : le Château d'Arques est construit vers 1050, la seconde expédition de Guillaume le Conquérant de 1067 est organisée à partir du « port d'Archelles ». Au XIe s., Gozelin, nouveau vicomte d'Arques, transfère dans son nouveau fief le droit de garde et de vérification des Poids et Mesures (droit attaché à Arques jusqu'en 1789).

À partir du XIIe s., Arques commence à perdre de son influence régionale face à Dieppe et à son économie florissante. La commune demeure cependant connue pour son histoire, et notamment la bataille du 21 septembre 1589 qui opposa les troupes de la Ligue menées par le Duc de Mayenne face à celles du roi Henri IV et de celles de la reine Elisabeth Ière d'Angleterre. La citadelle d'Arques finit par être désaffectée au XVIIIe s. sur ordre de Louis XVI.

L'importance d'Arques diminue encore plus du XVIIIe jusqu'à la première moitié du XIXe s. face à l'influence montante de Dieppe. La seconde moitié du XIXe s. est marquée par l'industrialisation du fond de la vallée de l'Arques et notamment par l'installation de la société « la Viscose » créée en 1903. L'installation de cette société a permis un développement urbain important dans le fond de vallée et sur les versants de part et d'autre de la Varenne et de la Béthune, suite à un pic démographique dû à l'installation d'ouvriers de cette usine à Arques. La forêt d'Arques s'est maintenue dans ses limites de 1860. Peu d'évolution a eu lieu sur le plateau à l'ouest excepté le défrichement du versant. Le fond de vallée a été urbanisé (densification du bourg, installation de l'usine Viscose, développement du village). Le fond de vallée a pu être localement exploité (ballastières).

3.2. Evolution de l'usage du sol

L'évolution de l'occupation du sol joue un rôle prépondérant dans la notion de risque d'inondation, que cela soit par débordement ou submersion marine, d'autant plus dans le cas d'une portion littorale et de son hinterland.

Tout d'abord, cette évolution joue sur les aléas au travers de la modification des sols, qu'elle soit due à une fixation du trait de côte par des ouvrages de protection, une extension urbaine par poldérisation (cas du littoral) ou par remblaiement (cas des vallées alluviales) ou à une imperméabilisation des sols par extension du tissu urbain. Ces derniers éléments jouent en effet un rôle sur l'aléa de ruissellement puisqu'ils ont tendance à limiter l'infiltration des écoulements.

Dans un second temps, cette évolution va avoir un impact sur les enjeux et sur la vulnérabilité, puisque l'augmentation de la population sur une zone à risque entraîne une augmentation de l'exposition des biens matériels ou humains face au risque.

Dans le cas des communes de la vallée de l'Arques, l'évolution de l'implantation humaine est flagrante en l'espace de 150 ans. Pour aider à la localisation, les limites communales sur les deux cartes correspondent aux limites des communes en 2012.

Trois secteurs se distinguent en termes d'urbanisation et d'occupation du sol :

- Dieppe ;

- Rouxmesnil-Bouteilles et Martin-Église ;
- Arques-la-Bataille.

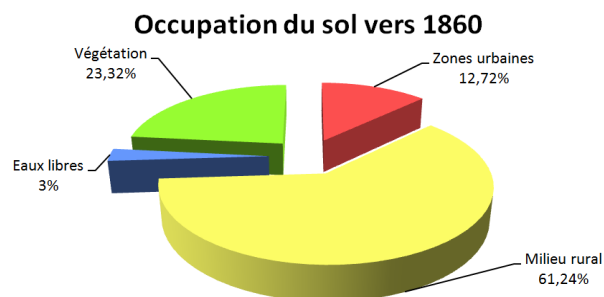
Le secteur 1 « Dieppe » est le secteur ayant subi la plus forte urbanisation. En l'espace de 150 ans, la station balnéaire s'est développée sur le front de mer, tout comme l'habitat qui après avoir colonisé le fond de vallée, s'est peu à peu installé sur les versants adjacents de Dieppe. L'espace voué à l'activité agricole a peu à peu été mité en fond de vallée et sur les plateaux. En fond de vallée, le milieu rural a été remplacé par des activités industrielles et commerciales, le plateau à l'ouest a subi l'envahissement progressif de l'urbanisation dieppoise et le plateau à l'est, celui de la commune associée de Neuville-lès-Dieppe. Le port lui-même a subi de nombreuses modifications, notamment par la suppression du bassin Bérigny durant l'Entre-deux-guerres, le détournement du lit de l'Arques et sa canalisation au pied du versant est, ainsi que la suppression du bassin de Retenue lors des travaux de Freycinet (plan Freycinet 1880-1914).

Le secteur 2 « Rouxmesnil-Bouteilles et Martin-Église » est un secteur qui a connu une forte urbanisation en fond de vallée, tout en conservant certains aspects ruraux. En effet, si l'on examine les deux cartes précédentes, bien que les bourgs se soient densifiés autour de leur forme d'origine et des hameaux proches, c'est le fond de vallée, dans la continuité du port de Dieppe et de sa zone d'activité qui a été le plus touché par l'urbanisation. Celle-ci a remonté l'axe de la vallée, en s'installant sur de nombreux remblais, et en modifiant le cours de l'Arques. Certains versants ont perdu une partie de leur couverture forestière au profit de l'activité agricole ou de l'urbanisation. Ce constat est particulièrement flagrant à Rouxmesnil-Bouteilles, où son centre-bourg s'est développé sous la forme d'un village-rue le long de la RD154, axe reliant Dieppe à Arques-la-Bataille. Le village de Martin-Église s'est quant à lui densifié autour de son bourg principal, mais aussi sur le plateau, et dans la vallée, autour du hameau de l'Étran.

Le secteur 3 « Arques-la-Bataille » semble avoir peu évolué au cours des ans. Les limites de la forêt à l'est n'ont pas été modifiées, le plateau à l'ouest semble n'avoir été que peu densifié en termes d'urbanisme. Seul le fond de la vallée s'est urbanisé autour du bourg d'Arques et des axes routiers (RD154, RD54 et RD1). Par ailleurs, on note sur ces cartes l'absence des mares et des étangs actuellement présents en fond de vallée.

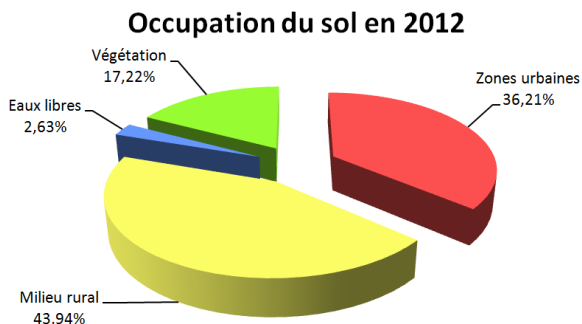
Occupation du sol vers 1860

	Surfaces (ha)	Surface (%)
Zones urbaines	534,3	12,72
Milieu Rural	2572,6	61,24
Eaux libres	114,1	2,72
Couvert forestier	979,9	23,32



Occupation du sol en 2012

	Surfaces (ha)	Surface (%)
Zones urbaines	1521	36,21
Milieu Rural	1845,7	43,94
Eaux libres	110,4	2,63
Couvert forestier	723,8	17,22



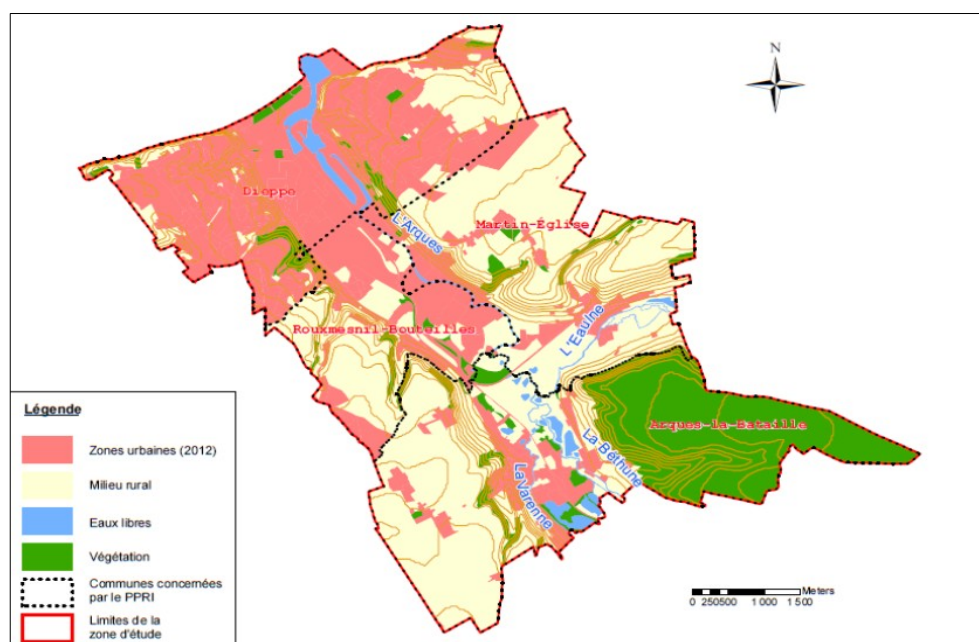


Figure 16: Occupation du sol des communes concernées par le PPRI de l'Arques vers 2012

NB. Les données présentées dans les tableaux ci-avant sont tirés du calcul des surfaces obtenus par l'analyse des couches d'occupation du sol présentées sur les cartes aux pages 16 et 17.

Les chiffres clés de l'occupation du sol :

Les zones urbaines occupaient environ 534,3 ha vers 1860. On compte aujourd'hui autour de 1521 ha de zones urbaines, soit une augmentation d'environ 184,6 % en 150 ans.

Le milieu rural (prairies, zones de cultures, zones naturelles, etc.) occupait environ 2 572,6 ha de terres, soit 61,24 % du territoire. Il occupe aujourd'hui 1 845,7 ha de terres, soit une baisse d'environ 28,3 %.

Le couvert forestier semble se maintenir. Dans le cas de la végétation forestière (forêt d'Arques principalement), il y a une différence de quelques hectares entre 1860 et 2012. Si l'on considère l'ensemble de la couverture boisée sur les quatre communes, on est passé de 979,9 ha vers 1860 à 723,8 ha en 2012, soit un recul d'environ 26,1 %.

Des différences existent aussi en termes d'occupation du sol par les eaux libres : de 114,1 ha vers 1860, on passe à 110,4 ha en 2012, soit une réduction globale de 3,2 %. Il est important de signaler que ce calcul comprend le linéaire de l'Arques, les mares, les étangs et le port de Dieppe qui a été profondément modifié. Plus que la variation de surface, c'est la configuration du milieu aquatique qui a évolué entre ces deux dates.

Ce qu'il faut retenir :

- L'urbanisation a progressé au profit de l'espace rural et du couvert forestier ;
- Le milieu rural, même s'il reste majoritaire à l'échelle de la zone d'étude est en net recul ;
- Les espaces naturels boisés se maintiennent malgré le défrichement et l'utilisation des terres pour l'agriculture, notamment sur les terres des versants peu propices à la mécanisation ;

- L'évolution de l'espace occupé par les eaux libres est principalement consécutif aux modifications du port et du cours de l'Arques sur Dieppe.

3.3. Historique de la constitution du système de défense contre la mer et des ouvrages de protection

L'établissement d'un historique de la constitution du système de défense et des ouvrages de protection répond à plusieurs objectifs :

- localiser l'emplacement des ouvrages « historiques » dans un contexte global à l'échelle d'une portion de côte distinct ;
- localiser les secteurs où les ouvrages « historiques » ont nécessité des réparations ou des reconstructions complètes ;
- observer les modifications/adaptations apportées aux ouvrages suite à des événements majeurs, éventuellement liés à la dynamique marine ;
- observer les adaptations apportées aux ouvrages suite aux modifications de l'environnement global.

La modification des ouvrages de défense dans le temps et dans l'espace est corrélée avec la modification des activités liées au port et la ville (balnéarisation du littoral, modification des activités portuaires, reconstruction/restructuration du port, etc.) :

- le port de Dieppe, du XVIIe au XIXe s. ;
- le port de Dieppe au XIXe s. ;
- le port de Dieppe au cours de la première moitié du XXe s. ;
- le port de Dieppe depuis la fin de la seconde guerre mondiale.

Chaque période correspondant à des modifications des ouvrages de protection et du port, nous pourrons donc déterminer les raisons des évolutions du système de défense contre les submersions ou l'érosion autour de quatre axes :

- installation ;
- réparation ;
- amélioration ;
- destruction.

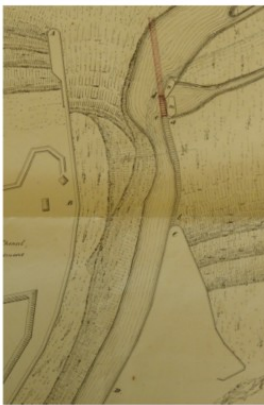
Améliorations		
1794, 1829-1832, 1838-1843, 1905-1914		
Destruction		
-		
Description		
La partie maçonnée de la jetée de l'Est est construite entre 1721 et 1763. La jetée de l'Est s'arrête en 1834 face au quartier du Petit Veules; elle est poursuivie d'un épi de basse mer (prolongé vers 1830 et 1840) pour former le chenal d'entrée du port de Dieppe. Elle est dotée d'un brise-lames en 1858. Entre 1905 et 1914, deux jetées convergentes seront construites, celle de l'Est a été modifiée.		
Source : ADSM, cote 45185, 45193		
		Forme de l'ouvrage Localisation sur plan d'époque 
Port	Dieppe	FICHE OV 20
Type d'ouvrage	Nom de l'ouvrage	
Brise-lames	Brise-lames du Petit Veules	
Date d'installation	Localisation sur un plan actuel	
Réparations		

Figure 17: Exemple d'une de 28 fiches « Ouvrages historiques » dressée dans le cadre des études préliminaires au PPRI

3.4. Recensement des événements d'inondation

Le recensement des inondations historiques répond à plusieurs objectifs :

- localiser les secteurs exposés à l'inondation par débordement du cours d'eau et par ruissellement ;
- recueillir les paramètres conditionnant ces inondations (débits, apports des rivières, conditions météorologiques, impact des marées, etc.) lorsqu'ils sont disponibles ;
- garder la mémoire des inondations et développer une culture du risque par la sensibilisation de la population.

Le graphique ci-dessous présente un recensement exhaustif des inondations historiques tiré des sources consultées, sur le périmètre du PPRI de l'Arques, entre la période 1831-2010.

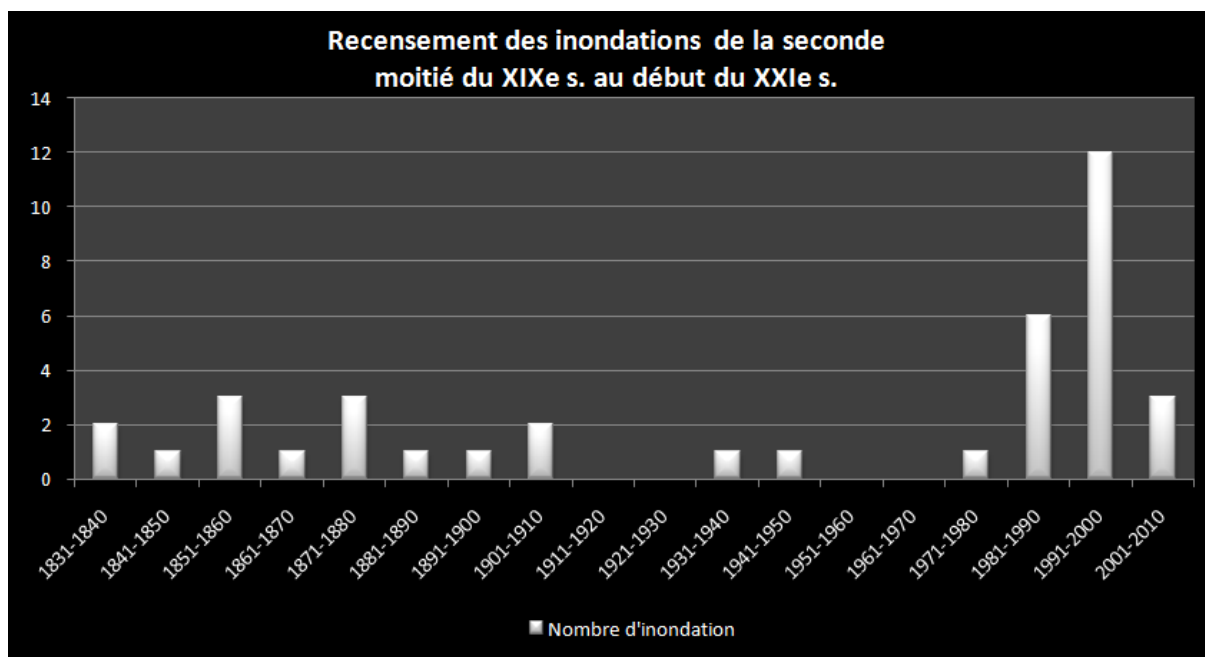


Figure 18: Recensement des inondations de l'Arques de la fin du XVIIIe s. au début du XXe s.

NB. Les événements recensés ici ne correspondent qu'à ceux ayant eu un impact assez visible pour être répertorié dans les archives (dégâts matériels et humains). Certains événements récurrents et sans impact ne sont pas ici considérés. Par ailleurs, il est nécessaire de rappeler que les données antérieures aux années 1970 peuvent être peu nombreuses, voire absentes selon certaines décennies suite à des événements majeurs particuliers (conflits, report non systématique, archives manquantes ou perdues, etc.).

Les archives consultées lorsqu'elles sont antérieures à 1970, ne font bien souvent mention que des dégâts occasionnés par un événement singulier (Archives des Ponts et Chaussées, de la Préfecture, etc.). Les inondations ayant pu avoir lieu avant 1970, notamment au cours de la première moitié du XIXe s. et de la première moitié du XXe s. n'ont pas forcément été enregistrées (secteurs sans enjeu, peu urbanisés de fond de plaine de l'Arques).

Bien qu'il soit possible de déterminer la date des événements, et parfois leur impact en termes de dégâts (chiffrage, non utilisation des parcelles, baisse de la production, etc.), il est le plus souvent illusoire de localiser avec précision le lieu des dégâts et les périmètres de zones inondées. De plus l'anthropisation de la vallée de l'Arques (modifications du cours d'eau, remblai en fond de vallée, urbanisation croissante, etc.) ne permet plus de localiser de manière pertinente les zones inondées à une époque ancienne : certaines infrastructures (type remblais) ont modifié la structure même de la vallée.

Les archives consultées ont permis de remonter sur ces communes occasionnellement jusqu'à la seconde moitié du XVIIIe s. (événement de 1768, de 1770 et de 1778 sur Arques, Bouteilles et Rouxmesnil), grâce notamment aux archives municipales des délibérations de la commune de Dieppe (cote EE17 et EE18, sources AMJR).

Dans le cas de ces événements et de certains relevés au cours du XIXe s., nous spécifierons dans les fiches événements les conditions d'écoulement dans la vallée (présence ou non de blocages dus aux portes à marées).

Deux périodes, pour lesquelles aucune donnée n'a été retrouvée, ont été répertoriées :

- de 1780 à 1830 (Fin de l'Ancien Régime, période révolutionnaire, 1er Empire, Restauration) ;

- de 1910 à 1945 (Conflits mondiaux et l'Entre-deux-guerres) ;
- de 1950 à 1970.

Les inondations sont plus systématiquement répertoriées dans la seconde moitié du XXe s. et les caractéristiques météorologiques et dynamiques fluviales sont plus précises et enregistrées. À partir des années 1980, nous nous sommes basés sur les arrêtés de CATNAT, complétées par les informations obtenues au cours des entretiens et les données historiques vérifiées du précédent PPRI.

Chaque inondation connue pour laquelle des données existent (à minima une date, la commune concernée et une estimation des dégâts) fait l'objet d'une fiche synthétique qui reprend l'ensemble des informations disponibles, selon les sources consultées.

3.5. Recensement des événements tempétueux

Le recensement des tempêtes historiques répond à plusieurs objectifs :

- localiser les secteurs exposés à l'inondation par la mer (submersion marine par débordement, par franchissement et par rupture d'ouvrage) ;
- recueillir les paramètres météo-marins et morpho-sédimentaires conditionnant ces inondations (dépressions atmosphériques, hauteur des eaux, houles, vents, etc.) lorsqu'ils sont disponibles ;
- garder la mémoire des tempêtes et développer une culture du risque par la sensibilisation de la population.

Le graphique ci-dessous présente un recensement exhaustif des événements tempétueux historiques ayant sévi sur le littoral dieppois, entre la période 1791-2010, d'après les recherches menées auprès des différents organismes cités précédemment.

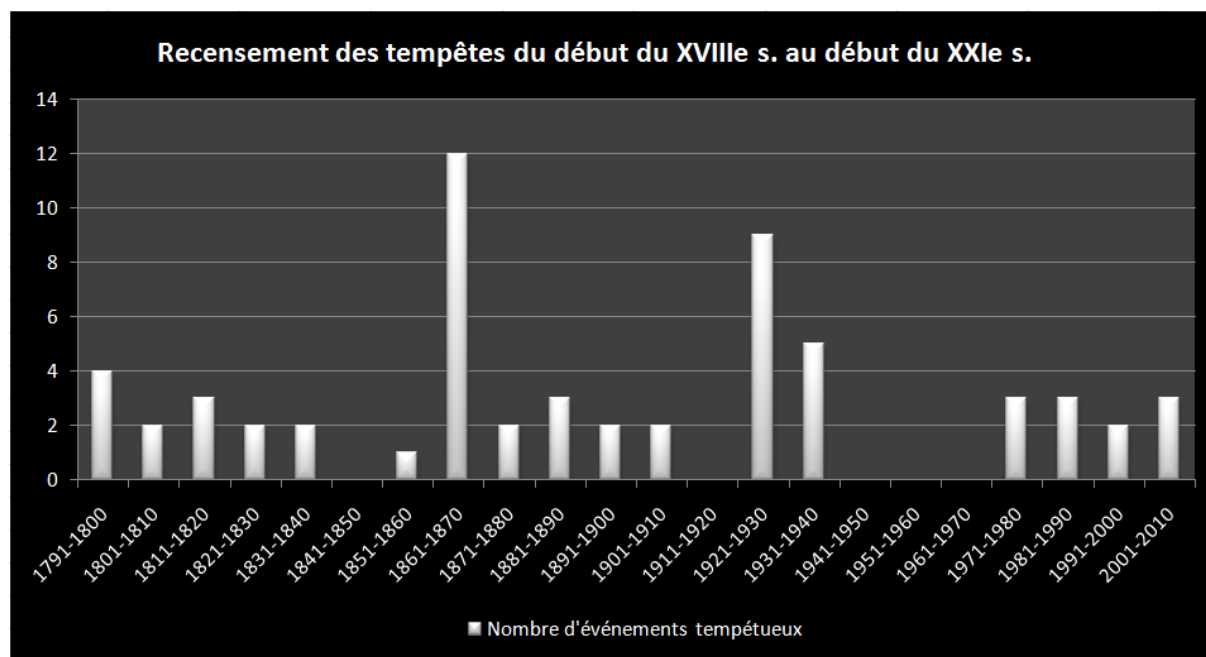


Figure 19: Recensement des tempêtes sur le littoral dieppois de la fin du XVIIIe s. au début du XXIe

NB. Les événements recensés ici ne correspondent qu'à ceux ayant eu un impact assez visible pour être répertorié dans les archives (dégâts matériels et humains). Certains événements récurrents et sans impact ne sont pas ici considérés. Par ailleurs, il est nécessaire de rappeler

que les données antérieures aux années 1970 peuvent être peu nombreuses, voire absentes selon certaines décennies suite à des événements majeurs particuliers (conflits, report non systématique, archives manquantes ou perdues, etc.).

Les archives consultées lorsqu'elles sont antérieures à 1970, ne font bien souvent mention que des dégâts occasionnés par un événement singulier (Archives des Ponts et Chaussées, de la Préfecture, etc.). Les tempêtes ayant pu avoir lieu avant 1970, notamment au cours de la première moitié du XIXe s. et de la première moitié du XXe s. n'ont pas forcément été enregistrées (secteurs sans enjeu, peu d'enjeux touchés avant le développement balnéaire, etc.).

On remarquera une coupure très nette entre les dégâts occasionnés et les réponses qu'auront les autorités pour y remédier à partir de la seconde moitié du XIXe s., lorsque Dieppe passe d'un statut de place-forte défensive à celle de station balnéaire.

Bien qu'il soit possible de déterminer la date des événements, et parfois leur impact en termes de dégâts (chiffage des réparations, demande de subvention pour la construction d'ouvrages de défense, etc.), il est le plus souvent illusoire de localiser avec précision le lieu des dégâts et les périmètres de zones inondées. Dans le cas de Dieppe, la quantité et la qualité des plans de localisation retrouvés aux archives permettront la localisation de la plupart des dégâts.

Les archives consultées ont permis de remonter les zones de la plage ouest de Dieppe, sur le front de mer de Dieppe et sur la plage du Puys jusqu'à la période révolutionnaire. Cependant, le nombre de tempête est assez restreint, n'étant pris en compte que les événements ayant occasionné des dégâts aux ouvrages de protection. Par ailleurs le pic d'événements tempétueux présent sur la décennie 1860-1870 se retrouve aussi sur d'autres département, tel que celui de la Loire-Inférieure à la même époque (Loire-Atlantique).

Trois périodes, pour lesquelles aucune donnée n'a été retrouvée, ont été répertoriées :

- de 1840 à 1850 ;
- de 1910 à 1920 ;
- de 1940 à 1970.

Bien que des archives existent pour la période 1940-1950 (archives de l'occupation), aucune mention de tempête n'est signalée.

Les tempêtes sont plus systématiquement répertoriées dans la seconde moitié du XXe s. et les caractéristiques météo-marines sont plus précises et enregistrées. À partir des années 1980, nous nous sommes basés sur les arrêtés de CATNAT, complétées par les informations obtenues au cours des entretiens et les données historiques vérifiées du précédent PPRi.



Figure 20: Tempête sur Dieppe, hiver 2009 (plage de Dieppe, la jetée ouest à l'arrière plan)

Chaque tempête connue pour laquelle des données existent (à minima une date, la commune concernée et une estimation des dégâts) fait l'objet d'une fiche synthétique qui reprend l'ensemble des informations disponibles, selon les sources consultées.

3.6. Événements historiques de submersions marines

Les événements tempétueux dommageables recensés sur Dieppe sont au nombre de 48, et s'étalent entre 1616 et 2010 (Grasset et al., 2014, livrable 1.2, Annexe C). Pour beaucoup de ces événements, peu d'informations précises sont disponibles sur les dommages observés, mais il apparaît notamment que ces dommages affectent particulièrement souvent la grande plage (destruction et/ou endommagement d'épis) et les jetées du port.

Le tableau suivant (Figure 21) synthétise parmi les événements recensés ceux correspondant assez clairement à des phénomènes de submersion marine (par débordement ou franchissement) et/ou à des impacts de vagues localisés (hors épis de la plage et jetées de l'entrée du port, particulièrement exposés aux vagues au vu des nombreux événements connus). La submersion observée lors de la tempête Xynthia (28/02/2010) est présentée à la Figure 70 et à la Figure 71, cette tempête récente ayant été utilisée pour la validation du modèle de submersion (paragraphe 1.12).

Fiche tempête (Alp'Géorisques , Grasset et al., 2014)	Date	Dommages submersion/vagues
TD 15	21-27/12/1845	Terre-plein de l'estacade du <i>Petit-Veules (Bout du Quai)</i> détruit et excavations jusqu'aux maisons
TD 21	08/01/1868	Brèche dans le mur-promenade du <i>Casino</i>
TD 22	08/03/1868	Dommages par la mer à l'intérieur de l'établissement des <i>Bains</i> et sur le <i>parcours de la plage</i> , brèche à l'extrémité <i>Est de la promenade du Casino</i> découvrant les fondations du mur sur 20 m, creusement de la brèche du 08/01/1868
TD 30	12-13/01/1899	Plage ravagée sur 50 m, projections de galets jusqu'aux pylônes électriques, murs de soutènement du <i>Casino</i> emportés dans le rez-de-chaussée, <i>bains mixtes</i> détruits, grilles arrachées, <i>kiosque à musique</i> détruit...
TD 31	10-11/09/1903	Épis endommagés, plan incliné du <i>brise-lame Ouest</i> détruit, brèche de 45 m dans l'estacade à <i>Puys</i> , destruction partielle du <i>Casino</i>
TD 35	22-26/11/1928	Affouillement du mur du <i>Bas-Fort-Blanc</i> et dommages au mur de soutènement, destruction d'épis
TD 37	29/12/1929	Inondation de la <i>promenade du Casino</i> , blocs descellés <i>boulevard Foch</i> , galets sur le trottoir et destruction du garde-fou sur plusieurs mètres, pelouses emportées sur 50 m <i>rue Alexandre Dumas (Bas-Fort-Blanc)</i>
TD 40	13-15/11/1977	Dégâts occasionnés au <i>Casino (rotonde et piscine)</i> , gravillons et débris sur le <i>front de mer</i> , muret de la <i>promenade</i> partiellement détruit, cabines de plage retournées à <i>Puys</i> , un dragueur coulé dans l'avant-port de Dieppe
TD 41	11-12/01/1978	Dégâts occasionnés au <i>Casino (rotonde et piscine)</i>
TD 42	22-25/11/1984	Dégâts sur le <i>Casino</i> et le mur-bahut du Perré, inondation via le réseau d'assainissement (<i>rue Levasseur au Pollet, quai du Tonkin et point bas de la rue de l'Entrepôt au bout du bassin Duquesne</i>), arcades de la <i>Bourse (quai Duquesne)</i> éclaboussées par les vagues
TD 48	27-28/02/2010	Légères inondations <i>quai Henri IV, quai de la Somme, quai du Tonkin, quartier du Pollet</i> (cf paragraphe 4.3.6)

Figure 21: Synthèse des événements de tempête historiques ayant causé des dommages par submersion et/ou chocs de vagues et galets (hors épis de la plage et jetées du port)

3.7. Phénomènes de référence du PPRLI

3.7.1. Choix du phénomène de référence

Le phénomène de référence du PPRLI est le phénomène de période de retour centennale ou le plus fort phénomène historique connu, si ce dernier est supérieur. Contrairement aux idées reçues, un phénomène centennal n'est pas le phénomène qui se produit tous les cents ans, ni le phénomène qui se produit une fois par siècle. Un phénomène centennal est un phénomène statistique qui a un risque sur 100 de se produire ou d'être dépassé chaque année.

3.7.2. Les phénomènes littoraux

« Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer lors de conditions météorologiques et océaniques défavorables (basses pressions atmosphériques et fort vent d'afflux agissant, pour les mers à marée, lors d'une pleine mer) ; elles peuvent durer de quelques heures à quelques jours » (Guide méthodologique, MEDDE, mai 2014). Elles sont le plus souvent associées à des surélévations temporaires du niveau de la mer lors de tempêtes ou de cyclones, voire de tsunamis.

Les surcotes marines sont contrôlées par deux processus principaux (Cf. Figure 22) :

- **La surcote atmosphérique** : le passage d'un important système dépressionnaire (tempête) est caractérisé par des variations du niveau marin selon deux mécanismes :
 - La chute de pression atmosphérique entraîne une surélévation du niveau du plan d'eau. C'est le phénomène de *baromètre inverse* : une diminution d'1 hPa équivaut à une élévation d'1 cm du plan d'eau (valeurs pour une situation théorique d'un plan d'eau infini et d'une pression atmosphérique uniforme).
 - A cela s'ajoute l'effet du vent, qui en fonction de son intensité et de sa direction est susceptible de provoquer des accumulations d'eau sur la bande littorale.

La surélévation du plan d'eau provoquée par la chute de pression et l'action du vent correspond à la surcote atmosphérique. La combinaison de la marée et de cette surcote atmosphérique génère le niveau de la mer « au repos » (Cf. Figure 22).

- **La surcote liée aux vagues (*wave setup*)** : à l'approche de la côte, les vagues générées au large déferlent en transférant leur énergie sur la colonne d'eau, dont une partie provoque une surélévation du niveau moyen du plan d'eau (le « *wave setup* » ou surcote liée aux vagues) qui peut atteindre plusieurs dizaines de centimètres.

Le **niveau moyen du plan d'eau** (ou niveau statique) lors d'une tempête résulte de la contribution de la surcote atmosphérique, de la surcote des vagues et de la marée (Cf. Figure 22).

La marée est de type semi-diurne en France métropolitaine (2 cycles de pleine mer et basse mer par jour). La différence de hauteur entre une pleine mer et une basse mer, appelée le marnage, peut atteindre plusieurs mètres. On distingue alors les côtes macrotidales (marnage supérieur à 4 m), mésotidales (2 à 4 m de marnage) et microtidales (marnage inférieur à 2 m). Le littoral du Pays de Caux, en particulier, est exposé à un contexte macrotidal, le marnage maximal étant de l'ordre de 10,2 m à Dieppe (SHOM, 2014).

Enfin, le niveau instantané du plan d'eau dépendra du jet-de-rive (*swash*), c'est-à-dire le flux et le reflux des vagues sur l'estran. On appelle *runup* la cote maximale atteinte par la mer au-dessus d'un niveau de référence (ex. le zéro hydrographique).

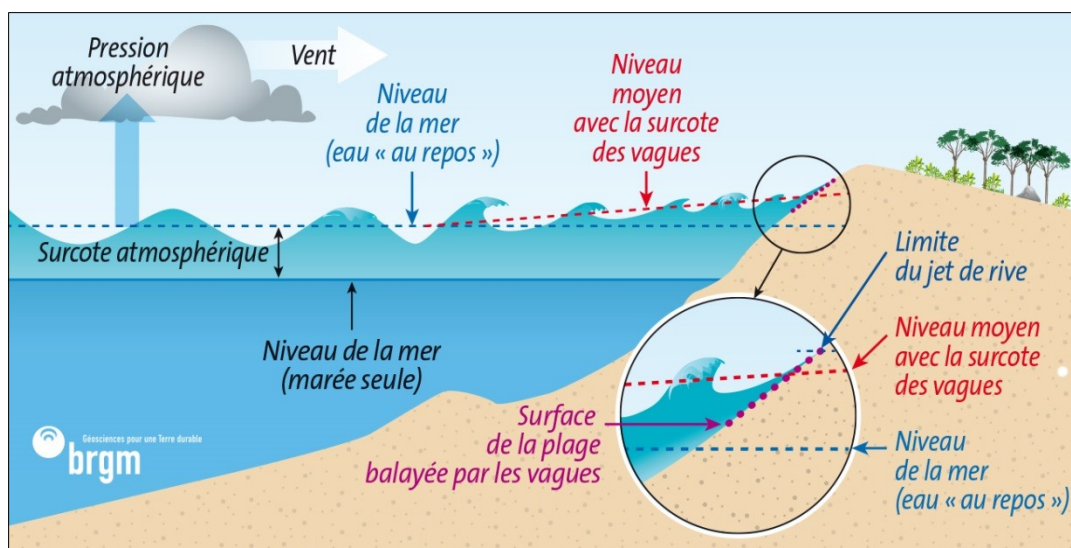


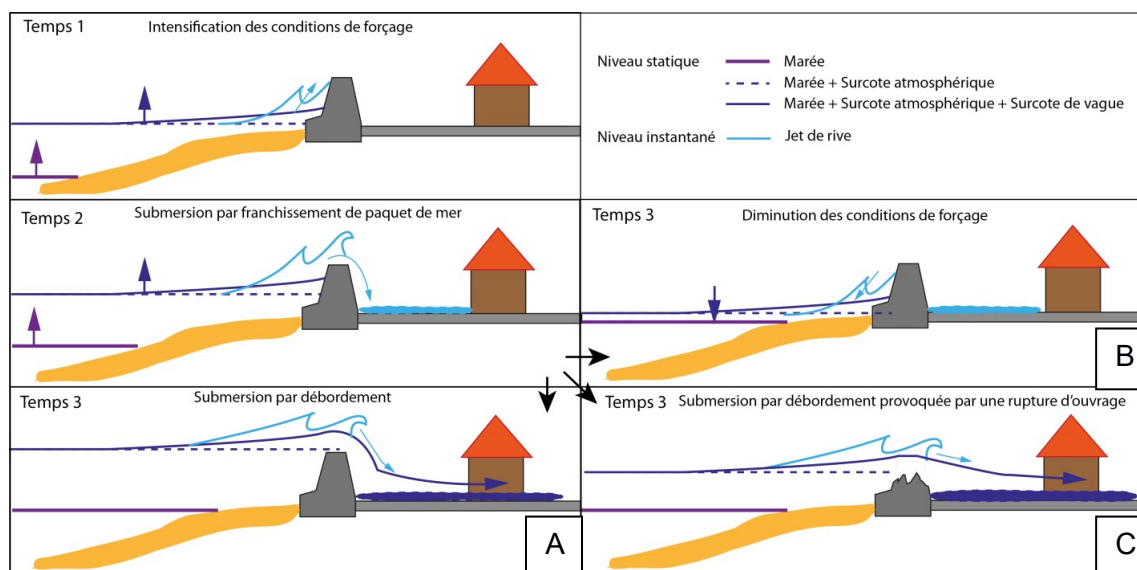
Figure 22: Schéma des différentes contributions au niveau du plan d'eau lors d'une tempête (surcotes) jusqu'au rivage

La submersion peut se manifester sous trois formes différentes (Cf. Figure 23) :

- le **franchissement** par paquets de mer, qui correspond au passage des vagues par-dessus les défenses côtières (naturelles ou artificielles), l'accumulation d'eau résultante peut s'avérer importante selon l'ampleur des franchissements, sa durée et le linéaire concerné ; le franchissement est conditionné essentiellement par la position du plan d'eau (niveau statique) par rapport à la cote maximale du terrain naturel ou des ouvrages de protection, et par les caractéristiques locales des vagues (hauteurs et périodes) ;
- le **débordement**, qui correspond à une élévation du niveau d'eau statique au-dessus de la cote maximale du terrain naturel ou des ouvrages de protection ; il entraîne un déversement continu d'eau à terre ; les volumes d'eau mis en jeu dépendent de l'écart entre le niveau d'eau et celui de la cote maximale du terrain naturel ou des ouvrages de protection, la durée du débordement et de la vitesse de l'écoulement ;
- la **rupture** de structures de protection est causée par l'action répétée des vagues et/ou la surverse. Les structures de protection peuvent être alors endommagées progressivement ou brutalement, et des brèches ou une défaillance généralisée peuvent se produire, provoquant le passage à un régime de débordement. Le déversement de l'eau en arrière des ouvrages est également de nature à dégrader fortement les ouvrages.

Un épisode de submersion peut résulter de la succession de ces différents processus, voire de leur occurrence simultanée, en des endroits différents. Lors de tempêtes, on assiste généralement à une montée progressive du niveau statique et à un renforcement de l'intensité des vagues (temps 1). Au-delà d'une certaine intensité, il peut y avoir franchissements par paquets de mer, la submersion associée restant en général limitée (temps 2). Si le niveau statique continue à s'élever et dépasse la cote maximale des défenses côtières, la submersion passe alors en régime de débordement (temps 3A). Lorsque le niveau statique diminue du fait de la marée et/ou de la baisse de la surcote, on peut observer, suivant la configuration, une « vidange » partielle de l'eau accumulée à terre vers la mer ou de nouveaux franchissements jusqu'à ce que les conditions de mer diminuent (temps 3B). En cas de rupture d'un ouvrage de

protection, il peut y avoir submersion par débordement alors que le niveau statique ne dépasse pas la cote maximale de l'ouvrage avant rupture (temps 3C).



3.7.3. Les PHEC (inondations par débordement de cours d'eau)

La qualification de l'aléa PHEC (Plus hautes eaux connues) est tirée du PPRI de l'Arques. Cet aléa n'a pas fait l'objet d'investigations complémentaires dans le cadre de la révision.

3.7.4. Le ruissellement

L'aléa ruissellement concerne les zones de concentration du ruissellement et pas les zones de production qui peuvent être régies par d'autres procédures :

- gestion des pratiques culturales (retournement des prairies notamment) ;
- gestion des eaux pluviales dans les zones urbanisées.

3.7.5. La remontée de nappe

L'aléa de remontée de nappe a été traité par analyse géologique et morphologique, en s'appuyant notamment sur l'exploitation du MNT LIDAR pour repérer les zones basses et par des reconnaissances en photo-interprétation et sur le terrain afin d'identifier les principales zones hydromorphes.

Chapitre 4 : Qualification de l'aléa submersion

4.1. Détermination des combinaisons centennales

4.1.1. Choix de la méthode

La détermination de l'événement naturel de référence nécessite d'analyser les concomitances entre les 2 paramètres de niveau d'eau et de hauteur significative des vagues au large. Pour cela, 2 méthodes sont proposées par le guide méthodologique (MEDDE, 2014) : une méthode « simplifiée », basée sur un facteur de dépendance entre les vagues et le niveau d'eau (DEFRA, 2005), ou une méthode « rigoureuse » (BRGM, Bulteau et al. 2012) qu'il convient de privilégier, notamment pour les sites à fort-marnage lorsque les données le permettent (CETMEF, 2013 ; MEDDE, 2014).

Compte-tenu de la configuration du site étudié (fort marnage, dépendance surcote-marée...), c'est donc une méthode rigoureuse, basée sur une analyse aux probabilités conjointes, qui a été mise en œuvre dans la présente étude.

4.1.2. Données utilisées

4.1.2.1. Niveaux d'eau (SWL)

La série temporelle de niveaux d'eau utilisée est celle enregistrée au marégraphe de Dieppe (opéré par SHOM / SMPD, position : 1° 5' 4,164" E 49° 55' 45,012 N, Cf. Figure 24). Plusieurs marégraphes se sont succédés dans le temps : un marégraphe à flotteur BRILLE de 1949 à 1988, puis un marégraphe à flotteur OTT R16 de janvier 1989 à février 2009, et enfin un marégraphe côtier numérique RONIM installé par le SHOM depuis février 2009 (<http://refmar.shom.fr/>). Les premières mesures disponibles datent du 31/12/1951.

Les données horaires validées ont été téléchargées sur le site REFMAR (<http://refmar.shom.fr/>) et débutent en 1954.

Cependant, une analyse préliminaire des données a révélé que les données antérieures à 2001 présentent des valeurs maximales ne dépassant pas 9,99 m (cote marine) : les données sont « plafonnées » à cette valeur. Bien que le SMPD ait indiqué l'existence d'un problème d'enregistrement jusqu'en 1986, il est apparu que ce défaut résulterait a priori d'un problème de numérisation des anciens marégrammes (papier) par le SHOM. Des méthodes d'analyse statistique prenant en compte ce type de biais dans une série de données (observations $\geq 9,99$ m) existent (p.e. approche bayésienne décrite par Bulteau et al., 2015), mais leur mise en œuvre reste de l'ordre de la recherche et serait beaucoup plus exigeantes en termes d'effort humain et temps de calcul.

Le choix a été donc fait de n'utiliser les données validées horaires REFMAR qu'à partir de 2001, ce qui permet l'exploitation de 14,3 années de mesure sur la période 2001-2015 (Cf. Figure 26, partie basse).



Figure 24: Position du marégraphe dans l'entrée du port de Dieppe et aperçu du bâtiment du marégraphe (Fond GoogleEarth, photographie <http://refmar.shom.fr>)

4.1.2.2. Caractéristiques des vagues

Le choix de la série 2001-2015 des données SWL impose de sélectionner une base de données de caractéristiques de vagues compatible avec la période couverte. Le choix s'est porté sur la base de rejeu d'états de mer HOMERE (Boudiere et al., 2013), qui couvre la période 1994-2012 (19 ans de données continues simulées à pas horaire, voir Cf. Figure 26). Cela a donc exclu l'utilisation des bases de données ANEMOC (période 1979-2002, Benoit et Lafon, 2004) et BoBWA (période 1958-2002, Charles et al. 2012 - <http://bobwa.brgm.fr/>).

La base HOMERE, réalisée par IFREMER, est issue de simulations avec le modèle spectral WaveWatch III (WW3) sur des maillages non structurés, avec des résolutions évoluant de 10 km au large à 200 m à la côte (plus de 110 000 nœuds de calcul pour une emprise allant du Sud de la Mer du Nord jusqu'au Golfe de Gascogne). Les vagues proviennent d'une part des conditions aux limites du domaine (spectres directionnels horaires issus des simulations du modèle global IOWAGA) et de leur génération sous l'effet du vent (forçage issu des réanalyses CFSR - Climate Forecast System Reanalysis).

Contrairement aux autres bases classiquement utilisées pour ces applications (ANEMOC et BoBWA notamment), HOMERE prend en compte les effets de la marée dans les simulations par l'utilisation d'un atlas de composantes harmoniques issu de simulations réalisées avec le modèle hydrodynamique MARS, permettant le calcul de la marée et des courants associés sur l'ensemble du domaine.

Les paramètres globaux (et notamment les caractéristiques horaires des vagues Hs, Tp et Dp) d'un des points de sortie situé à environ 6 km au large de Dieppe ont été extraites (position : 49° 57' 50,04" N 1° 1' 16,93" E, illustration des hauteurs significatives à la Figure 26, partie haute). La position de ce point d'extraction, indiquée à la Figure 25, correspond à une profondeur d'environ -16 m NGF (soit environ 11,50 m sous le zéro hydrographique) suffisante pour s'assurer que les vagues n'ont pas encore déferlé (surtout à la pleine mer).

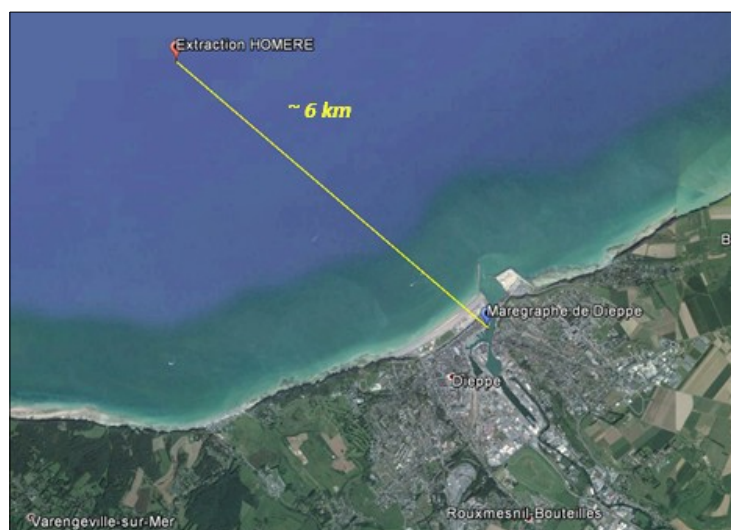


Figure 25: Localisation des points d'extraction des données de vagues (HOMERE) et de niveaux d'eau (Marégraphe de Dieppe) (Fond ©GoogleEarth)

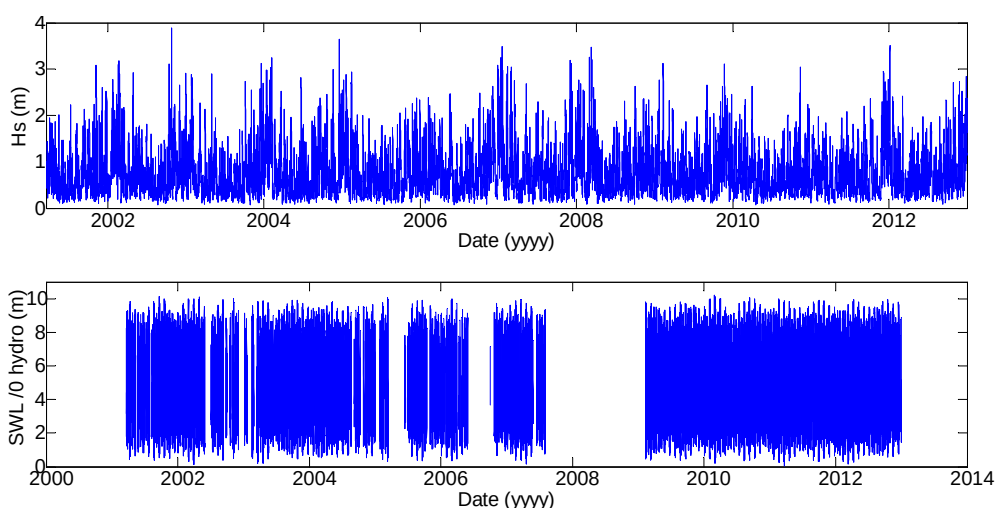


Figure 26: Séries temporelles des hauteurs significatives de vague H_s (haut) et des niveaux d'eau SWL (bas) utilisées (sur la durée commune aux deux variables).

Principes de la méthodologie des probabilités conjointes

Conformément aux consignes ministérielles (MEDDE, 2014), l'aléa submersion marine doit être caractérisé par un événement centennal (ou pour un événement historique s'il est supérieur). Une submersion se produisant sous l'effet de plusieurs agents dynamiques partiellement liés (vagues, niveaux d'eau – marée et surcote atmosphérique), l'analyse de la période de retour d'un seul agent n'est pas représentative de la période de retour du niveau marin au rivage. Il est nécessaire d'analyser la période de retour conjointe en prenant en compte la dépendance entre les agents. Dans ce but, l'analyse repose sur la méthode statistique développée par HR Wallingford et l'université de Lancaster à l'aide du logiciel JOIN-SEA (Hawkes, 1998 ; Hawkes et al., 2002).

JOIN-SEA est utilisé pour déterminer la probabilité que les deux conditions de mer H_s (hauteur significative des vagues au large) et SWL (*Still Water Level*, niveau d'eau incluant la marée et la surcote atmosphérique) dépassent conjointement des valeurs spécifiées. Un ensemble de couples de valeurs (H_s ; SWL) associés à une période de retour dite de « dépassement conjoint » (ici 100 ans) est ainsi déterminé. À chacun de ces couples, une valeur de période de pic des vagues T_p est calculée à partir de la relation entre H_s et T_p avec la cambrure des

vagues S . Le choix a été fait de considérer la médiane des périodes de pic des vagues simulées avec JOIN-SEA pour chacune des hauteurs significatives des vagues H_s . Concernant la direction pic des vagues D_p , une valeur unique a été évaluée pour chaque couple (H_s ; SWL) : ces deux aspects sont présentés plus en détails par la suite.

Les paragraphes suivants précisent les détails des étapes de l'analyse :

- i. **Préparation du jeu de données** : il s'agit de constituer un échantillon avec un grand nombre de triplets (H_s ; SWL ; T_p) indépendants ;
- ii. **Ajustement des lois de probabilités** (dites « marginales ») pour chaque variable H_s et SWL à l'aide de la loi Pareto Généralisée (GPD : *Generalized Pareto Distribution*) ;
- iii. Ajustement des modèles de dépendance
 - a. **entre H_s et SWL** : une distribution normale centrée bi-variée BVN dans l'espace gaussien est ajustée sur les observations ;
 - b. **entre H_s et T_p** : la distribution conditionnelle empirique S sachant H_s est utilisée.
- iv. **Simulation par méthode Monte-Carlo**, à l'aide des lois marginales et des modèles de dépendance, d'un très grand nombre de triplets (H_s ; SWL ; T_p) possédant les mêmes caractéristiques statistiques que les données observées ;
- v. **Analyse des extrêmes qui permet de déterminer des couples** (H_s ; SWL) d'iso-période de retour de dépassement conjoint de 100 ans.

4.1.3. Préparation du jeu de données de vagues et niveaux d'eau

4.1.3.1. Niveaux d'eau SWL

La période couverte 2001-2015 est donc de 14,3 ans. Un traitement préliminaire a consisté à éliminer la tendance linéaire long-terme d'augmentation du niveau de la mer sur ces 14 années, afin d'éviter que les statistiques ne dépendent du temps (hypothèse de stationnarité). La Figure 26 (partie basse) présente la série temporelle utilisée. Les valeurs SWL sont indiquées par rapport au zéro hydrographique (ZH, correspondant à la cote - 4,448 m NGF, cf SHOM, 2014) avec un niveau moyen de 4,94 m (Cf. Figure 13).

4.1.3.2. Caractéristiques des vagues

L'analyse des données brutes issues de la base HOMERE indique deux directions pic privilégiées de provenance des vagues :

- Ouest-Nord-Ouest (280-310°), avec la plus forte fréquence d'occurrence (Cf. Figure 27) ;
- Nord (0-10°) avec une fréquence d'occurrence plus rare et des hauteurs significatives moins importantes.

L'analyse statistique réalisée par la suite intègre toutes les valeurs de directions.

La Figure 28 donne la relation (hétéroscédastique) entre H_s et T_p observées : plus les H_s sont élevées, moins la dispersion des périodes pics est importante. Ainsi, pour les vagues les plus élevées, les périodes pics se situent autour de 10 s..

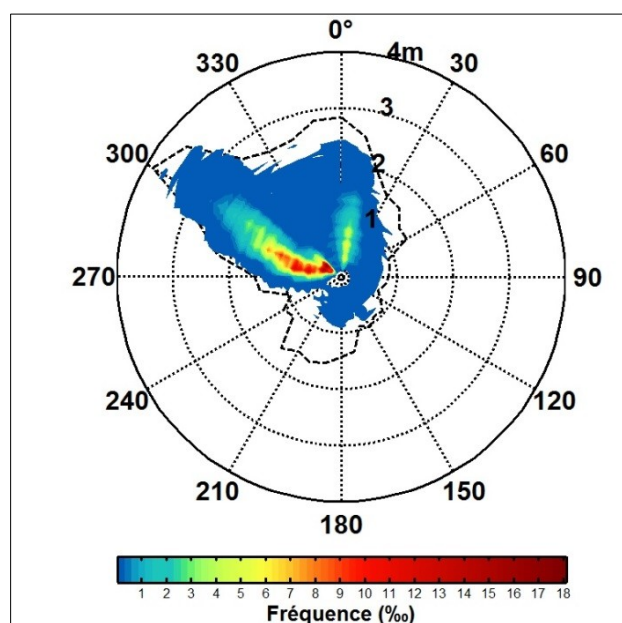


Figure 27: Rose des vagues au point d'extraction de HOMERE. La valeur de H_s se lit sur l'axe radial. L'enveloppe des points de la série temporelle est représentée par la ligne noire en pointillés. La fréquence d'occurrence des couples (H_s, D_p) est représentée par l'échelle de couleur (min=0,02 ‰). D_p est en convention nautique (i.e. indique la provenance des vagues par rapport au Nord).

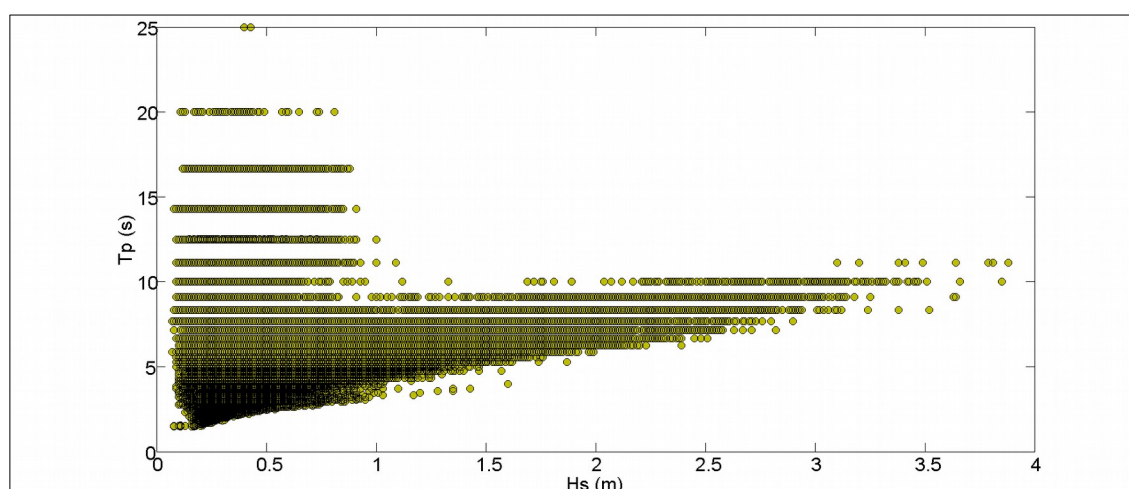


Figure 28: Diagramme bivarié (T_p, H_s) des vagues au point d'extraction de HOMERE.

Sélection des événements indépendants

Les jeux de données (hauteurs significatives de vagues et niveau marin) sont ré-échantillonnés afin de constituer des doublets (H_s , SWL) de pleine mer indépendants. En pratique, une fois les niveaux d'eau de pleine mer identifiés, les hauteurs significatives des vagues ainsi que les périodes pic correspondantes sont recherchées en prenant le maximum des H_s dans une fenêtre de ± 3 heures centrée sur chaque pleine mer. A chaque valeur de H_s est associé le doublet (T_p , D_p) correspondant. 5 825 quadruplets (H_s , T_p , D_p , SWL) ont ainsi été sélectionnés, correspondant à 8.3 ans de données communes avec en moyenne ~ 705 événements/an.

4.1.4. Ajustement des distributions de probabilités marginales (GPD) pour Hs et SWL

Cette étape consiste à analyser et à ajuster la distribution individuelle (marginale) des variables suivantes : hauteur significative des vagues H_s et niveau d'eau SWL. Le modèle statistique utilisé est la loi Pareto Généralisée GPD (*Generalized Pareto Distribution*).

L'ajustement (i.e. l'estimation des valeurs des paramètres) exige de choisir les seuils à partir desquels le domaine des valeurs est considéré comme « extrême ». Cela est réalisé à l'aide de plusieurs techniques basées sur une combinaison (Coles et al. 2001) d'analyse de graphes quantile-quantile, de « mean residual life plots » et d'analyse des valeurs quantitatives résultant des tests statistiques (Chi2, Kolmogorov-Smirnov). En dessous du seuil sélectionné, la distribution empirique basée sur les seules observations est utilisée. Enfin, trois méthodes d'estimation des paramètres de la GPD ont été testées : méthodes des moments MOM, des moments pondérés PWL et maximum de vraisemblance MLE. L'incertitude associée à l'ajustement est prise en compte et traduite sous la forme d'un intervalle de confiance (à 95 %) estimée par méthode bootstrap (Efron, 1992).

4.1.4.1. Hauteurs significatives des vagues

La distribution marginale de probabilité associée à H_s a été ajustée avec la méthode des moments MOM au-dessus d'un seuil de 2,87 m, ce qui correspond à ~4,3 événements extrêmes par an. La Figure 29 indique à la fois les observations et le meilleur ajustement de la GPD (trait rouge plein), ainsi que les intervalles de confiance correspondants (pour le degré de confiance 70 et 95 %). La valeur de la direction pic associée aux observations est également indiquée, ce qui met en évidence que toutes les observations au-delà du seuil de 2,87 m (i.e. les extrêmes) sont associées à une direction de l'ordre de 300° (provenance de l'Ouest-Nord-Ouest), i.e. correspondant à la valeur la plus fréquente (mode) des vagues (Cf. Figure 27) : **cette valeur est par conséquent associée par la suite aux combinaisons centennales.**

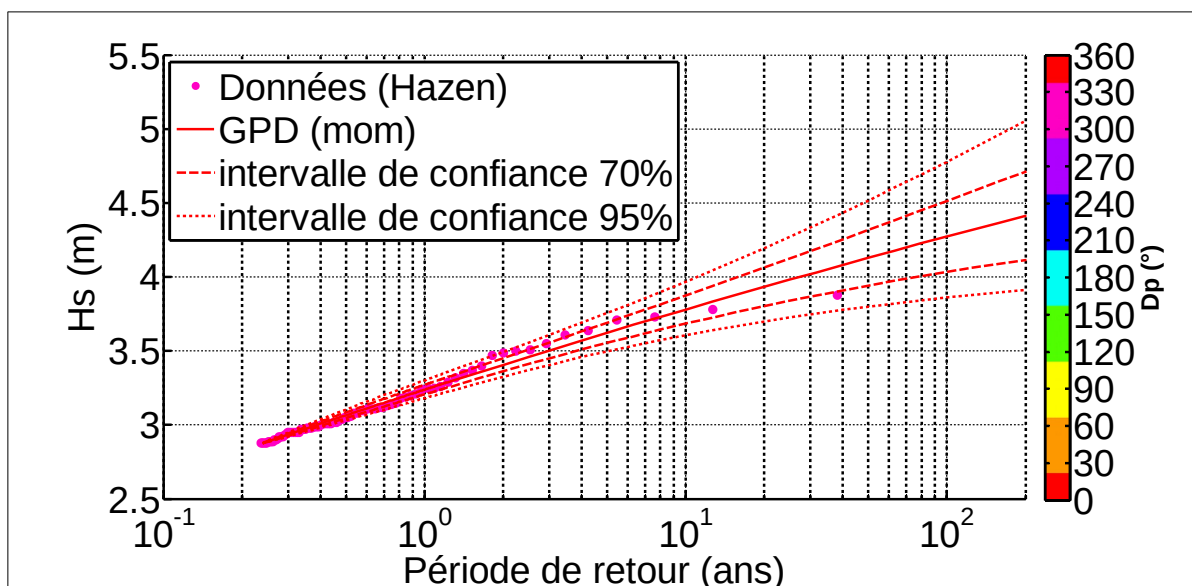


Figure 29: Distribution marginale pour la hauteur significative des vagues (H_s).

4.1.4.2. Niveaux d'eau

Compte tenu des conditions de marnage et des fortes interactions marée – surcote sur la façade Manche (paragraphe 2.7), la démarche de déconvolution (séparation des parts déterministe - signal marégraphique - et non déterministe - signal de surcote ; SHOM-CETMEF 2012) n'a pas été retenue. L'analyse des extrêmes a été réalisée directement sur le signal de niveaux d'eau total (incluant donc marée et surcote).

La distribution marginale de probabilité associée à SWL a été ajustée avec la méthode des moments MOM au-dessus d'un seuil de 9,88 m cote marine (i.e. par rapport au zéro hydrographique ZH, Cf. Figure 13), ce qui correspond à ~5 événements extrêmes par an (Figure 30).

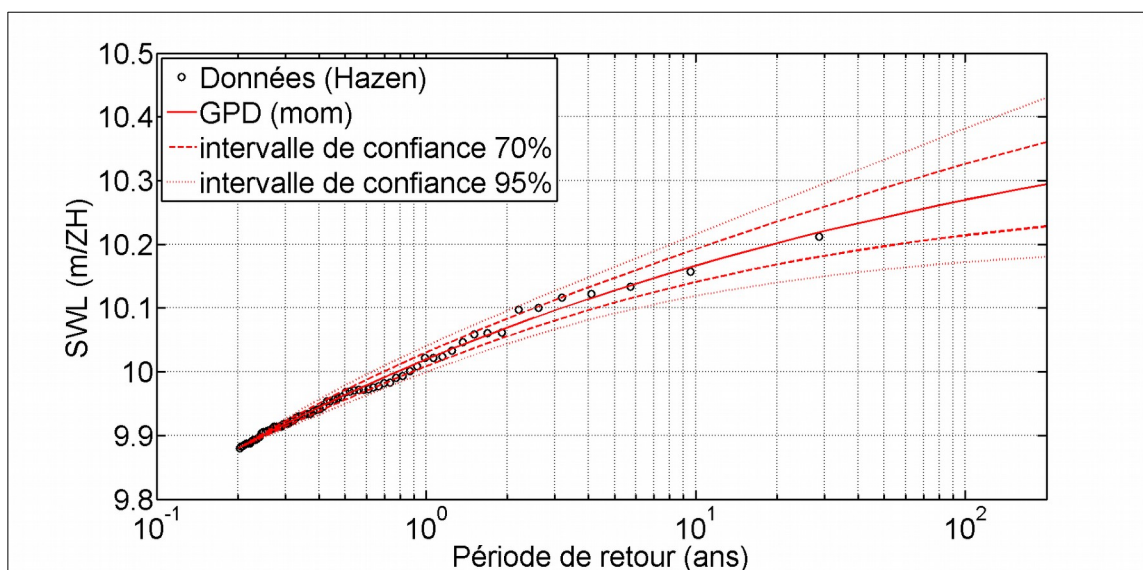


Figure 30: Distribution marginale pour le niveau d'eau (SWL).

4.1.5. Ajustement des relations de dépendance entre les variables

4.1.5.1. Entre hauteurs significatives des vagues et niveaux d'eau

Cette étape consiste à analyser les relations de dépendance entre les variables Hs et SWL. A partir des doublets observés (points jaunes sur la), une distribution normale centrée bi-variée (Copule de Gauss) a été ajustée sur 20 % des valeurs les élevées. Cet ajustement est réalisé en transformant au préalable les données dans l'espace gaussien, et fournit un coefficient de corrélation de ~0,09. La Figure 31 indique les contours iso-densité de probabilité conjointe.

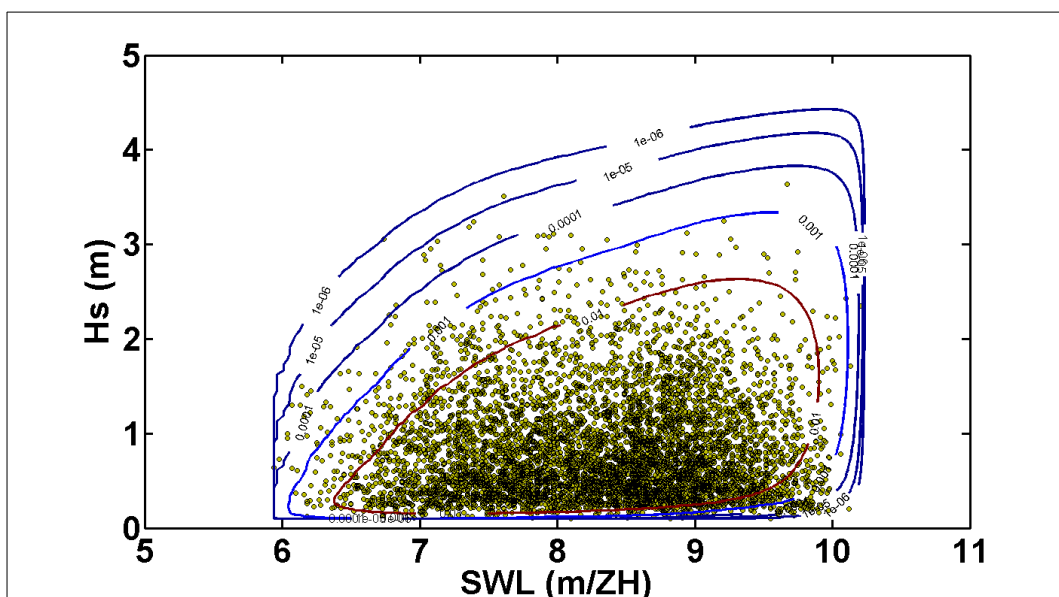


Figure 31: Contours d'iso-densité de probabilité conjointe pour Hs et SWL

4.1.5.2. Entre hauteurs significatives des vagues et périodes pic des vagues

Concernant la période pic des vagues T_p (plus précisément la cambrure des vagues, qui est une grandeur directement liée à T_p et plus robuste statistiquement), la distribution empirique a été utilisée (donc sans faire appel à une extrapolation à partir de lois extrêmes), car cette variable est bornée (HR Wallingford & Lancaster University, 2000).

4.1.6. Simulation d'un grand nombre de combinaisons par méthode Monte-Carlo

Afin d'estimer la probabilité conjointe des évènements extrêmes (couples Hs-SWL), il est nécessaire de connaître la distribution statistique des valeurs extrêmes des variables. Les observations sont cependant limitées et insuffisantes pour analyser cette distribution. Une approche possible repose sur la méthode Monte-Carlo qui permet de générer aléatoirement à partir des lois marginales et des modèles de dépendance un grand nombre d'observations fictives dont les caractéristiques statistiques sont identiques aux observations réelles.

Dans ce but, 10 000 x 706 couples fictifs (H_s , SWL) ont été générés, ce qui correspond « virtuellement » à 10 000 ans de données simulées. A partir de ce grand jeu d'observations fictives, la densité de probabilité de dépassement conjoint peut être déterminée de manière empirique, i.e. en n'utilisant que ces « observations ». La Figure 32 indique les données observées réelles (points jaunes) ainsi que les données fictives simulées (points bleus).

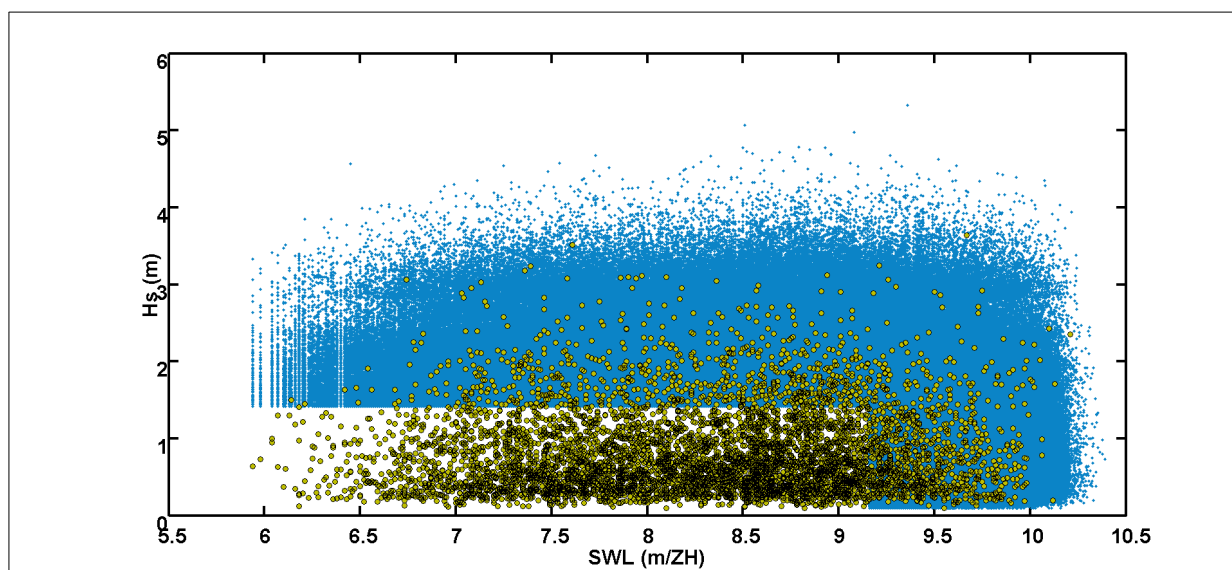


Figure 32: Résultats de la simulation Monte-Carlo pour les couples (H_s , SWL) ; Points jaunes : données observées ; Points bleus : données simulées.

Une approche par simulation de Monte-Carlo est également mise en œuvre pour la période T_p : à partir des valeurs simulées H_s et du modèle de dépendance empirique (cambrure – H_s), 10 000 x 706 valeurs de T_p ont été aléatoirement générées (points bleus sur la). Pour définir les combinaisons centennales, cette information est synthétisée par un modèle de régression linéaire ajusté sur les médianes des T_p pour chacune des valeurs de H_s considérées (ligne rouge sur la Figure 33).

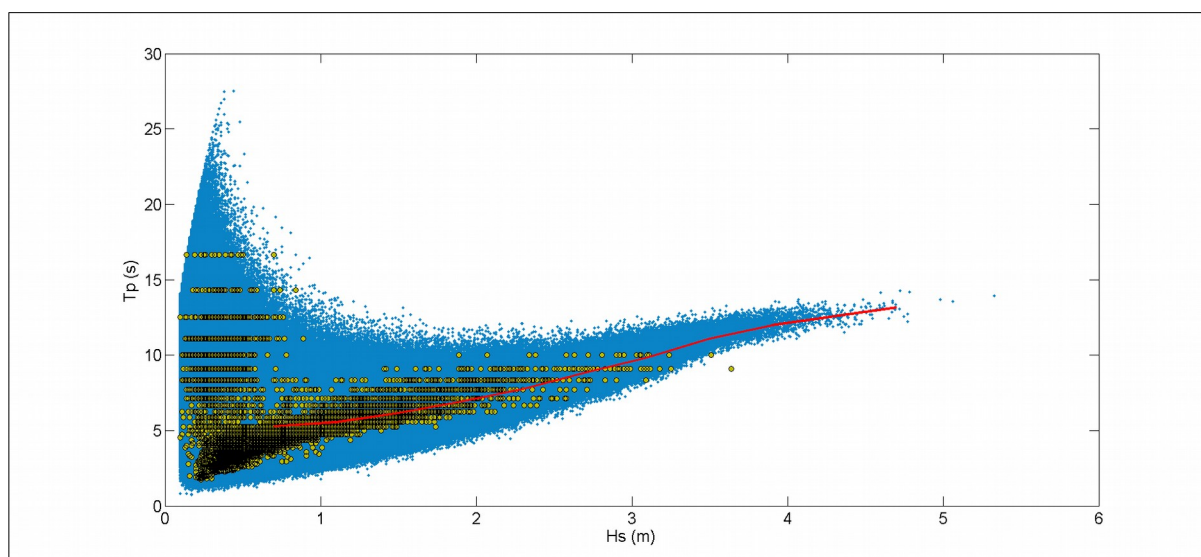


Figure 33: Résultats de la simulation Monte-Carlo pour les couples (H_s , T_p) ; Points jaunes : données observées ; Points bleus : données simulées ; Ligne rouge : courbe des médianes de T_p en fonction de H_s ajustée sur les données simulées.

4.1.7. Analyse des extrêmes

Cette étape permet de déterminer les couples (H_s , SWL) de période de retour de dépassement conjoint à partir des données simulées par approche Monte-Carlo. Les points (x,y) sur la

courbe iso-période de retour de dépassement conjoint de la Figure 34 correspondent à la probabilité de l'évènement $\{H_s > y \wedge SWL > x\}$, i.e. à la probabilité que SWL et H_s dépassent en même temps les seuils x et y . La période de retour PR est associée à cette probabilité telle que l'évènement $\{H_s > y \wedge SWL > x\}$ se produit en moyenne une fois pendant la durée de cette période de retour. On a alors la relation :

$$PR = \frac{1}{N \times Pr\{H_s > y \wedge SWL > x\}}$$

avec Pr la probabilité et N le nombre d'évènements par an.

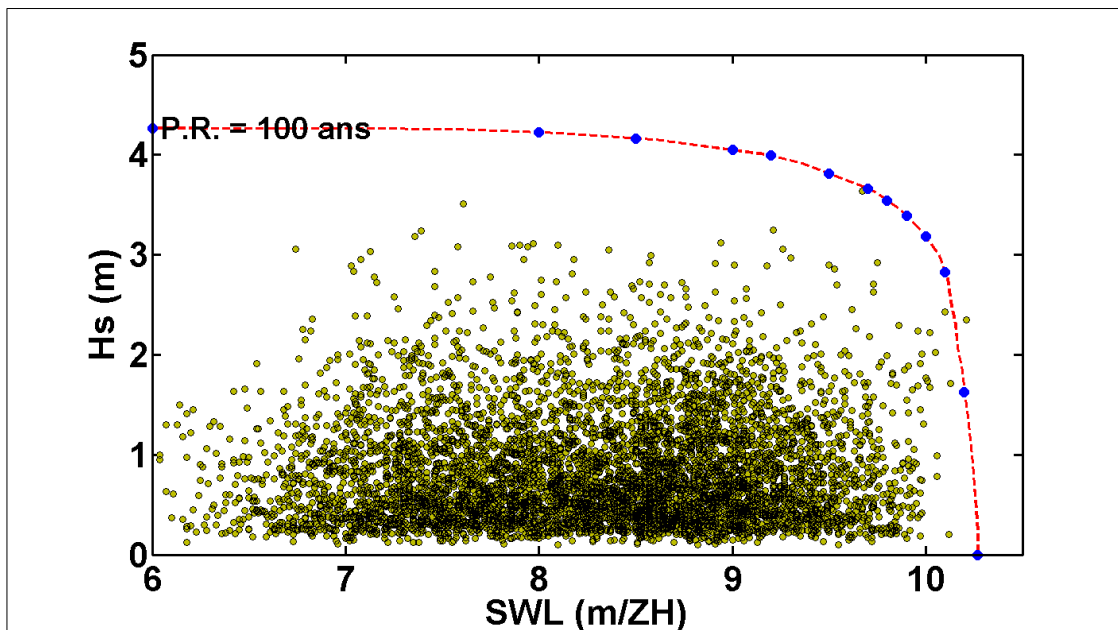


Figure 34: Courbe d'iso-période de retour de dépassement conjoint à 100 ans (les combinaisons correspondant à la courbe rouge ont une probabilité centennale d'être dépassées conjointement par les 2 paramètres). Points jaunes : données observées ; Points bleus : sélection de couples (H_s , SWL) centennaux.

4.1.8. Sélection des combinaisons centennales

Sur la base de l'analyse ci-avant, 13 couples centennaux (H_s , SWL) ont été identifiés, par discrétisation de la courbe d'iso-période de retour de dépassement conjoint à 100 ans. A ces couples sont associées des périodes T_p à partir du modèle de régression de la Figure 33. A partir de l'analyse de la Figure 27 et de la Figure 29, une valeur de direction a été attribuée, correspondant au régime le plus fréquent (provenance $300^\circ N$) ; l'hypothèse d'une provenance du Nord pour les vagues de hauteurs significatives inférieures à 3 m a par ailleurs été considérée. Le tableau présenté en Figure 35 indique la synthèse des combinaisons proposées.

SWL (m/ ZH)	H_s (m)	T_p (s)	D_p ($^\circ N$)
6.00	4.27	12.5	300
8.00	4.22	12.5	300
8.50	4.16	12.4	300
9.00	4.05	12.2	300

9.20	4.00	12.1	300
9.50	3.81	11.8	300
9.70	3.66	11.4	300
9.80	3.54	11.2	300
9.90	3.39	10.7	300
10.00	3.18	10.1	300
10.10	2.83	9.2	300 / 0
10.20	1.63	6.4	300 / 0
10.27	0.00	-	-

Figure 35: Sélection de combinaisons de triplets SWL-Hs-Tp (Niveau d'eau, hauteur significative des vagues, période des vagues, direction des vagues)

Ces combinaisons centennales définissent des conditions d'entrée pour les modèles hydrodynamiques qui sont ensuite propagées vers le rivage afin de calculer les niveaux marins totaux en intégrant les processus locaux liés à l'effet des vagues et la géomorphologie.

4.1.9. Définition des niveaux d'eau au large associés aux combinaisons centennales

4.1.9.1. Prise en compte du changement climatique et des incertitudes de la méthode

Changement climatique

Conformément aux consignes méthodologiques (MEDDE, mai 2014), le niveau marin doit prendre en compte l'élévation du niveau de la mer sous l'effet du changement climatique pour l'évènement naturel de référence ainsi que pour un évènement naturel « à échéance 100 ans ».

Une marge de **+20 cm** est donc ajoutée au niveau marin (de l'évènement naturel centennal) au large pour l'**évènement naturel de référence**.

Pour l'**évènement naturel « à échéance 100 ans »**, c'est une marge de **+60 cm** qui est ajoutée au niveau marin de l'évènement naturel centennal (dont 20 cm sont déjà ajoutés au niveau marin au large de l'évènement de référence).

Ces consignes s'appuient sur les prévisions du GIEC reprises par l'ONERC citées dans la Circulaire du 27 juillet 2011 et reprises dans le guide méthodologique (MEDDE, mai 2014).

Marge de sécurité liée aux incertitudes

Les incertitudes liées à la méthode de détermination de l'évènement naturel de référence doivent également être prises en compte (incertitudes sur les données et outils utilisés). Il est recommandé de rajouter une marge de **+25 cm** au niveau marin de l'évènement naturel de référence si les incertitudes ne peuvent être estimées.

Compte-tenu des données disponibles sur le secteur d'étude (notamment la faible couverture temporelle), cette marge de sécurité de +25 cm a été retenue en concertation avec le comité de suivi technique de l'étude, et intégrée aux niveaux marins des combinaisons utilisées dans les simulations pour la caractérisation de l'évènement naturel de référence.

4.1.9.2. Références altimétriques

Jusqu'à présent, les résultats en termes de niveaux d'eau ont été exprimés en référence au zéro hydrographique (cote marine).

Une conversion a donc été réalisée afin de déterminer les altitudes en cotes terrestres en référence au NGF (Nivellement Général de la France) correspondantes du plan d'eau puis de réaliser les cartes de submersion marine à terre, par la correction de l'altitude du zéro hydrographique en cote NGF (zéro hydrographique à -4.448 m NGF ; SHOM, 2014)

4.1.9.3. Niveaux d'eau au large associés aux combinaisons centennales

Le tableau de la Figure 36 présente les combinaisons centennales finalement retenues pour la détermination de l'événement naturel de référence, avec la prise en compte des incertitudes. La prise en compte du changement climatique est appliquée ultérieurement, par un *offset* appliqué directement sur l'ensemble de la chronologie de l'événement (paragraphe 4.3.3.2).

	SWL (m NGF)	SWL avec incertitude (m NGF)	Hs (m)	Tp (s)	Dp (°N)
ER 1	1.55	1.8	4.27	12.5	300
ER 2	3.55	3.8	4.22	12.5	300
ER 3	4.05	4.3	4.16	12.4	300
ER 4	4.55	4.8	4.05	12.2	300
ER 5	4.75	5.0	4.00	12.1	300
ER 6	5.05	5.3	3.81	11.8	300
ER 7	5.25	5.5	3.66	11.4	300
ER 8	5.35	5.6	3.54	11.2	300
ER 9	5.45	5.7	3.39	10.7	300
ER 10	5.55	5.8	3.18	10.1	300
ER 11	5.65	5.9	2.83	9.2	300 / 0
ER 12	5.75	6.0	1.63	6.4	300 / 0
ER 13	5.82	6.07	0.00	-	-

Figure 36: Combinaisons de triplets SWL-Hs-Tp (Niveau d'eau, hauteur significative des vagues, période des vagues) retenues pour l'établissement de l'événement naturel de référence (sans prise en compte des effets du changement climatique)

4.2. Données utilisées et connaissance terrain

Le chapitre a pour objet de présenter les données topographiques et bathymétriques utilisées ainsi que les données relatives à l'occupation du sol, les ouvrages portuaires et connexions hydrauliques.

Pour rappel, la caractérisation de l'aléa submersion marine a été réalisée dans l'état des connaissances actuelles et avec les données et outils disponibles au démarrage de l'étude.

La précision des résultats dépend entre autres de la qualité des données utilisées. C'est pourquoi, le choix de ces données a fait l'objet d'une concertation en comité de suivi technique de l'étude.

4.2.1. Données topographiques

Les données topographiques et bathymétriques ont été recueillies et rassemblées pour constituer un Modèle Numérique de Terrain (MNT) et un Modèle Numérique d'Élévation (MNE).

En l'absence de produit Litto3D (©IGN-SHOM) disponible sur le secteur d'étude, la topographie est essentiellement issue des données du RGE ALTI® produites par l'IGN. Ces données, issues de levés LiDAR (*light detection and ranging* : technique de lever topographique par laser aéroporté), se présentent sous la forme de grilles de résolution 1 m (dalles de 1 km²) dans les zones basses (comprenant l'estran), et de grilles de résolution 5 m (dalles de 25 km²) couvrant l'ensemble du terrain (sachant qu'en dehors des zones où la résolution 1 m est disponible, la donnée est moins précise et issue de l'interpolation de données plus grossières).

Les bâtiments (sauf digues et ouvrages d'art) ainsi que la végétation ne sont pas représentés dans ces données. Les zones recouvertes d'eau sont mal représentées, du fait que le laser ne puisse passer la surface de l'eau ; c'est notamment le cas du lit de l'Arques, pour lequel les données RGE-ALTI n'apportent pas d'élément sur la bathymétrie. Quelques corrections ponctuelles ont également été apportées très localement au jeu de donnée afin de supprimer quelques artefacts non conformes à la réalité physique du terrain. Les emprises de ces 2 jeux de données sont présentées à la Figure 37.

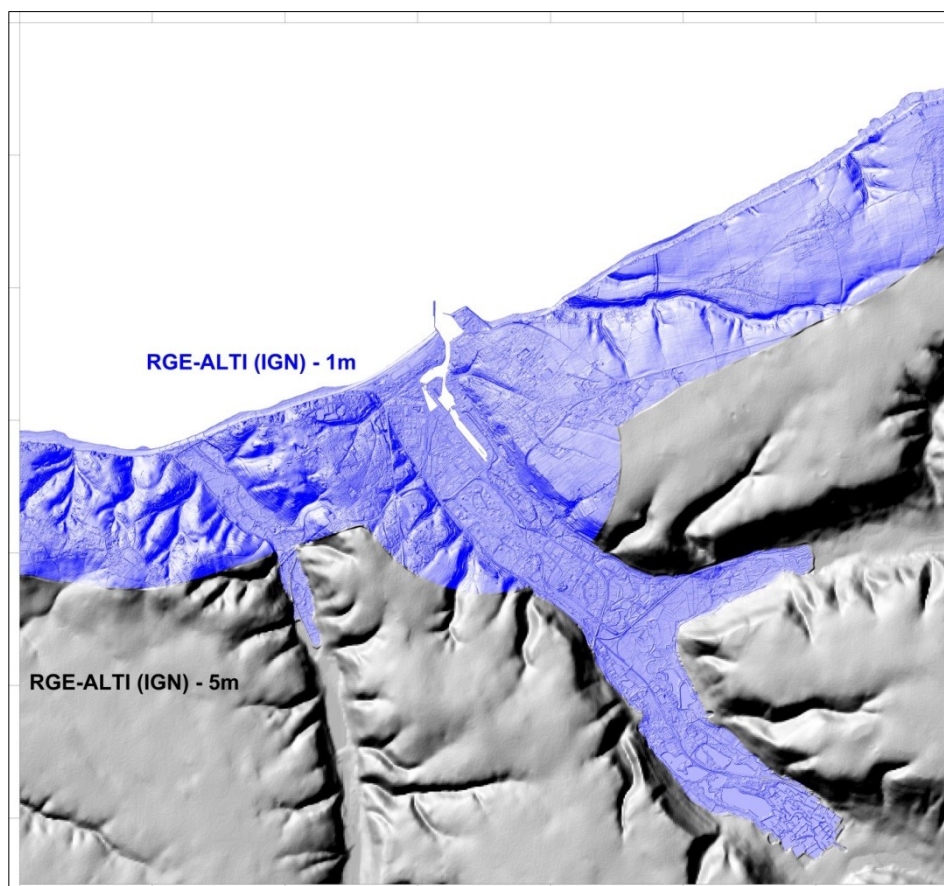


Figure 37: Emprise géographique des données RGE-ALTI (©IGN)

En complément, de nombreux levés topographiques ont été mis à disposition par le Syndicat Mixte du Port de Dieppe (SMPD). Ces levés se sont toutefois révélés difficiles à exploiter de manière systématique (format des fichiers, références verticales, absence de métadonnées concernant les méthodes et dates des levés, ...). Ces données ont néanmoins été confrontées au MNT réalisé à partir des données du RGE ALTI® à résolution 1 m. Pour cela, une sélection

des points topographiques représentatifs a été effectuée dans la zone basse (exclusion de points pouvant correspondre à des bâtiments, à des zones en cours d'évolution comme la zone de stockage de matériaux à l'Est de l'entrée du port et des zones de forte pente comme les falaises) avant le croisement avec le MNT issu du RGE ALTI®. Un contrôle et quelques corrections ponctuelles ont été apportés afin de tenir compte de l'incertitude sur les données topographiques ponctuelles (absence d'informations sur la position « physique » des données ponctuelles au sein d'une maille de 1 m de côté). La synthèse de cette confrontation est présentée à la Figure 38, et confirme la qualité des données topographiques issues du RGE ALTI® (exactitude altimétrique annoncée du MNT de l'ordre de +/- 20 cm). Ainsi, sur 3 045 points étudiés à l'échelle de la zone, la comparaison au MNT aboutit à une erreur quadratique moyenne de 14,2 cm et à un biais de +4,9 cm (les mesures topographiques sont en moyenne plus hautes de 4,9 cm que le MNT) pour un coefficient de corrélation de 0,992. Si l'on restreint l'analyse aux 1 352 points dont l'altitude est comprise entre 5 et 7 m NGF (correspondant à la zone la plus sensible au vu des niveaux d'eau qui sont étudiés par la suite), l'erreur quadratique moyenne se réduit légèrement (12,6 cm) tandis que le biais se réduit à moins de +1,7 cm pour un coefficient de corrélation de 0,949. L'analyse de la répartition spatiale des écarts ne met pas en évidence de tendance marquée sur la répartition de ces erreurs.

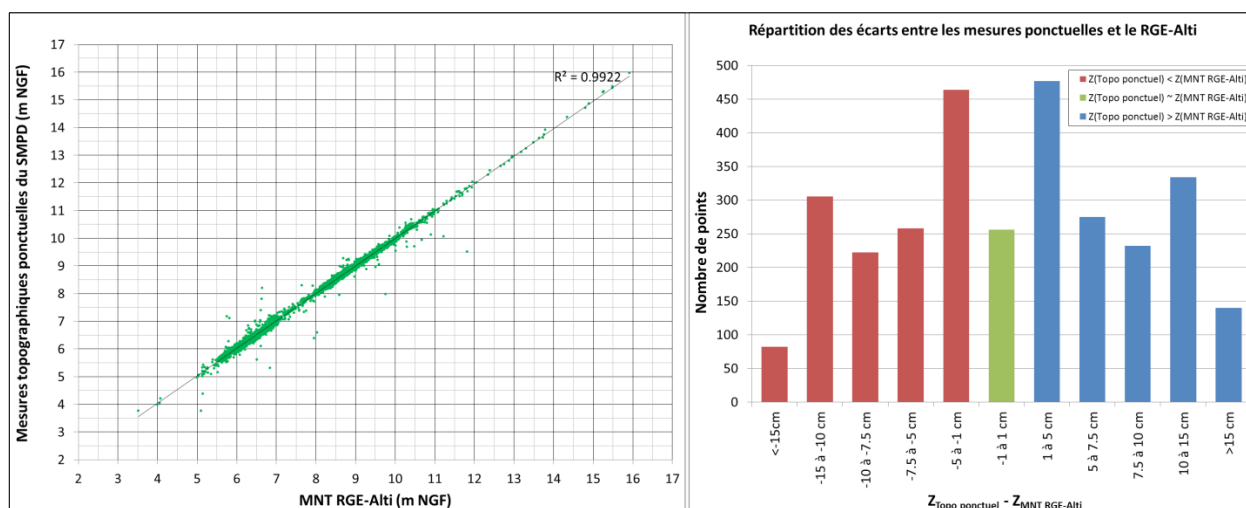


Figure 38: Corrélation entre les données topographiques du SMPD et le MNT de résolution 1 m du RGE ALTI®

Enfin, l'ancien stade Maurice-Thoumyre, dans la ZAC Dieppe-Sud, a fait récemment fait l'objet d'aménagements significatifs : destruction des tribunes et remblaiement sur 70 à 80 cm de la partie Sud-Est (bande d'environ 30 m par 120 m) pour l'aménagement d'un parking. Des levés spécifiques ont été réalisés sur le stade au GPS différentiel par le BRGM le 21/03/2017. Un levé réalisé par un géomètre en septembre 2017 pour le compte d'Alpine au niveau du parking a par ailleurs été mis à disposition, confirmant et complétant les levés effectués par le BRGM. Ces données ont donc été intégrées pour la réalisation du MNT.

4.2.2. Données bathymétriques

Trois principaux jeux de données ont été utilisés pour la bathymétrie :

- les sondes bathymétriques HISTOLITT du SHOM, fournies par la DDTM 76 ; certaines sondes aberrantes (probablement liées à des mesures anciennes) devant la plage de Dieppe ont été supprimées pour éviter des incohérences dans la bathymétrie ;

- des levés bathymétriques réalisés par le SMPD à 2 m de résolution et fournis par la DDTM 76, concernant essentiellement la zone portuaire, la zone de clapage au large du port et la plage de Puys ;
- des levés bathymétriques réalisés par le SMPD à 1 m de résolution, plus récents que les précédents, concernant essentiellement la zone portuaire.

Ces données ont été intégrées pour la réalisation des MNT et MNE au regard de leurs résolutions et qualités respectives. Ainsi, les données bathymétriques du SMPD les plus récentes à 1 m ont été privilégiées, complétées par les données du SMPD à 2 m (quelques lacunes à l'intérieur du port, extérieur de l'entrée du port, zone de clapage, plage de Puys), le reste de la zone étant couvert grâce aux sondes HISTOLITT.

En complément à ces données, en l'absence de données bathymétriques dans le lit de la rivière (Arques), quelques levés y ont été réalisés par le BRGM le 02 août 2016 afin de permettre de rectifier le MNT pour autoriser l'écoulement de l'eau dans le lit de l'Arques. Compte-tenu des niveaux d'eau au moment de ces levés, il a été choisi d'effectuer quelques profils de la rivière depuis les ponts, par sondage de la rivière avec une perche lestée et mesure avec un GPS de précision centimétrique. Ceci conduit au final à 7 profils, correspondant respectivement à l'entrée des buses de l'exutoire de l'Arques (1 profil), au pont juste à l'Est de l'Intermarché (2 profils, de part et d'autre du pont), au pont du Centre Leclerc (2 profils, de part et d'autre du pont), et aux 2 ponts du rond-point de l'Arques (2 profils, de part et d'autre du rond-point).

La Figure 39 et la Figure 40 présentent les données bathymétriques utilisées et leurs emprises respectives.

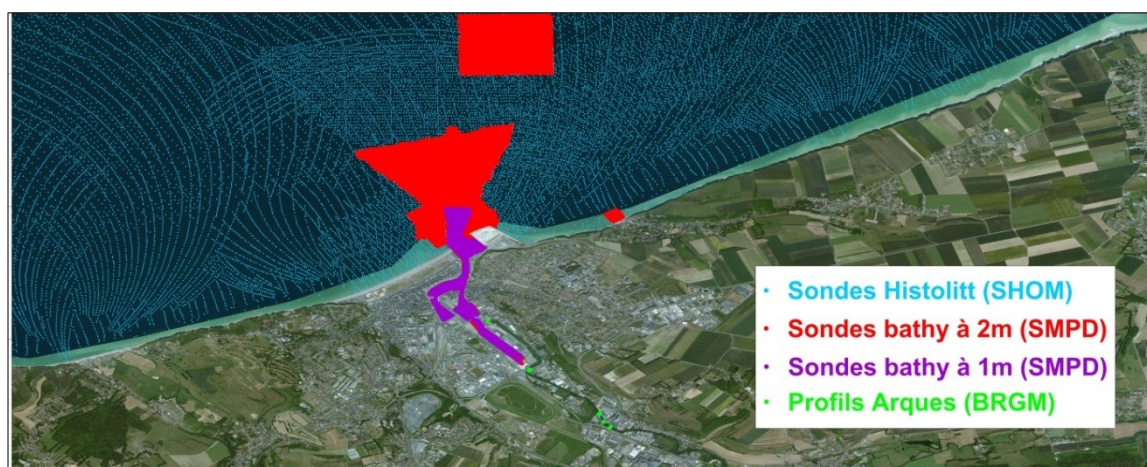


Figure 39: Emprise des données bathymétriques valorisées dans le cadre de l'étude

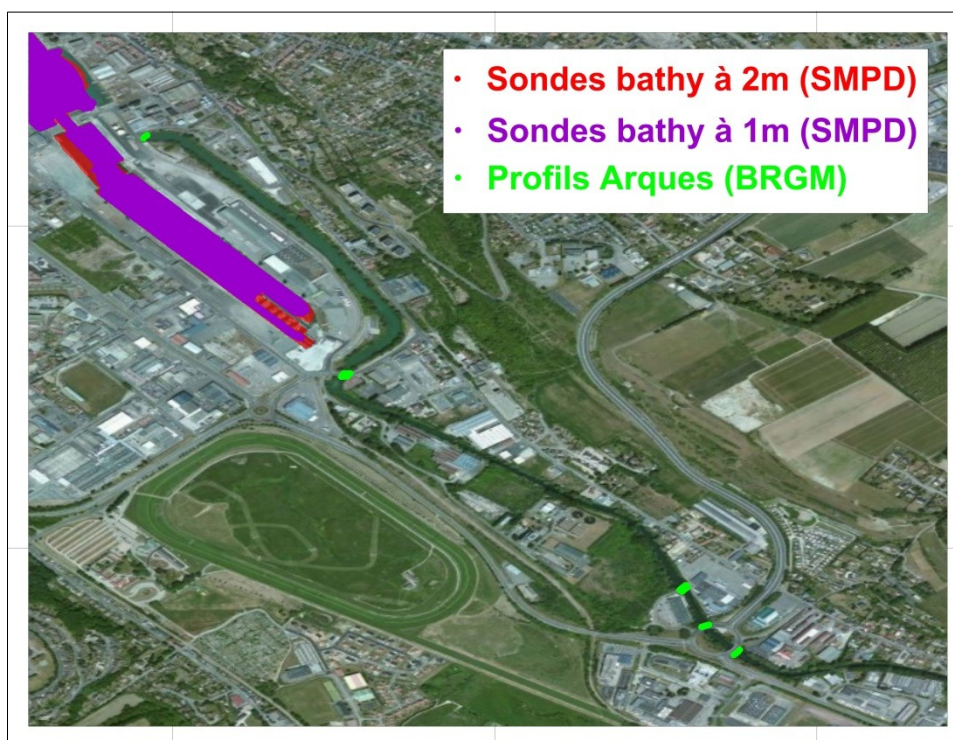


Figure 40: Emprise des données bathymétriques valorisées dans le cadre de l'étude :
Zoom sur les profils bathymétriques de l'Arques réalisés dans le cadre de l'étude

4.2.3. Données D'occupation du SOL

La prise en compte de l'occupation du sol s'avère essentielle pour les simulations de submersion, dans la mesure où l'occupation du sol conditionne les frottements que vont subir les écoulements durant l'inondation.

Des données d'occupation du sol les plus fines possible ont donc été recherchées sur la zone d'étude. Parmi les données consultées, celles de l'Observatoire des Sols à l'Echelle Communale (appelé aussi "OS communale" ou "OSCOM"), élaborées dans le cadre d'un travail partenarial associant la DRAAF de Haute-Normandie, la DDTM de Seine-Maritime, la DDTM de l'Eure et la DREAL de Haute-Normandie, ont été consultées. Bien que plus fines que les autres données disponibles, ces données se sont révélées peu adaptées à la finalité de la présente étude (présence de problèmes topologiques résiduels, typologie peu adaptée à la conversion en coefficients de rugosité des sols...). Ces données n'ont donc finalement pas été valorisées dans la présente étude.

Par conséquent, les données d'occupation du sol utilisées pour caractériser les rugosités rencontrées par les écoulements sont issues de la base de données *LittoMOS*. Cette base de données, réalisée par le CEREMA, résulte d'un travail de reconstitution et d'actualisation d'un Inventaire Permanent du Littoral (IPLI). Il s'agit d'une couche d'occupation du sol actualisée (données de 2000 à 2006) qui s'appuie sur des données d'occupation du sol existantes localement et sur une nomenclature harmonisée élaborée à partir de la nomenclature de *Corine Land Cover*. Deux niveaux d'information sont accessibles selon l'échelle considérée ; dans le cadre de la présente étude c'est le niveau 4 (i.e. le plus fin des deux niveaux disponibles) qui a été considéré (Figure 41). Cette couche permet au final d'obtenir une description de l'occupation des sols plus fine que celle de *Corine Land Cover* (échelle 1/25 000) sur une bande côtière de 5 km de large.

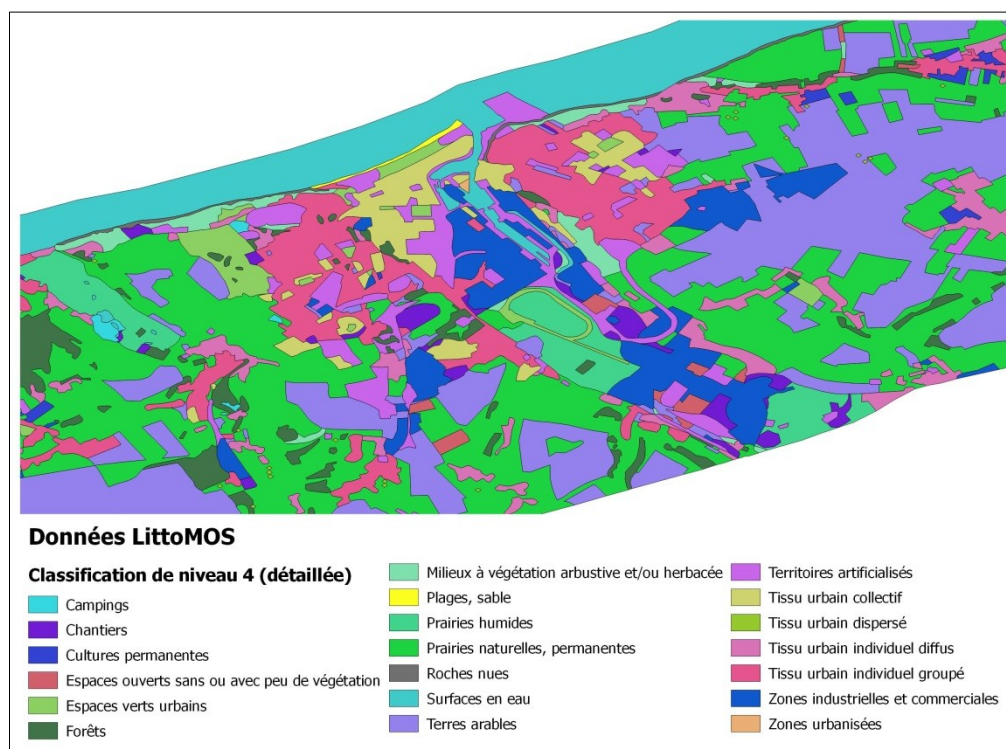


Figure 41: Classification de l'occupation des sols sur la frange littorale de la zone d'étude d'après les données LittomOS (produit CEREMA)

Cette carte d'occupation des sols a par la suite permis d'établir des cartes de coefficients de rugosité pour les simulations numériques (paragraphe 4.3.4.2).

4.2.4. Données sur le bâti

L'intégration explicite des bâtiments dans le MNE (Modèle Numérique d'Élévation) pour les simulations à très haute résolution nécessitant de connaître à minima l'empreinte au sol au droit de chaque bâtiment, la couche « BATI » de la BD-TOPO 2015 (©IGN) a été analysée et exploitée.

Pour cela, les informations relatives aux couches « Bâti Indifférencié », « Bâti Industriel » et « Bâti Remarquable » ont été extraites au niveau du centre-ville de Dieppe. Quelques corrections ont été apportées à ces données afin de tenir compte de bâtiments construits ou détruits récemment. Les champs attributaires de ces données contiennent un champ de hauteur, qui a été conservé pour la réalisation du MNE (paragraphe 4.3.3.1). La Figure 42 présente les empreintes des bâtiments qui ont ainsi été considérées lors de l'étude.

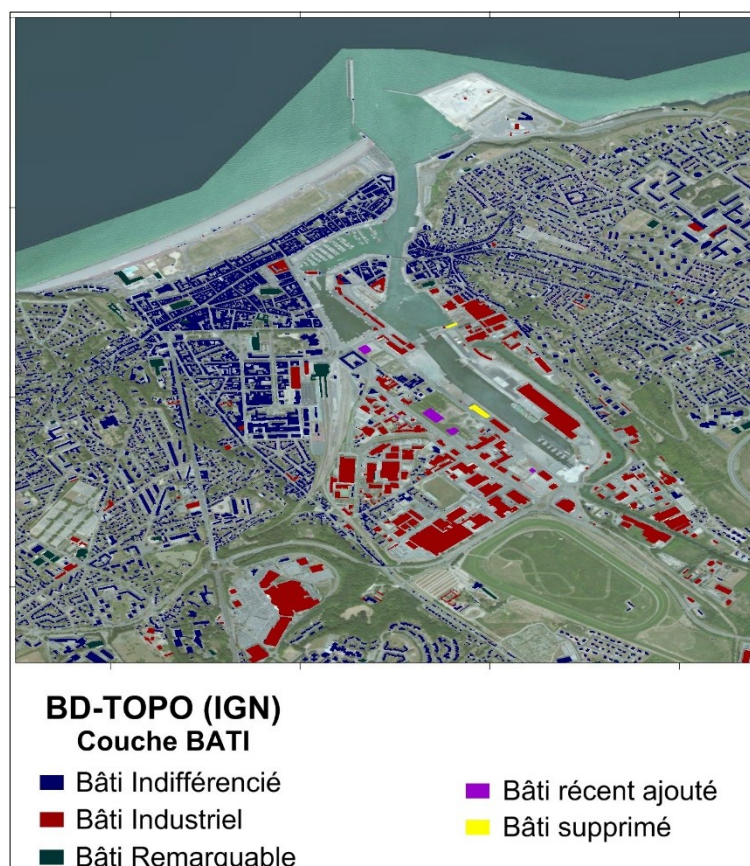


Figure 42: Bâtiments pris en compte dans le cadre de l'étude

4.2.5. Identification des ouvrages et structures de protection

Conformément aux consignes ministérielles (MEDDE, 2014), les structures de protection doivent être prises en compte pour l'élaboration des PPRL au regard du danger qu'elles génèrent en cas de défaillance et en considérant la protection qu'elles peuvent réellement offrir si leur état et leur conception sont adaptés à l'évènement de référence.

Différents types de protection côtières existent. Pour la caractérisation de l'aléa submersion marine, seules les structures ayant un rôle et une vocation de protection contre les phénomènes de submersion marine sont prises en compte (type digues côtières, couronnements terminant les perrés, cordons naturels...).

Dans le cadre de la révision du PPRI de la Vallée de l'Arques, l'inventaire et l'analyse des ouvrages a été réalisé par le bureau d'études Alp'Géorisques (Grasset, 2014). Sur le secteur de Dieppe, aucune structure de ce type n'a été identifiée par le comité de suivi technique de l'étude.

On peut par ailleurs noter que du fait de son caractère essentiellement « transparent » à l'eau de par ses ouvertures et de sa fragilité (muret non dimensionné pour résister à l'impact des vagues et régulièrement détruit lors des événements historiques, (Cf. tableau Figure 21), le couronnement (muret) surmontant le perré de la grande plage (Figure 43) n'a pas été considéré dans l'étude.

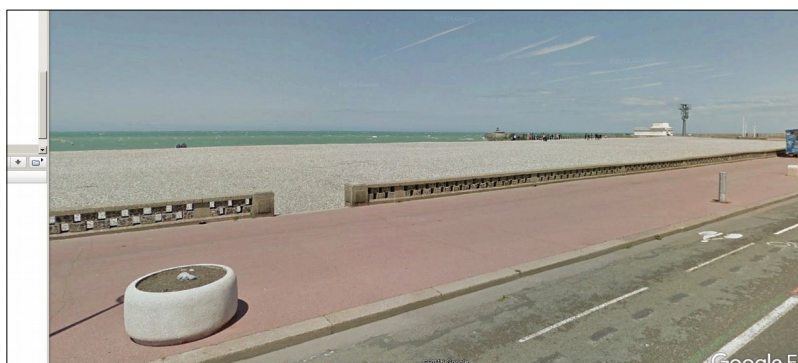


Figure 43: Aperçu du couronnement en haut de la partie Est de la grande plage de Dieppe (photographie Google StreetView)

4.2.6. Connexions Hydrauliques

Les dispositifs ou connexions hydrauliques qui permettent le stockage, le drainage ou l'évacuation d'eau peuvent avoir un impact considérable sur le phénomène de submersion marine. Ils sont donc également pris en compte pour la caractérisation de l'aléa. Il s'agit par exemple d'écluses, de pertuis, de fossés, de buses, de clapets anti-retour, de pont cadre, barbacanes, etc.

Il convient de noter que conformément au cahier des charges de cette étude, **les réseaux d'évacuation d'eaux pluviales n'ont pas été considérés**. Il se peut toutefois qu'ils jouent un rôle dans l'inondation lorsque le niveau marin est très élevé (voir paragraphe 4.3.6).

Les principaux dispositifs hydrauliques considérés sur la zone d'étude sont au nombre de 3 (Figure 44) :

- Le pertuis du Bassin Duquesne (paragraphe 4.2.6.1) ;
- Le pertuis Amiral Rolland (paragraphe 4.2.6.2) ;
- Les buses de l'Arques (paragraphe 4.2.6.3).

Ces trois dispositifs hydrauliques ont fait l'objet d'une reconnaissance de terrain en présence de leurs gestionnaires (SMPD), qui ont par ailleurs fourni les éléments techniques et plans de ces ouvrages.

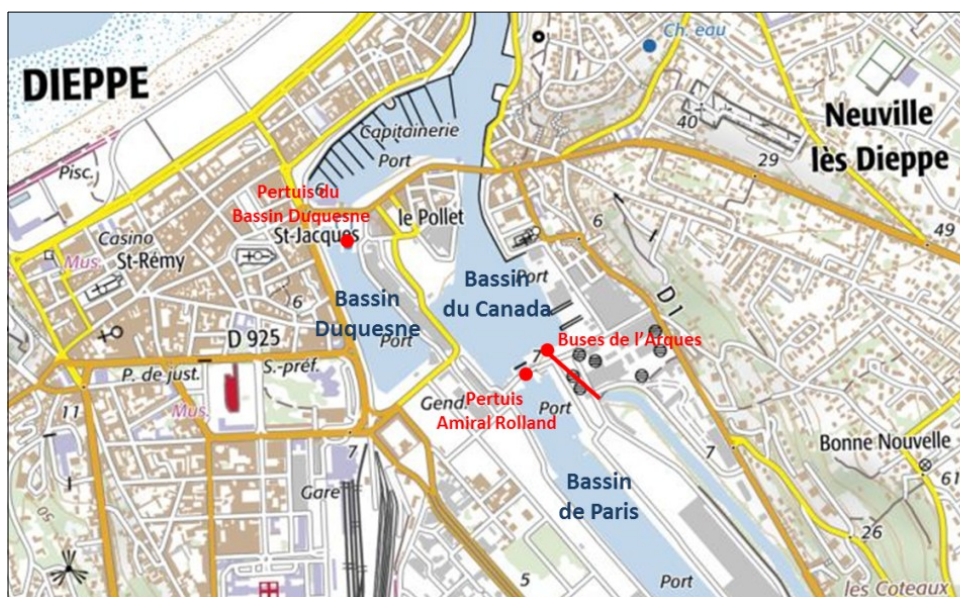


Figure 44: Position des dispositifs hydrauliques considérés dans l'étude (fond Géoportail)

4.2.6.1. Pertuis du Bassin Duquesne

Constitué d'une simple porte à vantaux d'environ 23 m de large, le pertuis du Bassin Duquesne permet de conserver à flots le bassin Duquesne selon la marée (ouverture environ 1h30 avant la pleine-mer, fermeture environ 1h30 après la pleine-mer, (Cf. Figure 45)).

Le système est activé par un dispositif hydraulique automatique, mais peut également être activé manuellement à l'aide de tire-forts en cas de défaillance, voire remplacé par des bois de buscage si le dispositif est bloqué.

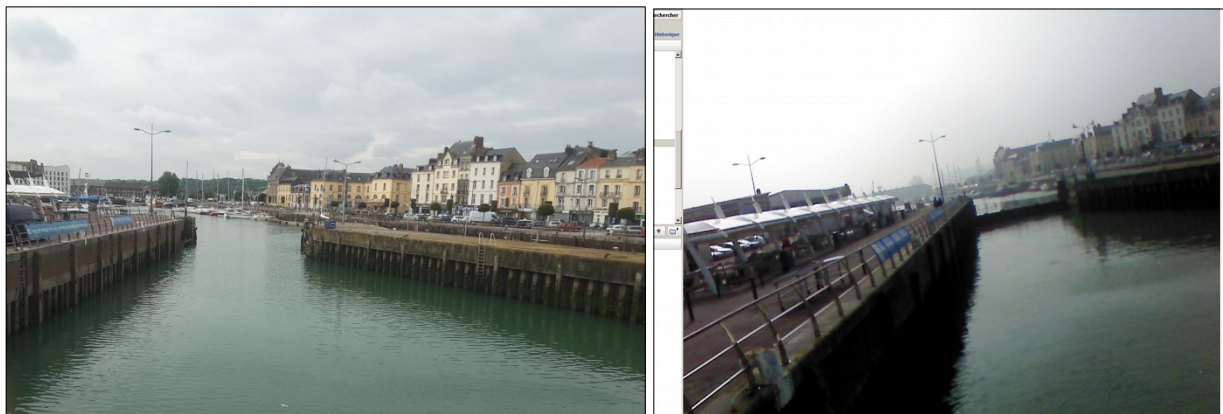


Figure 45: Pertuis du bassin Duquesne en position ouverte et fermée depuis le pont à bascule (photographies BRGM)

4.2.6.2. Pertuis Amiral Rolland

Constitué d'une porte coulissante doublée (2 portes parallèles, utilisées en alternance d'une marée à l'autre lors de son fonctionnement normal) d'environ 28 m de large, le pertuis Amiral Rolland permet de conserver à flots le bassin de Paris selon la marée (ouverture environ 2h00 avant la pleine-mer, fermeture environ 1h30 après la pleine-mer – Cf. Figure 46)).

Le système est activé par un dispositif automatique (capteurs détectant l'équi-pression de part et d'autres du pertuis), mais ne dispose pas de dispositif d'activation manuelle en cas de défaillance.



Figure 46: Pertuis Amiral Rolland en positions ouverte (depuis le quai Est coté Bassin du Canada) et fermée (depuis le quai Est coté Bassin de Paris) (photographies BRGM)

4.2.6.3. Buses de l'Arques

A son arrivée à proximité du port de Dieppe, l'Arques est canalisée en souterrain pour se déverser dans le port, à proximité immédiate du pertuis Amiral Rolland (dans le bassin du Canada, Cf. Figure 44). Côté amont, l'Arques s'engouffre dans 2 voûtes (Cf. Figure 47 et Figure 48), puis parcourt environ 110 m en souterrain avant de se jeter dans le bassin du Canada. Du côté de cet exutoire, des clapets anti-retour (au nombre de 4 par voûte, soit 8 clapets au total) permettent à la rivière de se déverser dans le port à marée basse tout en empêchant l'eau de mer de remonter dans la rivière à marée haute. Ces clapets sont constitués de simples panneaux de chêne sur suspente (Cf. Figure 49). Leur fonctionnement est assuré naturellement par le jeu des pressions amont/aval et par le poids des panneaux.

En pratique, à marée basse, les clapets sont plus ou moins hors d'eau et l'Arques peut s'écouler simplement dans le port du fait du niveau marin bas. Quand la mer monte, les clapets se ferment à peu près quand la cote du niveau marin atteint celle du niveau de la rivière, et l'Arques ne s'évacue alors plus, l'eau restant s'accumuler en amont des voûtes. À marée descendante, lorsque le niveau marin redevient équivalent à la cote du plan d'eau stocké dans la rivière, les clapets peuvent alors se rouvrir sous l'effet de la pression hydrostatique, permettant alors la vidange de l'eau stockée en amont, puis l'évacuation du débit naturel de l'Arques (Cf. Figure 48 et Figure 49).

En cas de défaillance, il est possible d'accéder (au-dessus de la canalisation) à 8 vannes (4 par voûte) destinées à l'entretien du système afin de fermer manuellement les débits à travers le dispositif.

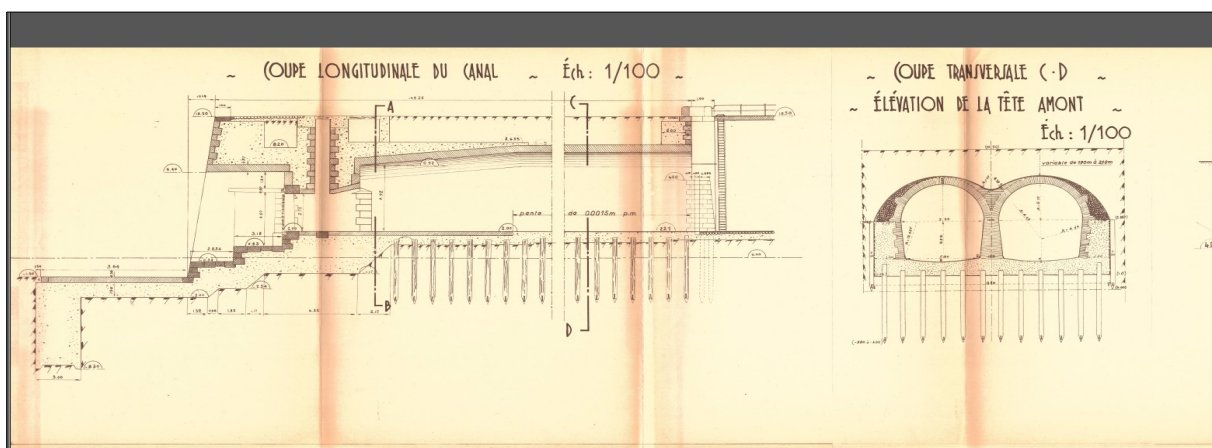


Figure 47: Aperçu du plan des buses de l'Arques en coupe à gauche et de l'entrée des voutes à droite (Plan SMPD)



Figure 48: Aperçu des 2 voutes en amont de l'exutoire de l'Arques lors d'une marée de coefficient 60 (30 min après la pleine-mer à gauche, 2h30 après la pleine mer à droite) (photographies BRGM)



Figure 49: Aperçu des 8 clapets en aval de l'exutoire de l'Arques, dans le bassin du Canada (photographie SMPD)

4.3. Propagation de la submersion marine - modélisation numérique

4.3.1. Stratégie de modélisation

Une plateforme de modélisation reposant sur 3 codes numériques de vagues et de niveaux d'eau-courants a été mise en place à différentes résolutions spatiales afin de représenter la **propagation de l'événement naturel** de référence depuis le large jusqu'à terre et simuler ainsi la dynamique de la submersion marine **par débordement** (principal type de submersion intervenant à l'intérieur du port de Dieppe) et **localement par franchissement de paquets de mer** (grande plage et plage de Puys) (Cf. Figure 50).

4.3.1.1. Propagation de l'événement naturel de référence depuis le large jusqu'au front de mer et dans le port de Dieppe

Elle a été effectuée grâce au **chainage des modèles** de vagues **Wave-Watch III (WW3)** et d'hydrodynamique **MARS-2DH** (Ifremer, Lazure et Dumas, 2008) à une résolution de 10 m à l'échelle du port (R0 et R1, Cf. Figure 50). Ce chaînage **MARS-2DH/WW3** permet de calculer les niveaux d'eaux et les courants à la côte en tenant compte des interactions vagues-niveaux-courants et intégrant les surcotes induites par le déferlement des vagues à la côte et à l'entrée du port (*wave setup*). Ce chaînage permet également d'une part de simuler directement la submersion par débordement au niveau du port, et d'autre part de fournir les paramètres de forçage pour la simulation des franchissements de paquets de mer.

4.3.1.2. Modélisation de la submersion marine par débordement

Elle est réalisée dans un premier temps à la résolution spatiale de 10 m sur un modèle Numérique de Terrain (MNT) avec **MARS-2DH** (emprise R1, Cf. Figure 52). Pour cela, le modèle hydrodynamique tient compte (Cf. Figure 51) :

- de la surcote générée par le déferlement des vagues (*wave setup*), à travers le chainage avec le modèle spectral WW3 ;
- des obstacles à l'écoulement (remblais, digues, quais, seuils topographiques...) ;
- du frottement sur le fond issu de la transcription des différences d'occupation du sol (urbanisation plus ou moins dense, végétation, route, etc.) ;
- du débit de l'Arques ;
- des dispositifs hydrauliques (pertuis et buses de l'Arques) et de leurs modalités de fonctionnement (hypothèses de défaillance au paragraphe 4.4.2.3) ;
- de la chronologie de l'événement (notamment par le débordement limité dans le temps).

Ces simulations à 10 m de résolution permettent notamment de déterminer les caractéristiques de l'événement naturel de référence par la quantification de la surcote liée au déferlement des vagues (*wave setup*) dans le port et par l'estimation des volumes débordant à terre (§ 4.4.1).

Dans un second temps, la submersion marine par débordement est modélisée à une résolution plus fine de 2 m, en utilisant un Modèle Numérique d'Élévation (MNE), intégrant les bâtiments de manière explicite dans la topographie (emprise R2, Cf. Figure 52). Les mêmes phénomènes qu'au rang précédent (R1) ont été pris en compte, avec cette fois une représentation réaliste des écoulements dans les zones urbanisées.

4.3.1.3. Modélisation de la submersion par franchissement de paquets de mer

Sur les secteurs potentiellement exposés aux franchissements de paquets de mer (grande plage de Dieppe et plage de Puys), la plateforme de modélisation fournit également le calcul des volumes d'eau susceptibles de franchir le front de mer par « paquets » sous l'effet des vagues. Pour cela, le modèle vague à vague **SWASH** a été mis en œuvre à très haute résolution (1 m). Pour forcer le modèle, les conditions de vagues et de niveaux d'eau sont issues du modèle chaîné **MARS-2DH/WW3**. Les débits franchissants ainsi calculés avec SWASH sont ensuite introduits dans le modèle MARS-2DH à 2 m (emprise R2, Cf. Figure 52).

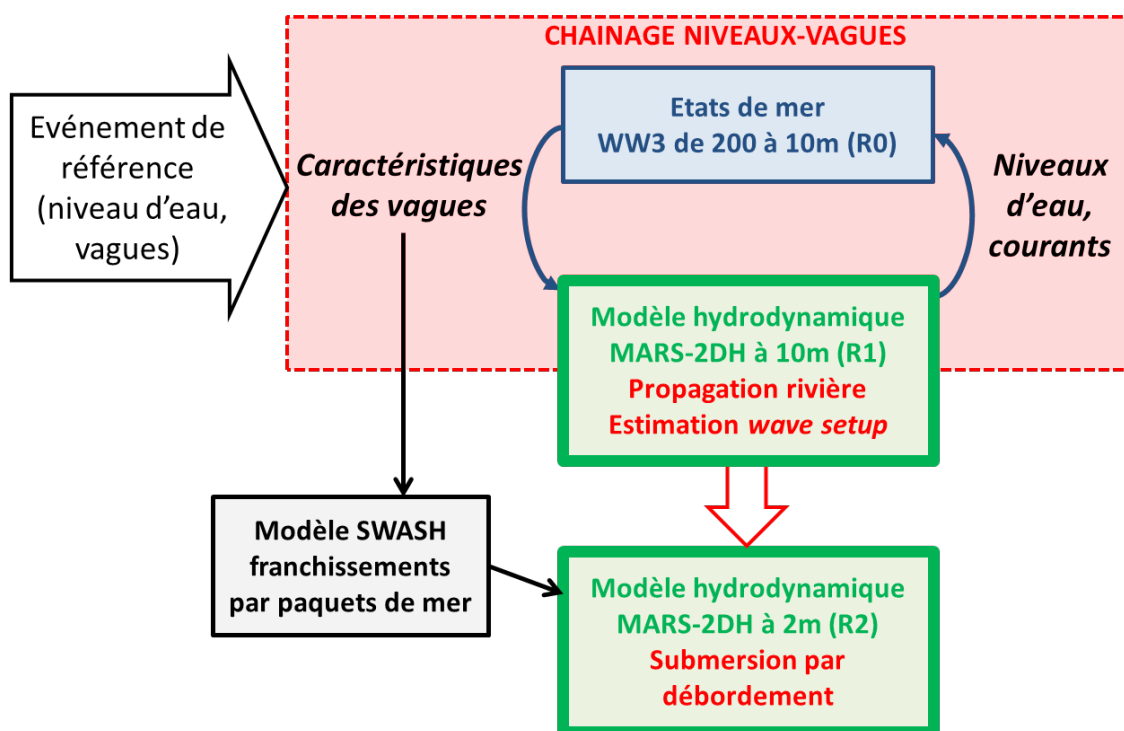


Figure 50: Stratégie de modélisation

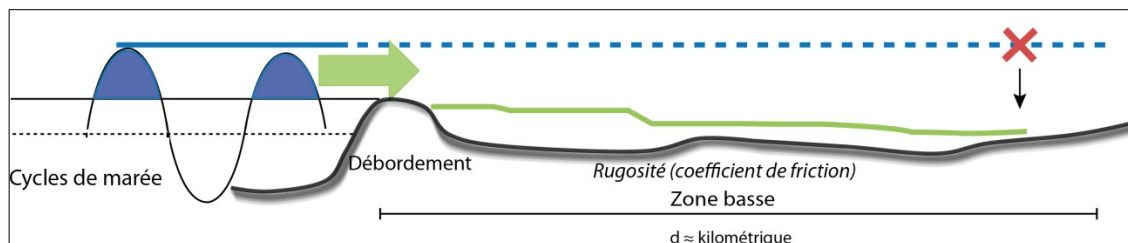


Figure 51: Schéma de principe de la méthodologie employée pour la propagation de la submersion marine : le niveau marin de référence (bleu continu) n'est pas simplement projeté sur la topographie (bleu pointillé) mais bien propagé suivant une dynamique de submersion (vert)

4.3.2. Présentation des codes de modélisation numérique

4.3.2.1. MARS-2DH : modèle hydrodynamique de niveaux et courants

Le code de calcul MARS (Lazure et Dumas, 2007) permet de calculer l'hydrodynamique (niveaux et courants) au niveau régional ou local à partir de composantes de marée et de données de météorologie. Les processus représentés par le modèle sont uniquement liés aux ondes longues (marée et surcote atmosphérique), les ondes courtes (houle et clapot) ne sont pas représentées. Le modèle est utilisé dans sa version 2DH.

MARS-2DH calcule donc la vitesse et la direction de courants moyennés sur la verticale, ainsi que les hauteurs d'eau. Ces grandeurs sont calculées en fonction :

- de conditions aux limites imposées au bord du domaine de calcul (frontières). Ces conditions aux limites peuvent contenir les effets de la marée et de la surcote atmosphérique ;
- de conditions de forçages météorologiques (vent et pression) appliquées en chaque nœud du domaine du modèle.

Pour la modélisation de la submersion par débordement plus particulièrement, MARS-2DH peut prendre en compte :

- la gestion des bancs découvrant (recouvrement/découvrement du sol par l'eau, en considérant dans la présente étude un seuil de 1 cm d'eau à partir duquel la maille est considérée comme « mouillée ») ;
- le frottement spatialisé sur le fond (sur l'ensemble de la zone dont le sol des terrains inondés).

Par ailleurs, le BRGM a développé dans MARS-2DH des routines, spécifiquement adaptées à la propagation des submersions pour l'élaboration des PPRL, capables de :

- calculer le *wave setup* et les courants engendrés par les vagues par chainage avec un modèle spectral type WW3 (via les caractéristiques des vagues, dont les tensions de radiation)
- simuler les écoulements torrentiels faisant suite à des ruptures de digue avec formation de brèches ;
- prendre en compte le fonctionnement des dispositifs hydrauliques (singularités de type buses, seuils hydrauliques, écluses) par le biais de lois hydrauliques intégrées dans le modèle ;
- considérer les débits entrants suite à des franchissements de paquets de mer.

4.3.2.2. Wave-Watch III (WW3) : modèle spectral de propagation de vagues

Le code WW3 résout l'équation de conservation de la densité d'action des vagues suivant des grilles de calculs structurées (différences finies) ou non structurées (éléments finis). Il est capable de reproduire les différents processus liés aux vagues depuis le large jusqu'au rivage comme la génération par le vent, la propagation dans l'espace (réfraction, interactions avec les courants, ...) et la dissipation (frottement au fond, déferlement, etc...).

Dans cette étude, WW3 a été utilisé pour propager les vagues depuis le large (position des données de vague de la base HOMERE) jusqu'au rivage. La contrainte principale pour ce modèle est de reproduire correctement les caractéristiques des vagues dans la zone de

déferlement afin d'assurer un calcul correct du *wave setup* (effectué dans un 2^{ème} temps par le chainage avec MARS-2DH).

Cela implique l'utilisation d'un maillage fin (au maximum 20 m de résolution spatiale) dans cette zone de déferlement. Vu l'étendue du domaine d'étude (Cf. Figure 52), il a été décidé d'utiliser WW3 avec un maillage non structuré (Cf Figure 53 et Figure 54) avec une longueur maximale des côtés des triangles allant de 200 m au large, à 10 m à la côte (10 m au niveau de la plage et 15 m dans le port). Au final, cela représente 62 190 nœuds correspondant à 124 380 éléments (triangles).

Le modèle a été paramétré suivant la configuration décrite dans Ardhuin *et al.* (2010), le spectre des vagues étant discrétisé en 24 directions (pas de 15°) et en 30 fréquences (correspondant à des périodes de vagues allant de 1,6 à 20 secondes). Le frottement au fond et le déferlement des vagues ont été activés.

Le modèle utilise en entrée (Cf. Figure 50) :

- le niveau du plan d'eau uniforme et instationnaire (variable dans le temps),
- des spectres directionnels de vagues, construits à partir des caractéristiques des vagues (hauteur significative, période et direction pic) avec la boîte à outil WAFO (Brodtkorb *et al.*, 2000) ainsi que des routines développées pour l'étude.

En sortie, WW3 fournit à MARS-2DH les données de vagues (Hs, Tp, Dp, tensions de radiation,...) au pas de temps 20 minutes.

4.3.2.3. SWASH : modèle de calcul des débits franchissant les ouvrages de protection

SWASH (Simulating WAVes till SHore) est un code vague-à-vague développé par l'Université Technologique de Delft aux Pays-Bas (Zijlema *et al.* 2011). Ce code permet de simuler la propagation des vagues en domaine côtier ainsi que leur comportement en zone de déferlement, avant et après déferlement (*wave setup* et *runup*). Le modèle tient compte des phénomènes de :

- réfraction,
- diffraction,
- réflexion,
- interactions (vague-vague, vague-courant),
- frottement au fond,
- gonflement,
- déferlement,
- génération des courants induits par les vagues,
- le traitement de l'interface sec-mouillé (en zone de swash).

Son utilisation ici est uniquement consacrée à la simulation des franchissements par paquet de mer et au calcul des volumes franchissants qui en découlent. Ce choix se base sur des études récentes (par exemple Suzuki *et al.*, 2011) qui montrent que les formules EUROTOP ne sont pas toujours applicables de manière réaliste.

4.3.3. Configuration des modèles numériques

4.3.3.1. Emprise, bathymétrie et résolution

Les simulations des niveaux d'eau et des courants ont été réalisées grâce à des grilles de calculs emboîtées, dont les emprises sont présentées à l'Erreur : source de la référence non trouvée.

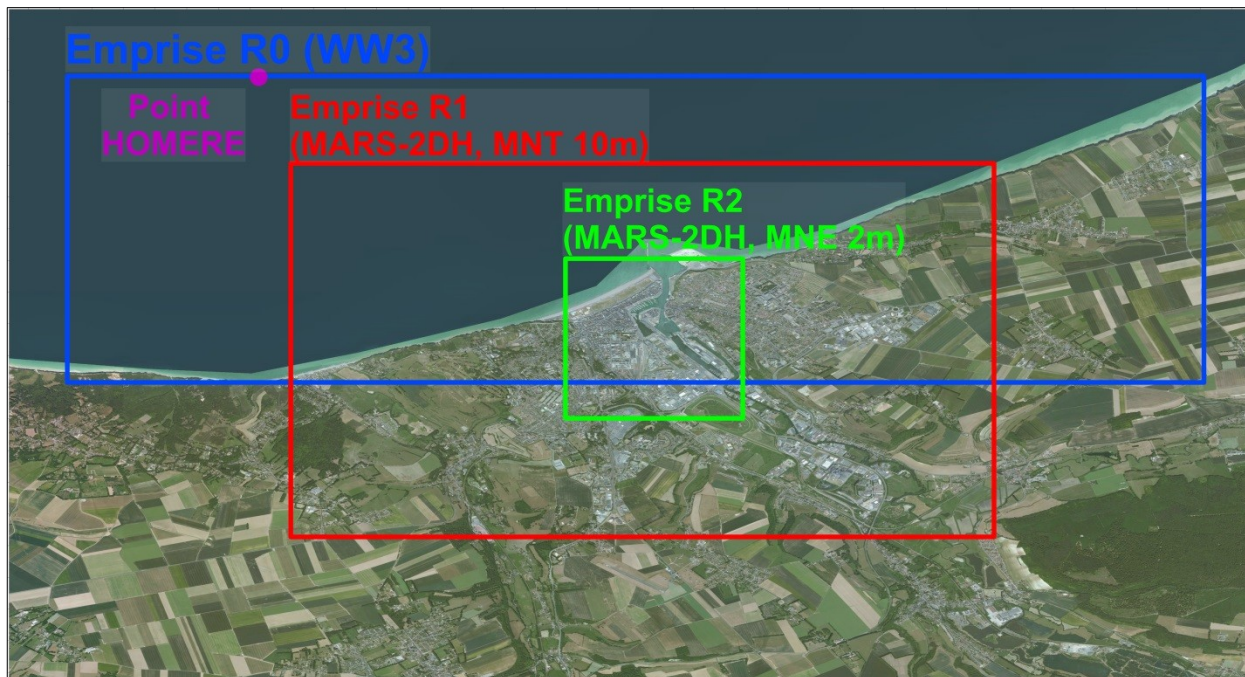


Figure 52: Emprises géographiques des grilles de calculs sur la zone d'étude : grille R0 en bleu (maillage non structuré de résolution variable, pour WW3), grille R1 en rouge (résolution 10 m, pour MARS-2DH sur MNT) et grille R2 en vert (résolution 2 m, pour MARS-2DH sur MNE) ; le point d'extraction des caractéristiques des vagues dans HOMERE est représenté par le point violet

a) Grille R0

La première grille de calcul (notée R0, emprise affichée à la Figure 52) a été utilisée pour les simulations spectrales des champs de vagues avec WW3. Cette grille de calcul utilise un maillage non structuré de résolution 200 m au large jusqu'à 10 m à la côte (Cf Figure 53 et Figure 54). Son emprise a été déterminée de manière à correspondre à la position du point d'extraction des données de vagues de la base HOMERE utilisée pour la définition des combinaisons centennales (chapitre Chapitre 4 :).

Cette grille de calcul ne comporte que des données bathymétriques, la simulation des champs de vagues ne s'effectuant qu'en domaine marin. La bathymétrie provient d'une part d'un ré-échantillonnage des bathymétries fines fournies par le SMPD et d'autre part d'une interpolation des sondes HISTOLITT du SHOM (paragraphe).

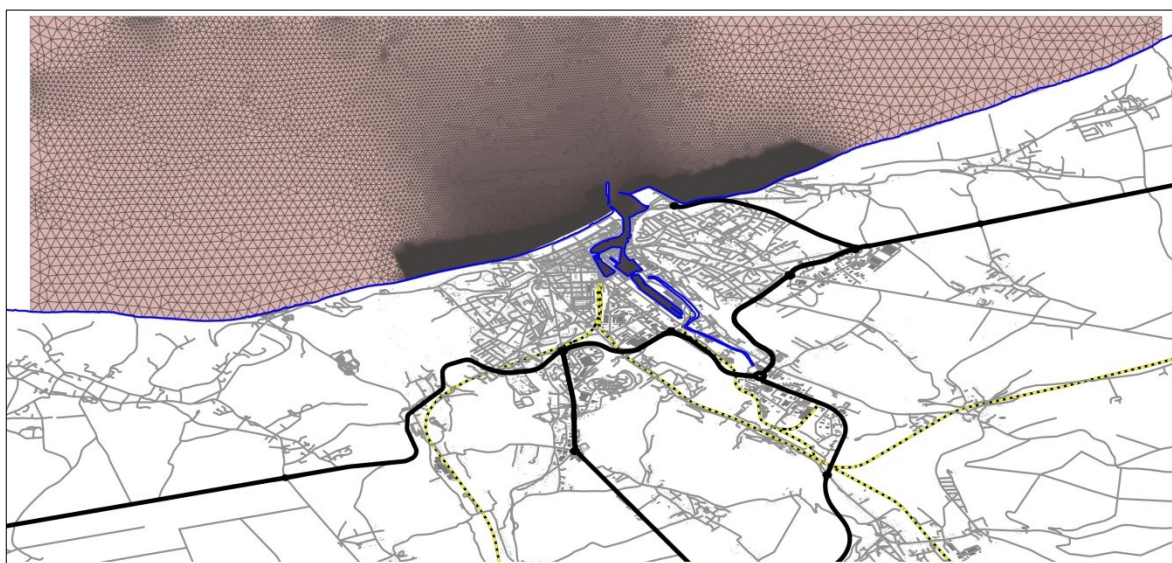


Figure 53: Aperçu du maillage non structuré pour les simulations spectrales avec WW3 (R0)



Figure 54: Aperçu du maillage non structuré pour les simulations spectrales avec WW3 (Zoom sur le port de Dieppe)

b) Grille R1

La seconde grille de calcul (notée R1, emprise affichée à la Figure 52) est utilisée pour les simulations MARS-2DH à 10 m de résolution. Cette grille de calcul permet à la fois :

- Le chainage de MARS-2DH avec WW3, et donc le calcul des niveaux d'eau résultants à la fois des niveaux au large et de la surcote causée par le déferlement des vagues (*wave setup*) ;
- La propagation des niveaux d'eau et des courants associés, à la fois en mer, dans la rivière et à terre (inondation).

La grille R1 utilise donc un MNT topo-bathymétrique de résolution 10 m. Les données bathymétriques utilisées sont les mêmes que celles utilisées pour R0. Les données topographiques sont issues des données du RGE-ALTI de l'IGN (paragraphe 4.2.1), ré-échantillonnées et ponctuellement retouchées localement pour offrir une représentation correcte des éléments structurants à cette résolution de 10 m (conservation de la cote des lignes de crête notamment, cf paragraphe 4.3.4.1).

La bathymétrie du lit de l'Arques a été reconstituée en s'appuyant sur les levés réalisés par le BRGM le 02 août 2016 (paragraphe). Cette bathymétrie se substitue au MNT entre l'exutoire (entrée dans les voutes) et le rond-point de l'Arques. Plus en amont, où aucune donnée n'est disponible, une bathymétrie plausible a été imposée de manière à permettre la simulation des écoulements dans la rivière.

c) Grille R2

La troisième grille de calcul (notée R2, emprise affichée à la Figure 52) est utilisée pour les simulations MARS-2DH à 2 m de résolution. Cette grille de calcul permet de simuler à très haute résolution la propagation des niveaux d'eau et des courants associés, à la fois dans le port, dans la rivière et à terre (inondation).

La grille R2 utilise un MNE topo-bathymétrique de résolution 2 m. Les données bathymétriques utilisées sont issues de la synthèse des données bathymétriques disponibles. Les données topographiques sont comme précédemment issues des données du RGE-ALTI (paragraphe 4.2.1), après quelques traitements spécifiques : intégration du bâti et du lit de l'Arques (paragraphe 4.3.4.1).

La grille R2 intègre explicitement le bâti dans la topographie. Pour cela, une couche de « sursol » a été définie à partir des données de la BD TOPO (emprise et hauteurs des bâtiments, cf paragraphe). Cette couche de « sursol » (Cf. Figure 55) a ensuite été surimposée sur le MNT pour aboutir au MNE utilisé pour les simulations numériques. Le lit de l'Arques a également été reconstitué dans ce MNE, de la même façon que pour la grille R1.

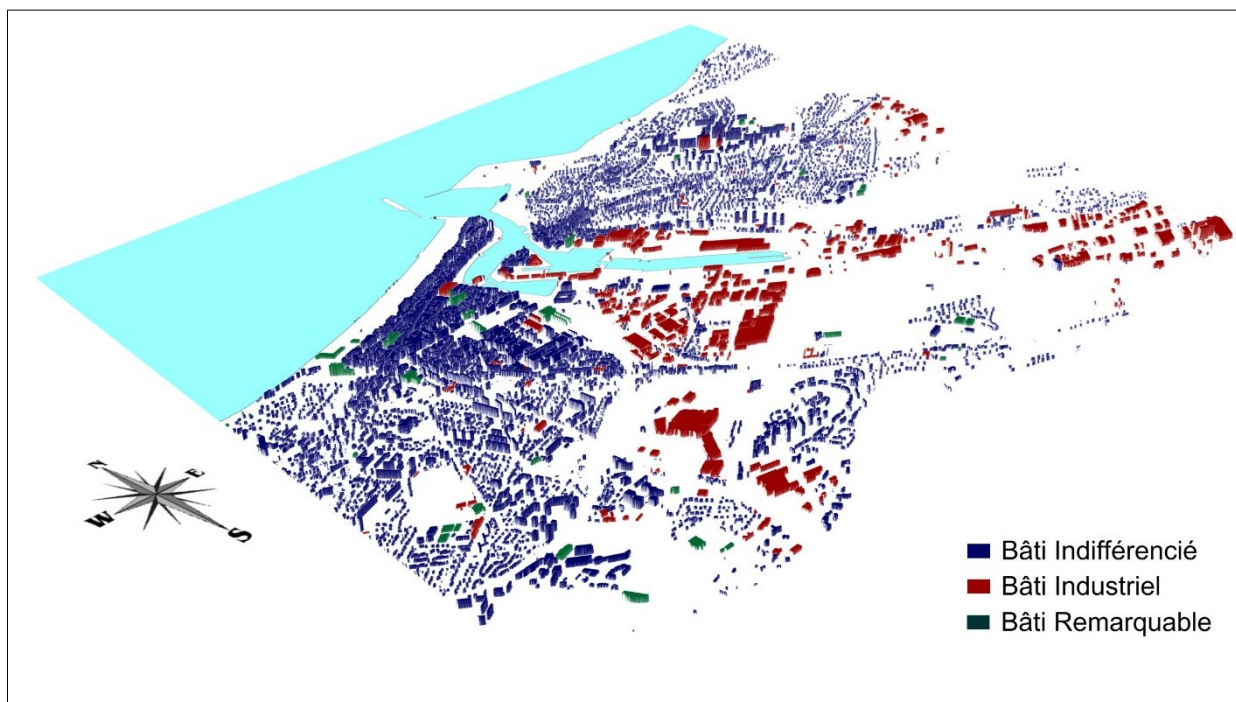


Figure 55: Aperçu du « sursol » généré à partir de la couche BATI de la BDTOPO

4.3.3.2. Forçages et conditions aux limites marines

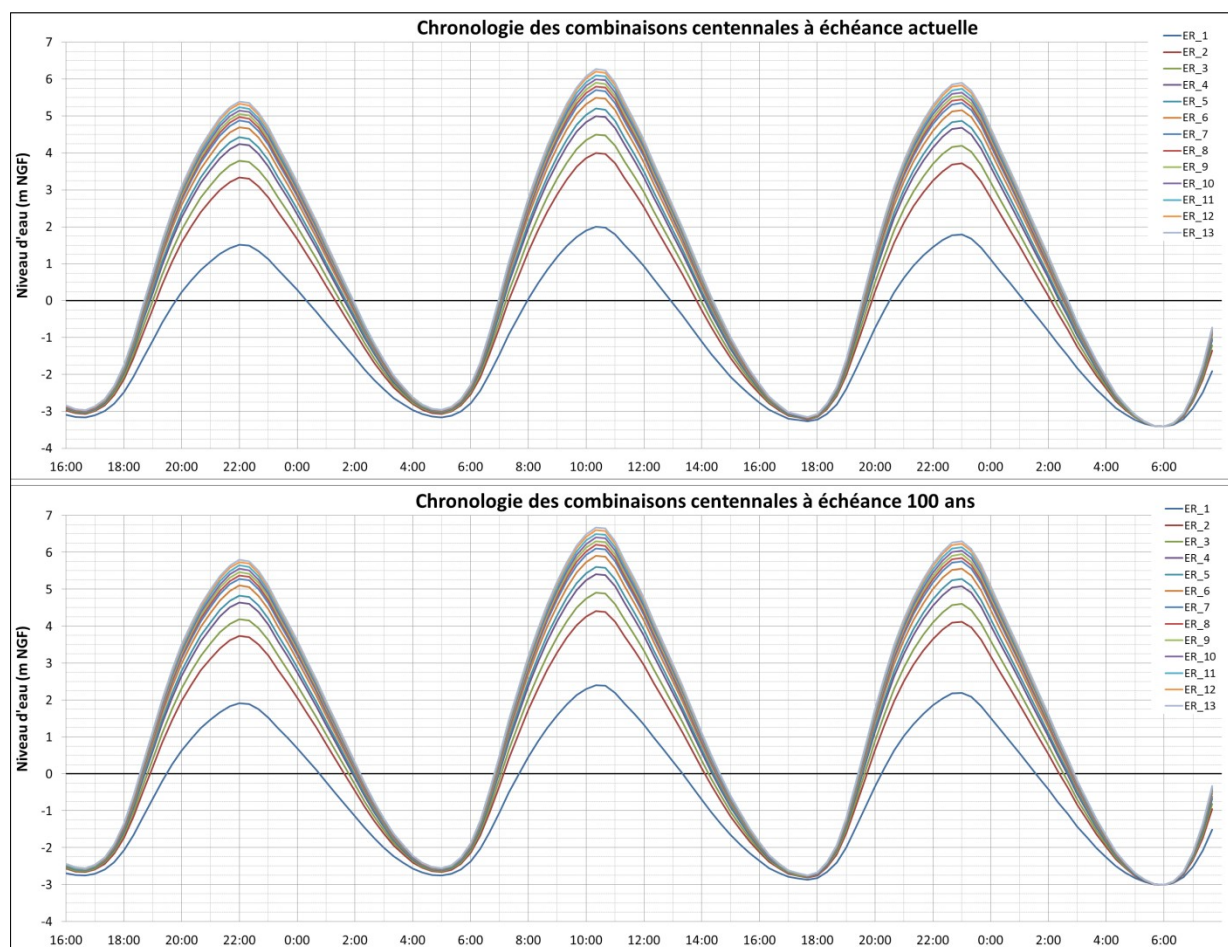
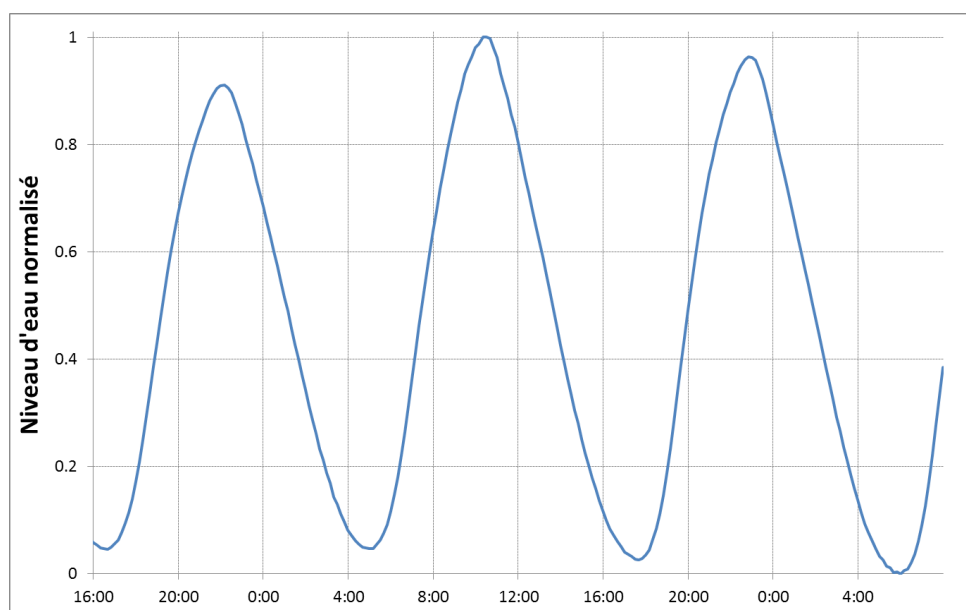
a) Conditions aux limites en niveau d'eau

Les variations du niveau d'eau au cours du temps sont imposées sur les limites marines Ouest, Nord et Est du modèle spectral WW3 et du modèle hydrodynamique MARS-2DH. Le niveau d'eau imposé aux frontières est une série temporelle de 3 cycles de marée. Le premier cycle sert à l'initiation du modèle (mise en eau du port et de la rivière) et les 2 autres au calcul de la submersion (comme indiqué dans le guide PPRL, MEDDE, 2014). Le niveau maximum est atteint lors de la pleine mer du 2^{ème} cycle.

La chronologie des cycles de marée a été réalisée à partir de celle observée au marégraphe de Dieppe durant la tempête Xynthia (du 27/02/2010 au 01/03/2010). Ce marégramme a été normalisé entre 0 et 1 (Cf. Figure 56), puis multiplié par les niveaux de référence (SWL sélectionnés au tableau de la Figure 36, qui intègrent les 25 cm liés aux incertitudes).

L'application de cette méthode permet ainsi d'établir une chronologie pour chacune des combinaisons centennales retenues.

Enfin, l'intégration de l'élévation du niveau de la mer sous l'effet du changement climatique est effectuée par un décalage global de l'ensemble du signal (respectivement de +0.2 m et +0.6 m pour les échéances actuelle et 100 ans), aboutissant ainsi aux chronologies des niveaux d'eau présentées à la figure Figure 57.



b) Conditions aux limites en vagues

Les caractéristiques de vagues associées à chaque combinaison centennale retenue (hauteur significative H_s , période pic T_p et direction D_p) sont imposées aux limites marines (partie océanique) du modèle de vagues WW3 (R0) à travers des spectres stationnaires et uniformes.

Compte-tenu de l'analyse statistique, la provenance des vagues a été considérée comme étant de Ouest-Nord-Ouest (300°N en convention nautique). Toutefois, afin d'envisager une pénétration des vagues plus importante dans le port, une provenance des vagues du secteur Nord (0°N en convention nautique) a également été testée pour les combinaisons ER_11 et ER_12, ce régime pouvant exister pour des hauteurs significatives des vagues plus modérées ($< 3\text{ m}$, Cf. Figure 27).

c) Forçage de la rivière

En l'absence de chroniques disponibles sur le débit de l'Arques, le débit à considérer dans les simulations a été choisi par le comité de suivi technique de l'étude comme une estimation du débit moyen journalier de période de retour annuelle (débit moyen journalier atteint ou dépassé en moyenne 1 fois par an). Cette estimation a été réalisée à partir des mesures disponibles sur les affluents de l'Arques et à partir de corrélations établies par la DREAL de Seine-Maritime.

Un débit de $28\text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, constant sur les 3 cycles de marée, a été retenu comme forçage de la rivière pour les simulations numériques. Ce débit a été imposé pour la grille de calcul R1 au niveau du passage de l'Arques sous la voie ferrée, les données bathymétriques de la rivière s'avérant insuffisantes pour un forçage plus en amont. Pour la grille de calcul R2, le débit de la rivière est imposé en bordure Est de la grille, avec les débits issus de la simulation sur la grille R1 en ce même point.

4.3.4. Représentation du Terrain

4.3.4.1. MNT et MNE

Dans un premier temps, l'assemblage des différentes données topo-bathymétriques (grilles RGE-ALTI à 1 m complétées par les grilles RGE-ALTI à 5 m, données bathymétriques du SHOM et du SMPD interpolées à 1 m) ont été assemblées pour réaliser un Modèle Numérique de Terrain (MNT) de résolution 1 m. Le cours de l'Arques a été reconstitué dans ce MNT de façon réaliste au vu des données bathymétriques disponibles (profils bathymétriques entre les buses de l'Arques et le rond-point de l'Arques, puis bathymétrie « plausible » plus en amont en l'absence de données)

Ce MNT a ensuite été ré-échantillonné à une résolution de 10 m, en apportant un soin particulier aux quelques « lignes de crêtes » identifiées dans les zones basses. En effet, les infrastructures de type digues, routes, quais, remblais routiers et ferroviaires, levées ou autres éléments structurants de la topographie conditionnent le comportement hydraulique des écoulements lors des submersions, et le modèle doit reproduire fidèlement les débordements par-dessus ces obstacles topographiques (notion d'effets de seuil topographique). Il convient donc de représenter le plus précisément possible leurs altimétries, et donc compte tenu des résolutions de procéder localement à des corrections pour prendre en compte spécifiquement ces éléments, et d'éviter ainsi un « gommage » partiel ou total de ces structures. Ce MNT de résolution 10 m est représenté à l'Figure 58, ainsi que la position des « lignes de crête structurantes » pour lesquelles des retouches ont été réalisées afin de respecter leur altimétrie.

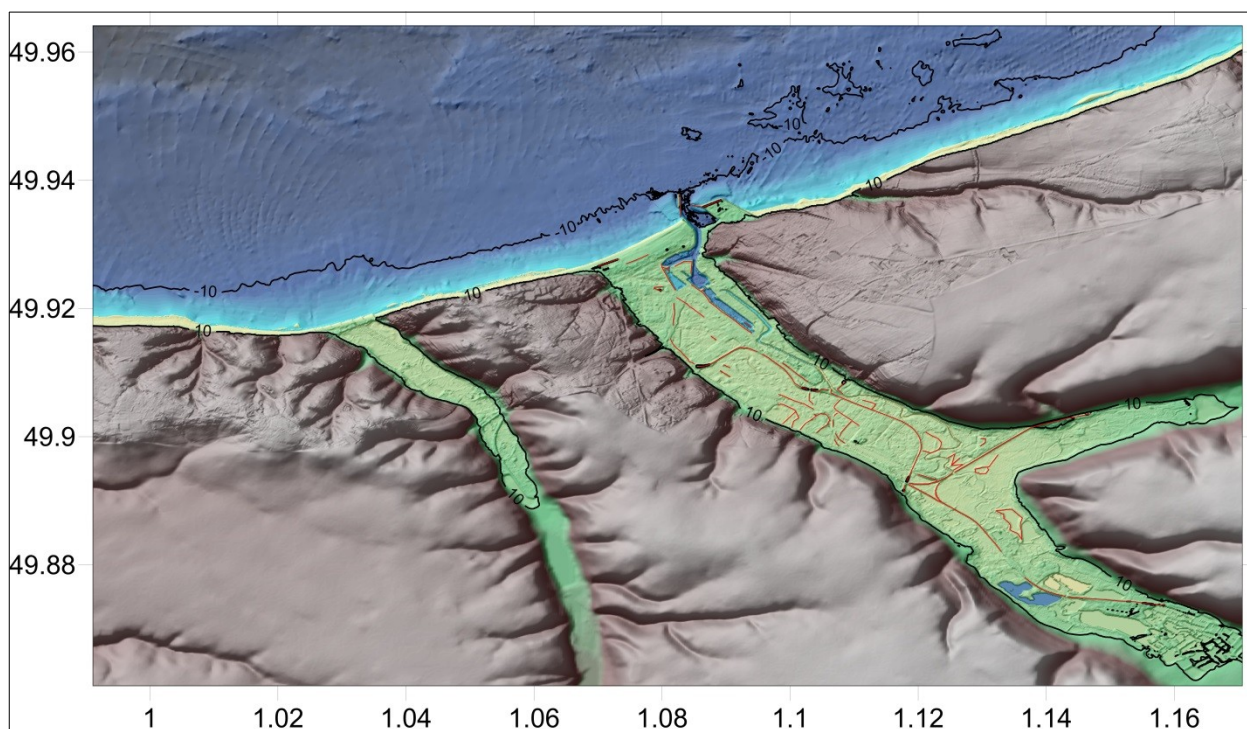


Figure 58: MNT de résolution 10 m utilisé pour les simulations sur les grilles R0 (vagues en domaine marin) et R1 (submersion) ; les 2 lignes iso-altitudes correspondent respectivement aux cotes -10 m NGF et +10 m NGF ; les lignes rouges correspondent aux lignes de crête structurantes dans la zone basse

Le MNT de résolution 10 m ainsi constitué, référencé à l'IGN69 (NGF) et projeté en coordonnées sphériques (WGS84) a été directement utilisé pour les simulations spectrales de vagues (grille R0, uniquement en mer, maillage présenté aux Figure 53 et Figure 54) et pour les simulations de submersion à 10 m de résolution (grille R1).

L'ajout du sursol correspondant aux bâtiments (Cf. Figure 55) sur le MNT de résolution 1 m a permis de créer un Modèle Numérique d'Élévation (MNE) pour les simulations les plus fines. Quelques corrections ponctuelles ont été apportées à ce MNE afin de représenter des « connexions hydrauliques » qui n'apparaissaient pas par défaut (notamment le passage large de 4,60 m sous la promenade du front de mer au niveau de la piscine et le passage large de 9,90 m sous l'hôtel Aguado, en front de mer). Ce MNE (Cf. Figure 59) a été utilisé pour les simulations de submersion à 2 m de résolution.

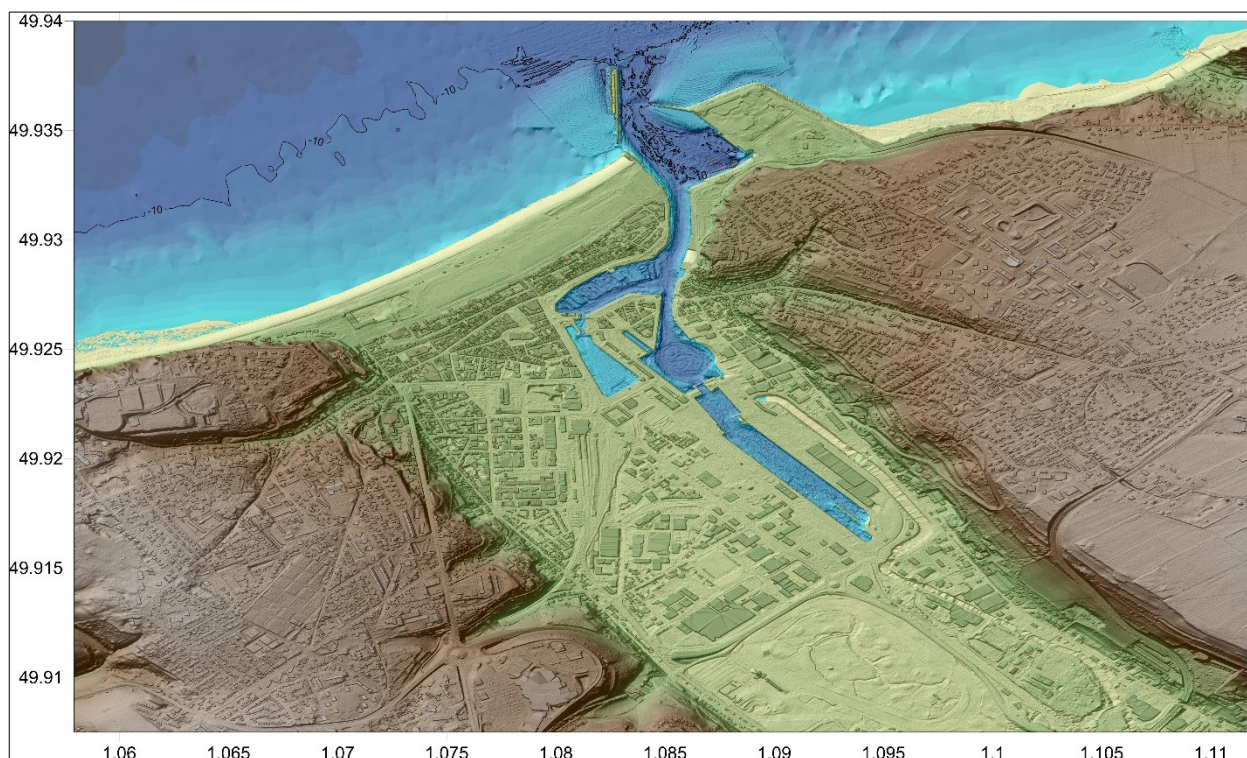


Figure 59: MNE de résolution 2 m utilisé pour les simulations sur la grille R2 (submersion)

4.3.4.2. Rugosité et frottement sur le fond pour la propagation de la submersion

L'effet de l'occupation du sol sur les écoulements est habituellement représenté via un paramètre de frottement caractéristique de la rugosité et généralement paramétré en termes de coefficients de Manning ou de Strickler. Dans cette étude, une représentation spatialisée de la rugosité a été obtenue à partir d'une classification synthétique de l'occupation des sols issue des cartes d'occupation des sols (paragraphe 4.2.3) qui a été interprétée en termes de valeurs de **coefficients de Manning**. Les valeurs utilisées sont celles préconisées par différentes sources et sont applicables pour les études en domaines marins et côtiers (par exemple Bunya *et al.* 2010 ; Brown *et al.*, 2007, Goutx et Ladreyt 2001).

La carte d'occupation du sol issue de la base de données LittoMOS (paragraphe 4.2.3) a fait l'objet d'un certain nombre de corrections ponctuelles par digitalisation dans les secteurs susceptibles d'être inondés :

- Lit de l'Arques, qui n'était pas distingué dans les données d'origine ;
- Quais du port, qui étaient en général classés comme correspondant à des zones urbaines ou des zones industrielles : les quais non distingués à l'origine ont donc été digitalisés et considérés comme des surfaces bitumées afin de garantir une bonne représentation du débordement ;
- Centre-ville et front de mer de Dieppe, où quelques modifications ont été apportées afin d'améliorer la description des terrains vis-à-vis de la problématique (amélioration notamment de la description des terrains enherbés et des routes sur l'esplanade du front de mer).

Dans un premier temps, un regroupement des typologies brutes de LittoMOS en une typologie simplifiée adaptée à la modélisation de la submersion a été effectué. La cartographie résultant de cette typologie est représentée à Figure 60.



Figure 60: Carte de la typologie simplifiée de l'occupation du sol pour l'établissement de la carte de rugosité

Dans un second temps, une correspondance entre la typologie simplifiée d'occupation du sol et les coefficients de rugosité (ici coefficients de Manning) a été établie, comme détaillé aux Figure 61 et Figure 62. Les valeurs de coefficients de Manning retenues dans les simulations varient de $0,014 \text{ s.m}^{-1/3}$ dans les zones de faible frottement (Territoires artificialisés, i.e. des surfaces type bitume et béton) à $0,15 \text{ s.m}^{-1/3}$ pour les zones à fort frottement (forêts...). On peut noter également que les zones urbaines se voient affecter les mêmes coefficients de frottement que les territoires artificialisés, les obstacles que constituent les bâtiments étant intégrés directement dans le MNE (dans les approches plus classiques, qui utilisent des MNT et non des MNE, les zones urbaines se voient en général attribuer des coefficients de frottements élevés afin de représenter la « rugosité » constituée par les bâtiments, ce qui conduit à une sous-estimation des vitesses des écoulements dans les rues).

Typologie simplifiée	Coefficient de Manning ($\text{s.m}^{1/3}$) sur la grille R2 (MNE)
Territoires artificialisés	0.014
Tissu urbain	0.014
Zone densément urbanisée et zones industrielles	0.014
Tissu urbain diffus	0.014
Equipements sportifs	0.025
Aéroport	0.04
Prairies	0.04
Terres arables	0.06
Végétation arbustive et cultures	0.08
Forêts	0.15
Roche	0.03
Plage	0.06
Surfaces en eau	0.025

Figure 61: Correspondance entre classes d'occupation du sol et coefficients de Manning

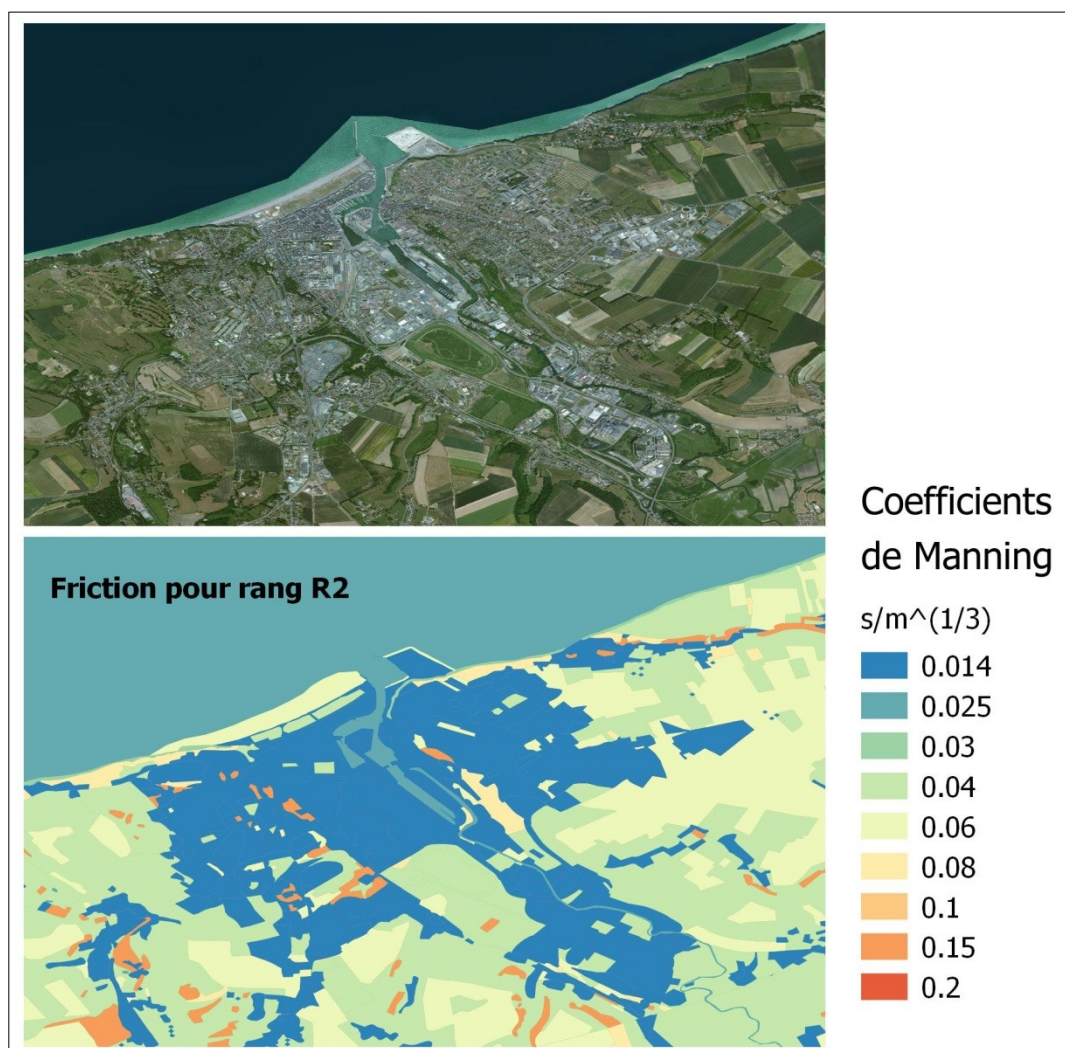


Figure 62: Coefficients de Manning sur la zone d'étude

4.3.5. Franchissement de paquets de mer

Dans le secteur de Dieppe, les franchissements par paquets de mer peuvent être significatifs essentiellement au niveau de la grande plage, ainsi que sur la plage de Puys.

4.3.5.1. Méthode

Une méthode basée sur l'utilisation du modèle SWASH a été mise en œuvre pour simuler le franchissement par paquets de mer sur la grande plage, en suivant plusieurs étapes :

Etape 1 : des tronçons de la plage jugés homogènes en termes de hauteur, de largeur et d'exposition aux vagues ont été délimités. Pour chacun de ces tronçons, un profil topographique représentatif orthogonal au tronçon a été défini, depuis le domaine marin (cote - 10 m NGF) jusqu'au haut de plage côté terre, à l'endroit où l'on souhaite calculer les débits franchissants. La grande plage de Dieppe a ainsi été segmentée en 4 tronçons homogènes (Cf. Figure 63). Il a été vérifié, par des simulations en conditions stationnaires avec les paramètres correspondant aux événements de référence retenus, que les secteurs de la plage en dehors de ces tronçons n'étaient pas soumis à des franchissements de paquets de mer significatifs.

- Les tronçons 1 et 2, situés en partie Est de la grande plage, correspondent à un secteur où le profil de plage correspond à un cordon de galets formant une dépression topographique en haut de plage (Cf. Figure 64), dont le fond est à une altitude sensiblement équivalente à celle de la promenade en haut de plage. Par conséquent, il a été choisi d'identifier le sommet du cordon (donc avant la dépression topographique) pour calculer les débits franchissants, ce qui permettra aux simulations hydrodynamiques en 2D de simuler de manière réaliste les écoulements au sein de cette dépression (reflux vers la mer et/ou inondation vers la terre).
- Le tronçon 3, situé au milieu de la grande plage, peut rencontrer des franchissements plus sporadiques selon les scénarios. Le profil a été positionné de manière à calculer les débits franchissant la promenade en haut de plage.
- Le tronçon 4, de longueur très restreinte, correspond en fait à la singularité que constitue le passage pour piétons situé sous la promenade et permettant l'accès à l'aire de loisirs en arrière depuis la plage (Cf. Figure 65).

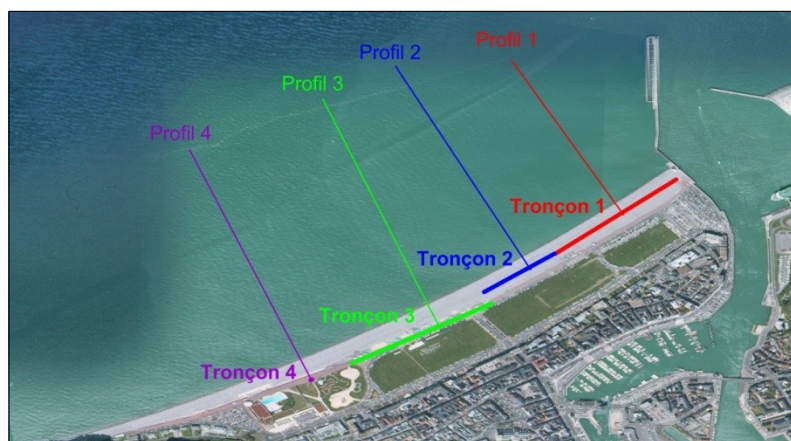


Figure 63: Tronçons de morphologie et d'exposition homogènes et position des profils associés pour la modélisation des volumes franchissants

Etape 2 : pour chacun des tronçons / profils définis à l'étape 1, le profil topo-bathymétrique a été extrait avec une résolution de 1 m (Cf. Figure 66). Ces profils topo-bathymétriques ont été adaptés en leur extrémité coté terre afin de permettre un calcul de débit franchissant indépendamment de la topographie située en arrière de la position choisie pour le tronçon (crête du cordon de galets pour les profils 1 et 2, promenade pour le profil 3 et sortie du passage pour piétons pour le profil 4).

Etape 3 : les simulations sont réalisées avec le modèle numérique SWASH pour chacun des profils sur une durée de 8 heures autour du 2^{ème} pic de marée (de PM -03h30 à PM+04h30) en utilisant en entrée de SWASH les chronologies de niveaux d'eau correspondant aux combinaisons centennales sélectionnées et les caractéristiques de vagues issues des simulations WW3 (propagation des vagues correspondant aux combinaisons centennales depuis le large sur la grille R0). Les caractéristiques des vagues ont ainsi été extraites des simulations WW3 sur la grille R0 au niveau des points d'entrée des profils, situés à la profondeur -10 m NGF. Afin de tenir compte du fait qu'à cette distance de la plage les vagues ne soient pas encore parfaitement parallèles à la côte (et donc dans l'axe des profils), une correction a été effectuée sur ces paramètres de manière à calculer les vagues équivalentes parallèles à la côte (compensation de la réfraction et du gonflement en suivant les équations de la théorie linéaire des vagues, Dean et Dalrymple, 1991).

La simulation SWASH permet ainsi de simuler la propagation et le déferlement de chaque vague jusqu'à la côte et de calculer les débits linéiques (et donc les volumes) franchissant l'ouvrage au cours du temps (Cf. Figure 67).



Figure 64: Aperçu de la dépression en haut de plage (vers la gauche) sur la partie Est de la grande plage de Dieppe (photographie BRGM)



Figure 65: Passage pour piétons sous la promenade de la grande plage, vu depuis l'aire de loisirs (photographie BRGM)

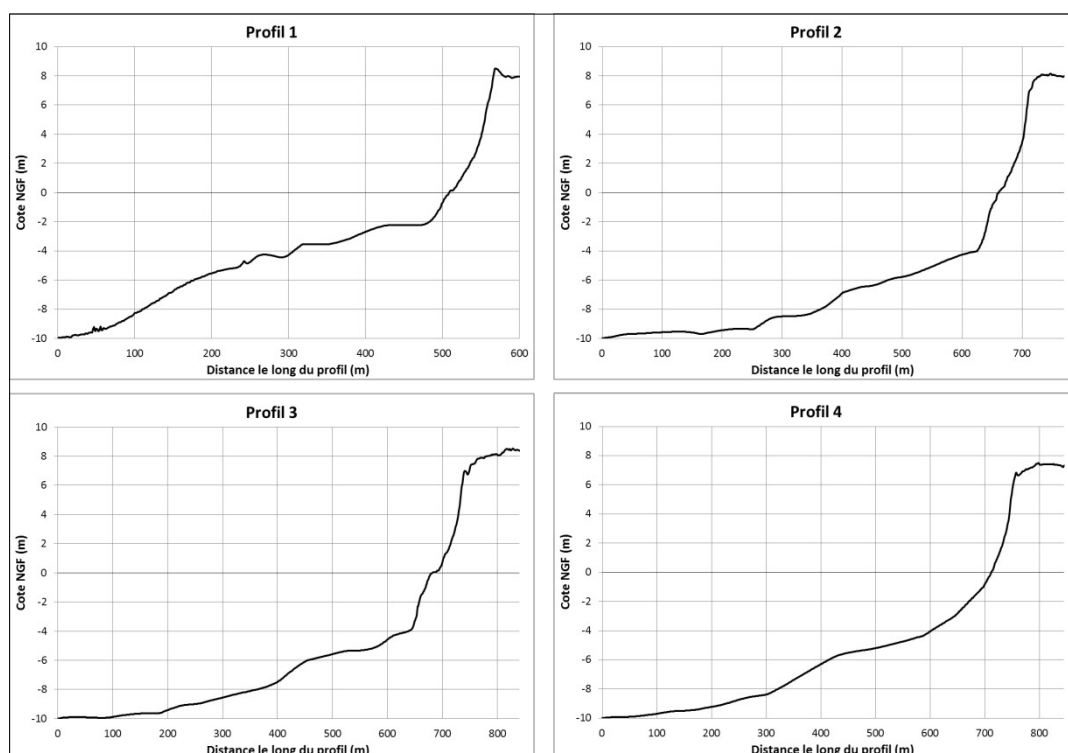


Figure 66: Profils topo-bathymétriques au droit des 4 profils définis sur la grande plage de Dieppe

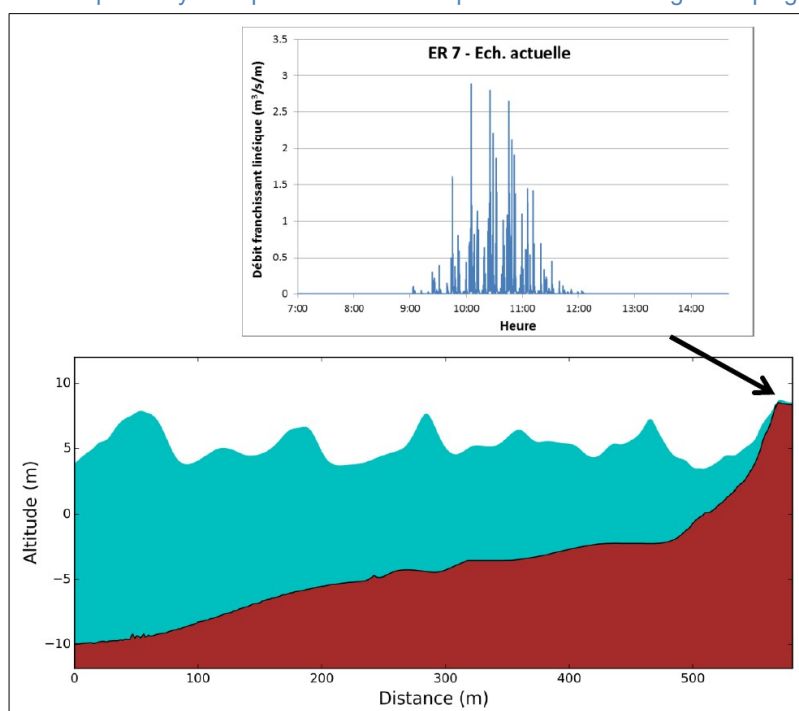


Figure 67: Aperçu instantané de la propagation des vagues sur le profil 1 et estimation des volumes franchissant

Etape 4 : les débits et volumes cumulés franchissant chaque section sont calculés en fonction de la longueur du tronçon et des résultats pour le profil associé.

Etape 5 : les débits totaux par tronçon ainsi calculés par l'intermédiaire de SWASH (et intégrés sur le pas de temps de calcul du modèle MARS-2DH) sont enfin injectés au modèle de submersion MARS-2DH à maille 2 m sous forme de débit franchissant en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. L'objectif est ici de propager les écoulements issus des volumes franchissant dans le modèle hydraulique d'inondation.

Plage de Puys : Une méthode simplifiée a été mise en œuvre sur la plage de Puys, du fait de la configuration du site : en l'absence de dépression topographique dans cette zone, la notion de débit franchissant ne s'applique pas à la plage de Puys, et l'inondation par franchissement est directement soumise à un contrôle topographique. Des simulations de franchissement avec le modèle SWASH ont donc également été réalisées sur un profil (Cf. Figure 68), et ont permis de déterminer le *runup* maximal le long de ce profil.

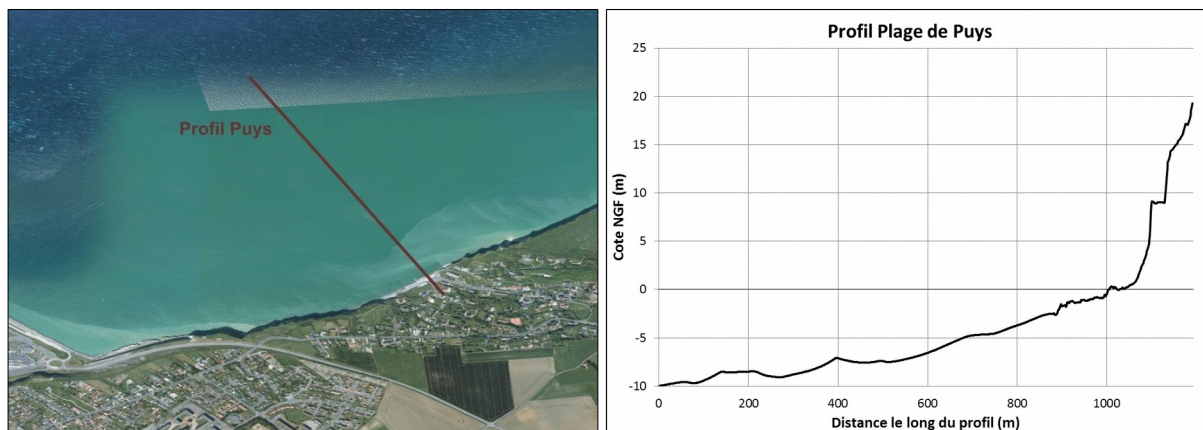


Figure 68: Position et profil topo-bathymétrique au niveau de la plage de Puys

4.3.5.2. Sensibilité et limites

Pour mémoire, le modèle SWASH est un modèle purement hydraulique qui ne permet pas de simuler l'érosion/accrétion des sédiments (vase, sables, galets...) : les simulations de franchissements sont donc réalisées en **topographie constante**.

Quelques tests de sensibilité ont par conséquent été réalisés sur les profils de plage :

- Pour les sections 1 à 3, des tests ont été réalisés sur différents profils afin de vérifier la représentativité des profils retenus ; les résultats ont montré que si les débits franchissants pouvaient être modifiés de quelques dizaines de pourcents, les conséquences sur la simulation de la submersion associée restaient très limitées ;
- En ce qui concerne le bas de plage, des tests de sensibilité ont été réalisés sur plusieurs profils, en conditions stationnaires au niveau marin maximum (pleine mer), et en considérant deux configurations (une transition relativement douce et une transition plutôt brutale la zone de raccord entre les sondes Histolitt du SHOM et la couverture de l'estran par le RGE-ALTI, autrement dit le secteur situé autour du zéro hydrographique à -4.448 m NGF). Les résultats obtenus n'ont pas montré de différences sensibles en termes de *runup* et de distance inondée, les débits franchissant pouvant varier très légèrement (le déferlement des vagues plus tardif causé par une rupture de pente brutale peut conduire à des débits légèrement supérieurs) ;
- En ce qui concerne le haut de plage, un intérêt particulier a été porté à la dépression située en haut de plage dans la partie Est de la grande plage (tronçon 1 et 2, paragraphe 4.3.5.1) : en effet, d'après les simulations, les franchissements se produisent dans ce secteur de manière « indirecte » : les vagues franchissent le cordon de galets sur la plage, ce qui permet à l'eau de remplir la dépression située en haut de plage, laquelle une fois pleine peut déborder de l'autre côté, vers la ville. Des simulations complémentaires ont donc été menées en considérant un arasement complet de ce cordon de galets (pente régulière depuis la plage jusqu'à l'arrière de la dépression), et ont montré qu'en l'absence de cordon aucun franchissement ne se produisait. Toutefois, en l'absence d'éléments montrant la

mobilisation massive du cordon de galets lors des événements tempétueux, il a été retenu par le comité de suivi technique de l'étude de considérer que le cordon de galets restait inchangé pour la cartographie de l'aléa.

Le modèle SWASH ne permet pas non plus de prendre en compte l'infiltration de l'eau dans le sol. Or, sur une plage de galets comme à Dieppe, cette infiltration peut s'avérer rapide et importante du fait de l'importante perméabilité de ce type de sols (voir par exemple les expérimentations menées par Héquette et al., 2007). La prise en compte de cette infiltration nécessiterait le développement d'un couplage avec un modèle hydrogéologique complexe, ce qui dépasse le cadre de la présente étude. Les simulations ont donc finalement été réalisées **en considérant les sols comme imperméables**.

4.3.6. Validation de la modélisation numérique

La chaîne de modélisation présentée précédemment doit être utilisée pour déterminer l'événement naturel de référence à partir des combinaisons centennales établies au chapitre 4.1. Pour cela, il convient préalablement de vérifier que cette chaîne de modélisation est à même de reproduire correctement les phénomènes et processus qui affectent le site d'étude par la simulation d'un événement passé pour lequel des observations sont disponibles.

La chaîne de simulation de la submersion a donc été validée par la reconstitution de la submersion par débordement durant la tempête Xynthia (principal événement récent ayant causé une submersion, avec une configuration du port équivalente à sa configuration actuelle).

La tempête Xynthia, survenue du 27 au 28 mars 2010, a fortement impacté les côtes atlantiques, mais également dans une moindre mesure celles de la Manche. Le niveau d'eau enregistré à Dieppe a été maximal durant la matinée du 28 mars (environ vers 10h20 UTC, soit 11h20 heure locale), lors d'une pleine mer de vives eaux (coefficient 102) et correspondait à une surcote de pleine mer de l'ordre de 1 m.

Les éléments disponibles concernant la submersion survenue lors de Xynthia montrent une inondation limitée à quelques secteurs, avec des hauteurs d'eau pouvant atteindre quelques décimètres. Cependant, seules quelques photographies sont disponibles (Cf. Figure 70), et ne permettent pas de quantifier précisément l'inondation (heure de la prise de vue inconnue, pas d'éléments sur les secteurs où il n'y a pas de photographies).

La simulation de la tempête Xynthia a été réalisée en imposant aux grilles de calcul R1 (résolution 10 m), puis R2 (résolution 2 m) les niveaux d'eau mesurés toutes les 10 minutes au marégraphe de Dieppe. En l'absence de données disponibles sur le débit de l'Arques durant la tempête, la rivière n'a pas été prise en compte dans cette simulation de validation. Seuls les résultats obtenus à la grille R2 sont présentés ici, l'ensemble des observations disponibles étant contenues dans cette emprise. Le MNE utilisé a été réalisé directement avec les bâtiments de la couche BATI de la BD-TOPO, sans les corrections évoquées au paragraphe qui concernaient des évolutions plus récentes du bâti.

Le résultat obtenu à la grille R2 (résolution 2 m) en termes de hauteurs d'eau maximales à terre est présenté à la Figure 69 et peut être confronté aux photographies disponibles à la Figure 70 (pas d'autres informations disponibles pour les autres secteurs).

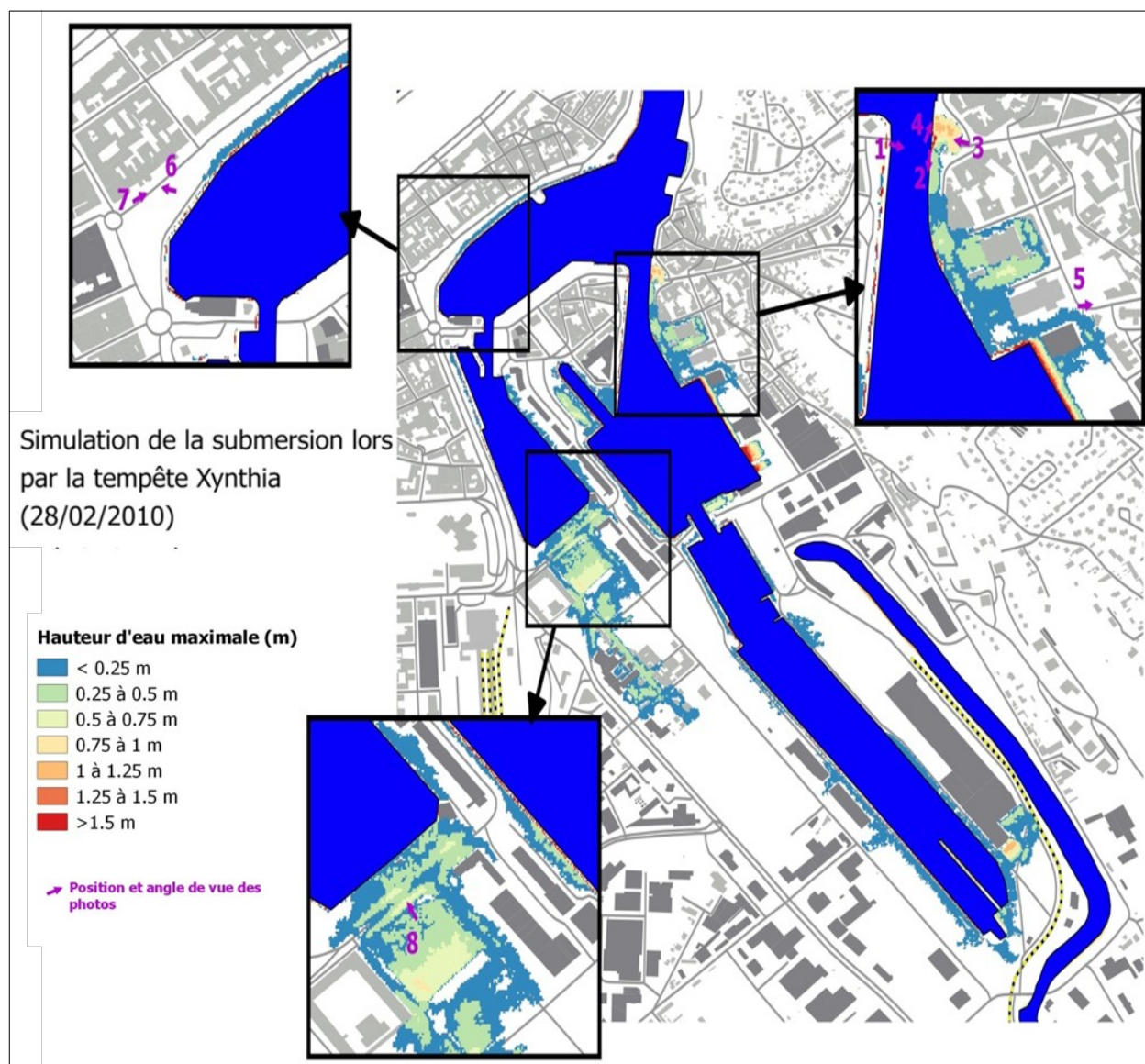


Figure 69: Hauteurs d'eau maximales obtenues durant la simulation de la tempête Xynthia (28/02/2010) ; les flèches mauves dans les encarts indiquent la position et la direction des photographies de la Figure 70

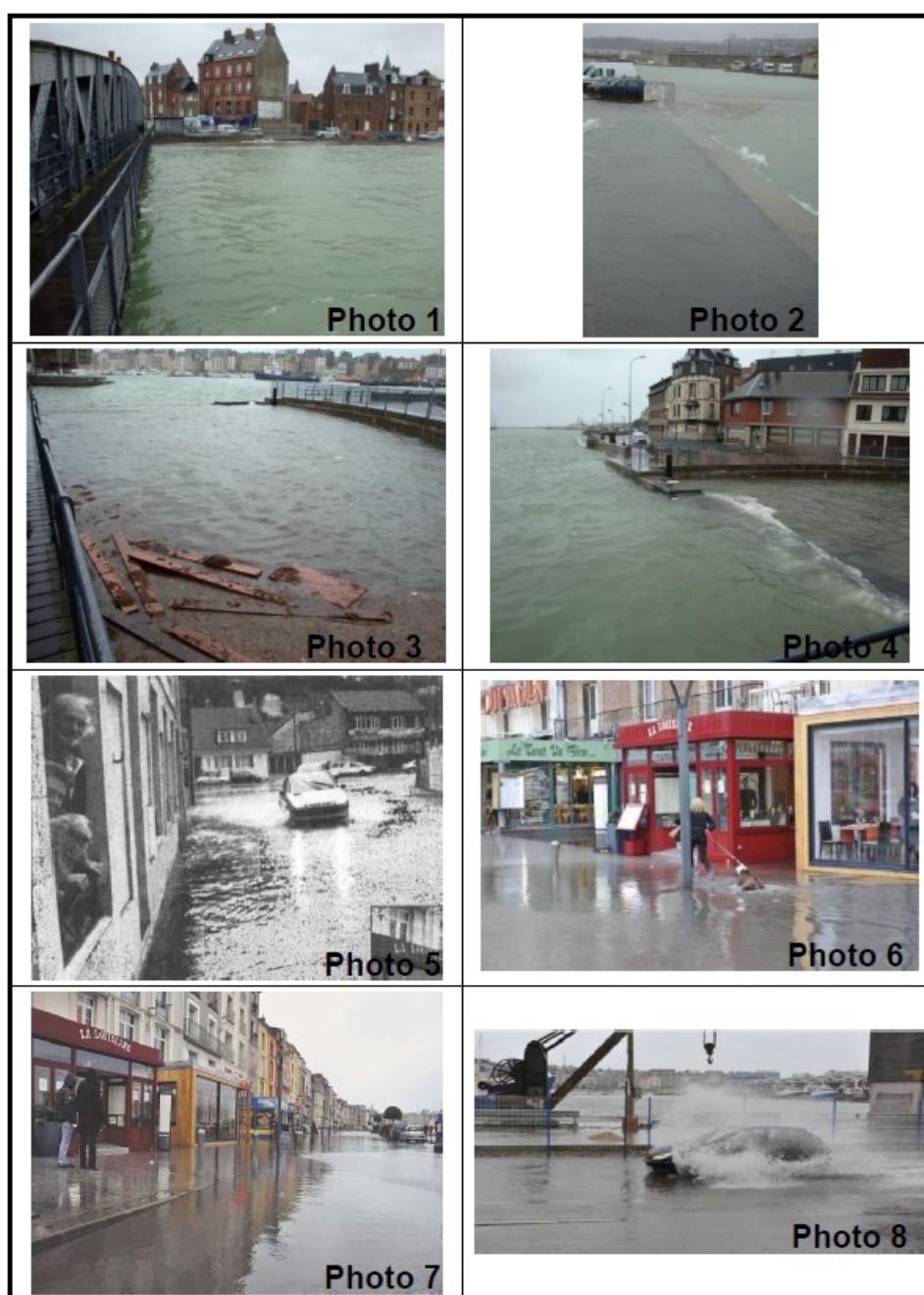


Figure 70: Photographies de la submersion lors de Xynthia (28/02/2010) à Dieppe
(Sources des photos : 1, 2, 3 et 4 : www.quiquengrogne-dieppe.com ; 5 et 7 : Les Informations Dieppoises ; 6 : Paris-Normandie)

Les résultats de simulation montrent un bon accord avec les photographies disponibles. On peut toutefois noter un écart au niveau du quai Henri IV, où les photographies montrent l'inondation d'une petite dépression topographique qui n'est pas reproduite par le modèle (dans la rue Levasseur, au quartier du Pollet, l'inondation est également légèrement sous-estimée). Ce point particulier a été analysé en détails.

L'analyse de la topographie à très haute résolution montre la présence d'un effet de seuil, le remplissage de cette dépression ne dépendant que d'un différentiel de quelques centimètres entre le niveau marin maximal observé durant Xynthia (6.03 m NGF avec une fréquence de 10 minutes) et la topographie (l'obstacle à franchir présente une altitude typiquement comprise entre 6.02 et 6.08 m NGF d'après les données du RGE-ALTI). Ces écarts sont largement inférieurs à la précision des données disponibles (par exemple de l'ordre de 15 à 20 cm pour

les données LiDAR), mais un levé topographique complémentaire réalisé par le BRGM au GPS centimétrique sur ce secteur a permis de vérifier la validité du MNE sur ce secteur. Des tests de sensibilité ont été menés et ont permis de vérifier la sensibilité de l'inondation de cette dépression à l'effet de seuil, l'ajout de quelques centimètres au niveau moyen (représentant par exemple l'agitation dans les bassins du port ou la présence de seiches) permettant d'inonder cette dépression de manière conforme aux photographies. Toutefois, il est probable que l'inondation de cette dépression s'explique par des **remontées d'eau de mer dans le réseau d'eau pluviales** (non pris en compte dans la présente étude) : en effet, l'altitude du plan d'eau dans le port durant la tempête Xynthia s'est élevée 20 à 30 cm au-dessus de celle du sol dans la dépression, et l'analyse des plans du réseau d'évacuation des eaux pluviales montre qu'une canalisation la relie directement au port. La Figure 71 montre ainsi que l'évacuation située sur le quai Henri IV est directement reliée à l'exutoire Ex6. Cet exutoire est indiqué comme équipé d'un clapet anti-retour pour éviter les intrusions marines dans le réseau, mais il est possible que ce clapet ait été installé postérieurement à la tempête Xynthia (date d'installation rapportée comme correspondant à cette période).

La même explication peut être apportée pour la sous-estimation de l'inondation dans la rue Levasseur, au quartier du Pollet : l'exutoire Ex15 n'est pas équipé de clapet anti-retour, ce qui a pu permettre à l'eau de mer de remonter dans le réseau par pression hydrostatique (l'altitude la zone inondée de la rue Levasseur à la photo 5 de la Figure 70 étant de 20 à 30 cm en dessous de celle atteinte par le plan d'eau dans le port). Il est d'ailleurs rappelé que ce type de phénomène a par exemple été rapporté dans cette même rue Levasseur lors de la tempête de novembre 1984.

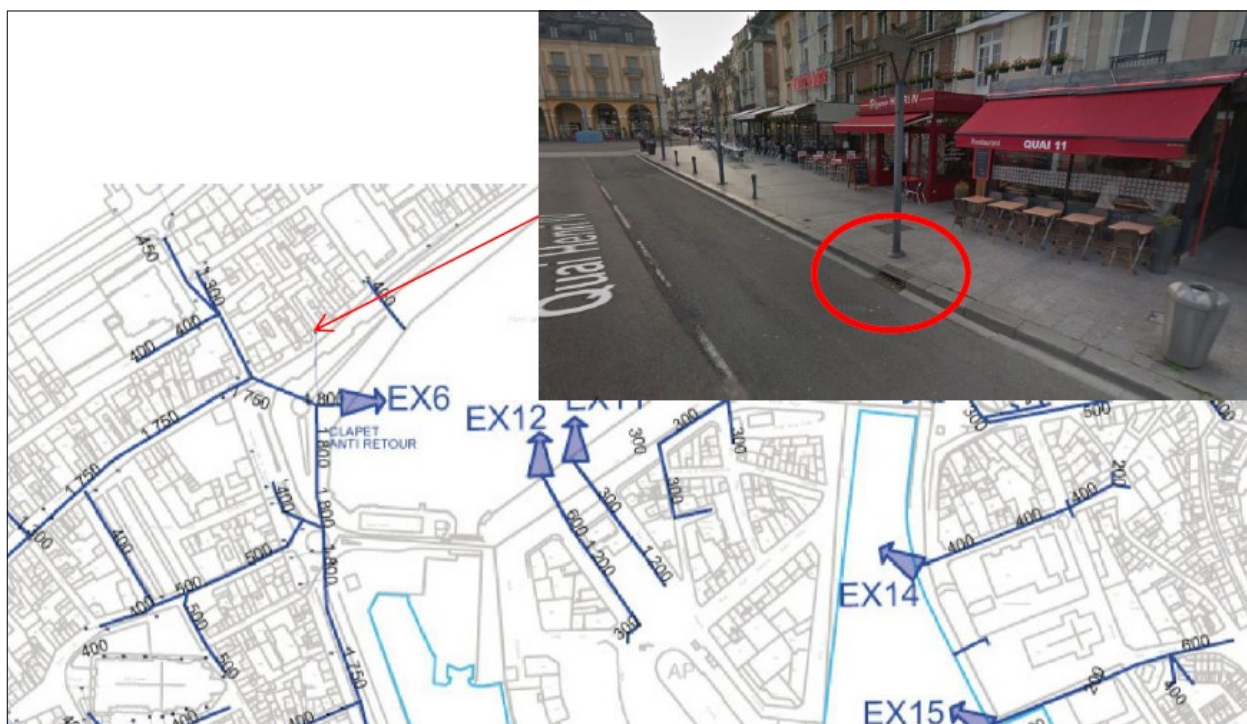


Figure 71: Aperçu des réseaux d'eau pluviale au niveau du port de Dieppe (extrait du Schéma de gestion des eaux pluviales de septembre 2012, Plan Local d'Urbanisme de Dieppe) et de l'évacuation sur le quai Henri IV (photographie Google StreetView)

4.4. Détermination de l'événement naturel de référence et du scénario de référence

4.4.1. Détermination de l'événement naturel de référence

Au chapitre Chapitre 4 : ont été identifiées plusieurs combinaisons centennales au large, notés ER 1 à ER 13 (Cf tableau Figure 36). Toutes n'auront cependant pas les mêmes conséquences à la côte en termes de submersion marine, certaines n'occasionnant même que des inondations limitées du fait de niveaux d'eau trop faibles ou de vagues trop petites.

Il convient donc, conformément aux prescriptions du guide PPRL, d'identifier suivant les secteurs la combinaison centennale la plus pénalisante en termes de volume d'eau entrant. Si ces événements diffèrent selon les secteurs considérés, c'est leur combinaison qui va constituer l'**événement naturel de référence**, utilisé pour la cartographie de l'aléa.

4.4.1.1. Propagation des vagues depuis le large

La propagation des vagues associées à chaque événement de référence depuis le large jusqu'à la côte a été réalisée avec le modèle WW3 sur la grille R0 (paragraphe 4.3.3), en considérant des conditions de vagues stationnaires correspondant aux combinaisons centennales sélectionnées.

Des premières simulations ont été réalisées en conditions stationnaires (niveau marin constant) et ont permis de montrer :

- Un faible impact du niveau marin sur le comportement des vagues (entre les niveaux marins à échéance actuelle et à échéance 100 ans) ;
- Que le déferlement des vagues se produit sur la plage elle-même du fait des niveaux d'eau importants considérés ;
- Que l'intérieur du port est bien protégé des vagues, puisque même pour des vagues de 4 m au large l'agitation dans le port reste inférieure à 50 cm (Cf. Figure 72).

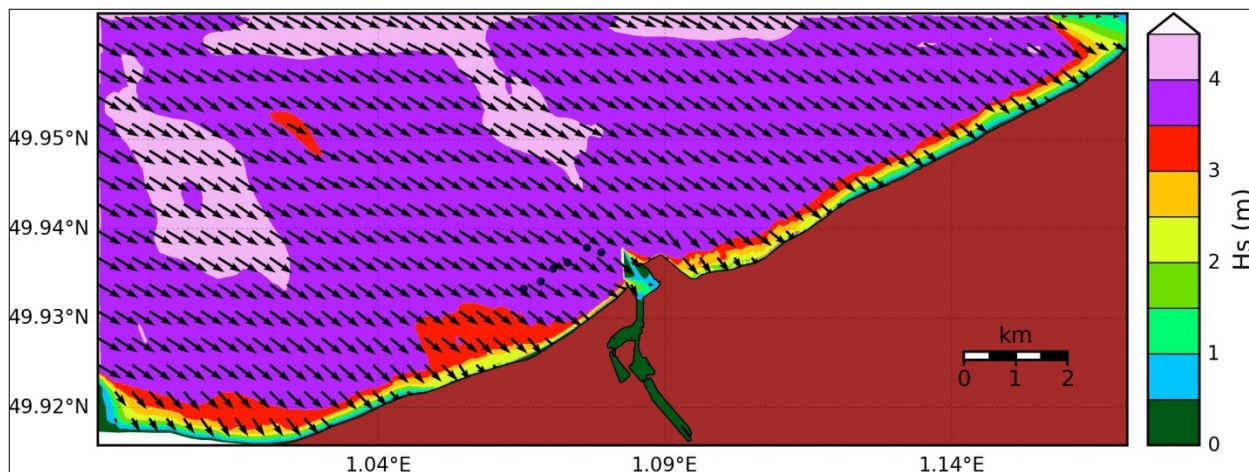


Figure 72: Aperçu de la carte des hauteurs significatives des vagues en conditions stationnaires pour la combinaison ER 5

Les simulations en conditions instationnaires (évolution du niveau marin suivant les chronologies présentées au paragraphe 4.3.3.2) apportent en plus une modulation à la côte des vagues par le signal de niveau d'eau. Ce sont ces résultats qui sont utilisés pour la suite de l'étude.

4.4.1.2. Calcul de la surcote liée au déferlement des vagues (*wave setup*) et des niveaux d'eau

Le chainage entre WW3 et MARS-2DH permet de calculer les niveaux d'eau résultant à la côte de l'interaction entre les évolutions du niveau d'eau au large et le déferlement des vagues, et donc le *wave setup* (surcote générée par le déferlement des vagues).

Ce calcul a été réalisé par une simulation complète des événements sur la grille R1 (résolution 10 m). Les résultats montrent que, si la surcote maximale liée aux vagues (*wave setup*) sur la plage peut être importante (+10 à +20 cm), elle reste d'ordre centimétrique à infra-centimétrique à l'intérieur du port (Cf. Figure 73). L'hypothèse de vagues venant du Nord a également été envisagée pour les combinaisons ER 11 et ER 12, comme évoqué au paragraphe 4.3.3.2, mais n'apporte pas de *wave setup* plus importants.

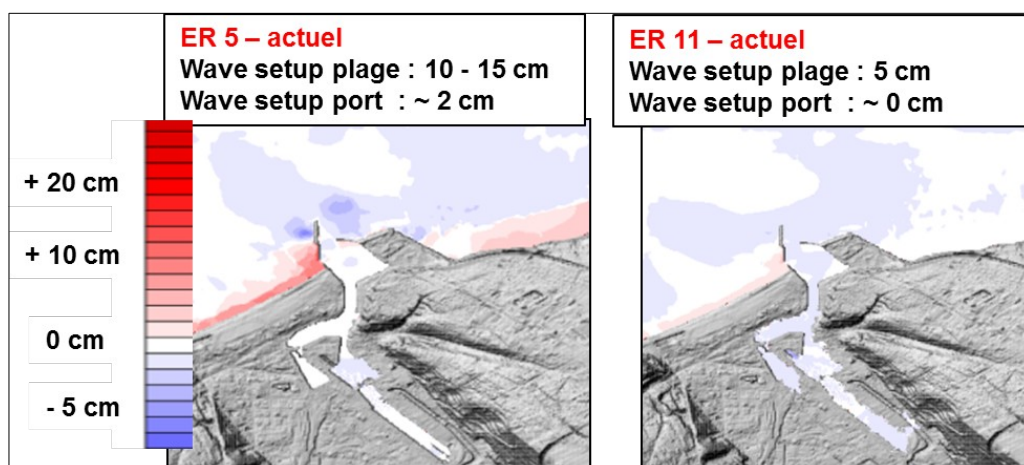


Figure 73: Exemple de l'estimation du *wave setup* pour les combinaisons centennales ER 5 et ER 11 à échéance actuelle

Cette surcote liée au déferlement des vagues (*wave setup*) particulièrement faible dans le port a pour conséquence une contribution négligeable des vagues au niveau marin total à l'intérieur du port, et donc au phénomène de débordement.

Par conséquent, pour ce qui concerne le débordement à l'intérieur du port, c'est la combinaison ER 13 (niveau d'eau centennal et absence de vagues) qui s'avère la plus pénalisante en termes de submersion. Cela a été vérifié par la simulation des différentes combinaisons sur la grille R1, et conduit à **retenir la combinaison centennale ER 13 comme correspondant à l'événement de référence** pour les zones affectées par le dé

44bordement du port. Il est rappelé qu'un débit stationnaire de l'Arques correspondant au débit journalier moyen de période de retour annuelle a été considéré ($28 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, paragraphe 4.3.3.2).

On peut noter que pour cette combinaison, les conditions de forçage utilisées pour les modélisations correspondent à des niveaux d'eau bien supérieurs à la cote des quais (niveau d'eau centennal, incertitudes, effet du changement climatique) et conduisent bien à un phénomène de débordement dominant au niveau du port, les effets de franchissement par les phénomènes de haute fréquence (clapot, vagues, seiches) devenant négligeables (au niveau du port).

4.4.1.3. Calcul des franchissements sur la grande plage

Les franchissements par paquets de mer ont été simulés avec le modèle SWASH en suivant la méthode présentée au paragraphe 4.3.5, pour les combinaisons centennales ER 5 à ER 12 aux 2 échéances considérées (actuelle et 100 ans).

Les débits associés à chaque profil ont ainsi pu être calculés, puis convertis en volume cumulé franchissant les sections pour chaque combinaison centennale par la prise en compte de la longueur des tronçons concernés (Cf. Figure 74).

Volume franchissant linéique à échéance actuelle					Volume franchissant cumulé à échéance actuelle					
Combinaison	Volume linéique franchissant le Profil 1 (m³/m)	Volume linéique franchissant le Profil 2 (m³/m)	Volume linéique franchissant le Profil 3 (m³/m)	Volume linéique franchissant le Profil 4 (m³/m)	Combinaison	Volume cumulé (499 m) franchissant la Section 1 (m³)	Volume cumulé (274 m) franchissant la Section 2 (m³)	Volume cumulé (520 m) franchissant la Section 3 (m³)	Volume cumulé (4.6 m) franchissant la Section 4 (m³)	Volume total cumulé franchissant la plage (m³)
ER 5	217.63	424.47	24.98	538.18	ER 5	108 545.4	116 296.5	13 004.9	2 475.6	240 322.4
ER 6	466.36	396.65	15.50	625.82	ER 6	232 598.4	108 674.0	8 068.1	2 878.8	352 219.3
ER 7	562.09	400.47	30.60	740.71	ER 7	280 343.8	109 719.7	15 928.0	3 407.3	409 398.7
ER 8	517.58	404.07	18.99	713.60	ER 8	258 144.4	110 705.8	9 883.0	3 282.6	382 015.7
ER 9	401.02	279.59	9.75	636.46	ER 9	200 009.9	76 603.2	5 073.9	2 927.7	284 614.8
ER 10	274.15	229.34	3.66	469.41	ER 10	136 735.8	62 834.4	1 906.9	2 159.3	203 636.4
ER 11	97.65	109.89	0.31	215.22	ER 11	48 701.2	30 106.8	163.4	990.0	79 961.4
ER 12	0.00	0.00	0.00	0.00	ER 12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Volume franchissant linéique à échéance 100 ans					Volume franchissant cumulé à échéance 100 ans					
Combinaison	Volume linéique franchissant le Profil 1 (m³/m)	Volume linéique franchissant le Profil 2 (m³/m)	Volume linéique franchissant le Profil 3 (m³/m)	Volume linéique franchissant le Profil 4 (m³/m)	Combinaison	Volume cumulé (499 m) franchissant la Section 1 (m³)	Volume cumulé (274 m) franchissant la Section 2 (m³)	Volume cumulé (520 m) franchissant la Section 3 (m³)	Volume cumulé (4.6 m) franchissant la Section 4 (m³)	Volume total cumulé franchissant la plage (m³)
ER 5	576.87	816.22	89.64	1 106.62	ER 5	287 717.1	223 628.2	46 661.7	5 090.5	563 097.4
ER 6	938.22	801.80	75.12	1 243.56	ER 6	467 943.8	219 678.1	39 104.2	5 720.4	732 446.6
ER 7	1 096.28	827.27	121.71	1 422.45	ER 7	546 777.3	226 655.9	63 357.8	6 543.3	843 334.3
ER 8	1 024.35	803.00	97.38	1 388.62	ER 8	510 901.0	220 006.1	50 691.9	6 387.6	787 986.7
ER 9	856.52	665.90	68.39	1 294.05	ER 9	427 195.3	182 443.2	35 601.7	5 952.6	651 192.8
ER 10	642.26	540.91	31.23	1 007.08	ER 10	320 328.8	148 199.8	16 257.9	4 632.6	489 419.0
ER 11	294.83	308.99	6.23	543.26	ER 11	147 048.9	84 656.1	3 241.4	2 499.0	237 445.4
ER 12	0.00	0.00	0.00	9.56	ER 12	0.0	55.8	0.0	44.0	99.8

Figure 74: Volumes linéiques franchissant chaque profil (à gauche) et volumes cumulés franchissant chaque tronçon et la plage (à droite) pour les combinaisons centennales ER 5 à ER 12 aux échéances actuelle (en haut) et 100 ans (en bas)

Le cumul des volumes franchissant le haut de plage pour chaque combinaison centennale montre que l'événement le plus pénalisant en termes de submersion (i.e. en termes de volume d'eau entrant) pour la grande plage de Dieppe est celui correspondant à la **combinaison centennale ER 7**, qui constitue donc l'événement de référence pour ce secteur.

4.4.1.4. Calcul des franchissements sur la plage de Puys

Comme évoqué au paragraphe 4.3.5.1, les franchissements qui peuvent survenir sur la plage de Puys sont directement soumis à un contrôle topographique du fait de la morphologie encaissée du vallon. Des calculs de débits franchissants n'auraient donc pas de sens, car les volumes franchis retourneraient naturellement à la mer une fois la zone basse remplie.

Il a donc été choisi d'effectuer les simulations de franchissements avec le modèle SWASH en conditions stationnaires (i.e. à niveau d'eau constant et avec des caractéristiques des vagues constantes) avec un niveau marin maximum (pleine mer) afin de déterminer le *runup* maximal atteint par les vagues.

Comme précédemment, ces simulations ont été réalisées pour les combinaisons centennales ER_5 à ER_12 aux échéances actuelle et 100 ans.

Échéance actuelle	Run-up (m NGF)	Échéance 100 ans	Run-up (m NGF)
ER_5	9.9	ER_5	10.6
ER_6	9.3	ER_6	10.6
ER_7	9.9	ER_7	10.6
ER_8	9.9	ER_8	10.6
ER_9	9.3	ER_9	9.9
ER_10	9.3	ER_10	9.9
ER_11	9.1	ER_11	9.3
ER_12	8.0	ER_12	8.9

Figure 75: Runup atteint au niveau de la plage de Puys pour les combinaisons centennales ER 5 à ER 12 aux échéances actuelle (à gauche) et 100 ans (à droite)

Les résultats s'avèrent globalement assez homogènes d'une combinaison centennale à l'autre, les différences ne relevant finalement que de quelques mailles de calcul le long du profil. Les résultats obtenus montrent toutefois que les combinaisons centennales ER_5, ER_7 et ER_8 conduisent aux *runup* les plus importants. Par cohérence avec la grande plage, c'est donc la combinaison ER_7 qui est retenue pour définir l'événement de référence sur la plage de Puys.

4.4.1.5. Définition de l'événement naturel de référence

L'événement naturel de référence considéré pour la cartographie de l'aléa sur le secteur de Dieppe est donc constitué de 2 des combinaisons centennales retenues au paragraphe Erreur : source de la référence non trouvée : la combinaison ER 13 est à considérer pour caractériser la submersion par débordement dans le port, et la combinaison ER 7 est à considérer pour caractériser la submersion par franchissements de paquets de mer sur la grande plage et la plage de Puys.

L'événement naturel de référence se définit donc tel que synthétisé à la Figure 76, par les caractéristiques au large (niveaux d'eau et vagues) issues des combinaisons centennales ER 13 et ER 7, en intégrant dans le niveau marin de référence les +0,25 m pour la prise en compte des incertitudes et les +0,2 m pour l'élévation du niveau de la mer (Cf. paragraphe 4.1.9.1, cette valeur étant portée à +0,6 m pour l'aléa à échéance 100 ans). Au niveau des plages, le *wave setup* n'a pas été évalué explicitement, mais il est intégré de fait par les simulations SWASH.

Port de Dieppe					Plages (grande plage & Puys)			
Niveau d'eau au large (m NGF)	Niveau marin de référence à la côte (m NGF)	Hauteur significative (Hs) des vagues au large (m)	Période Pic (Tp) des vagues au large (s)	Débit Arques (m ³ .s ⁻¹)	Niveau d'eau au large (m NGF)	Niveau marin de référence à la côte (m NGF)	Hauteur significative (Hs) des vagues au large (m)	Période Pic (Tp) des vagues au large (s)
5.82	6.27	Pas de vagues	Pas de vagues	28	5.25	5.70 (+ wave setup SWASH)	3.66	11.4

Figure 76: Paramètres de l'événement naturel de référence pour la cartographie de l'aléa de référence

4.4.2. Scénario de référence (Dispositifs hydrauliques)

Pour caractériser l'aléa submersion marine, le guide méthodologique (MEDDE, mai 2014) prévoit la réalisation de plusieurs scénarios basés sur différentes hypothèses de prise en compte des structures de protection côtière (ruine généralisée ou défaillances ponctuelles) afin de définir *in fine* le scénario de référence (à l'échelle du bassin d'étude de l'aléa, le scénario de référence peut donc éventuellement contenir différentes hypothèses concernant le

comportement des structures de protection). Ce chapitre présente les différentes hypothèses envisagées concernant les dispositifs hydrauliques, et celles finalement retenues pour définir le scénario de référence.

4.4.2.1. Scénario de Ruine généralisée des ouvrages

En l'absence d'ouvrages et de structures de protection côtière, le scénario de ruine généralisée a été appliqué uniquement aux dispositifs hydrauliques identifiés au paragraphe . Dans ce scénario, les 2 pertuis ont donc été considérés comme absents (i.e. toujours ouverts), ainsi que les clapets anti-retour des buses de l'Arques (circulation possible de l'eau dans les deux sens).

4.4.2.2. Scénario de défaillances des dispositifs hydrauliques

Cette phase s'est réalisée en concertation avec le comité de suivi technique de l'étude. Différents scénarios ont par ailleurs été testés par la simulation numérique (en considérant la défaillance dès le début de la simulation), afin de quantifier quels étaient leurs impacts sur la submersion.

Concernant chacun des deux pertuis, 2 hypothèses de défaillance ont été envisagées :

- **Les pertuis restent bloqués en position ouverte** (scénario équivalent à la ruine généralisée pour ce qui concerne les pertuis) : des simulations numériques ont été réalisées à grande échelle (résolution d'environ 10 m) et ont permis de mettre en évidence que cette défaillance n'apportait **pas de modification significative en termes de submersion** par rapport à un scénario avec les pertuis fonctionnels (les bassins se vidangent totalement à marée basse, mais les pertuis sont suffisamment larges pour permettre un remplissage total à marée haute).
- **Les pertuis restent bloqués en position fermée** : cette configuration a également été testée par des simulations numériques à grande échelle (résolution d'environ 10 m) ; les résultats montrent que **la submersion peut alors être très significativement réduite** du fait que les bassins ne peuvent se remplir que lentement par surverse par-dessus les pertuis, d'où des niveaux marins moins importants dans les bassins que si les pertuis étaient fonctionnels, et donc des débordements réduits d'autant.

Concernant les buses de l'Arques, 2 hypothèses de défaillance ont également été envisagées :

- **Les clapets anti-retour restent ouverts** (scénario équivalent à la ruine généralisée pour ce qui concerne les buses) : des simulations numériques ont été réalisées à grande échelle (résolution de 10 m) et à très haute résolution (résolution de 2 m) et ont permis de mettre en évidence que cette défaillance avait un **impact limité** par rapport à une configuration où les buses sont fonctionnelles : la submersion marine au niveau de la ville de la Dieppe n'est alors pas significativement modifiée, tandis que les alentours du lit de l'Arques sont légèrement plus impactés du fait de la remontée du niveau marin dans le lit de l'Arques par les buses.
- **Les clapets anti-retour restent fermés** : cette configuration a été exclue du fait qu'elle conduirait surtout à une accumulation et à un débordement de l'eau de la rivière dans son lit, ce qui rejoindrait plutôt une problématique d'**inondation fluviale** sans réelle interaction avec la submersion marine.

4.4.2.3. Choix du scénario de référence

Le scénario de référence se définit par l'évènement naturel de référence avec une hypothèse de prise en compte des structures de protection contre la submersion marine.

En l'absence d'ouvrage de protection identifié sur la zone d'étude, seules les hypothèses concernant les dispositifs hydrauliques sont considérées pour définir le scénario de référence.

Dans le cadre des études PPRL, la méthode appliquée doit nécessairement envisager une défaillance de ces dispositifs (MEDDE, 2014) : « *Etant conditionnés par une action humaine, mécanique ou électrique, leur mobilisation pour atténuer l'effet de l'inondation n'est pas assurée par exemple lors d'événements météorologiques successifs, en cas de mauvais entretien, du fait de difficultés d'accès ou de pièce de rechange manquante... Un fonctionnement anormal de ces dispositifs et/ou pessimiste en termes d'inondation doit être pris en compte par défaut.* ».

Par conséquent, en concertation avec le comité de suivi technique de l'étude, les hypothèses concernant le scénario de référence correspondent à des **défaillances des 3 dispositifs hydrauliques, lesquels sont considérés comme restant ouverts lors de l'événement**. Les hypothèses associées au scénario de référence sont donc les mêmes que celles du scénario de ruine généralisée.

La synthèse des résultats ainsi obtenus par la simulation numérique est présentée au chapitre 4.5. La carte de l'aléa du scénario de référence, c'est-à-dire l'aléa de référence, est présentée dans le dossier cartographique annexé au présent rapport.

4.4.3. Cartographie « statique » de la submersion

Conformément aux préconisations du guide PPRL, les zones basses ont été identifiées par croisement entre la topographie et le niveau marin de référence. Cette étape a été réalisée pour les échéances actuelle (niveau marin de référence de 6,27 m NGF, correspondant aux 5,82 m centennaux, augmentés de 0,25 m pour la prise en compte des incertitudes et de 0,2 m pour la prise en compte de l'élévation du niveau marin) et 100 ans (niveau marin de référence de 6,67 m NGF, correspondant aux 5,82 m centennaux, augmentés de 0,25 m pour la prise en compte des incertitudes et de 0,6 m pour la prise en compte de l'élévation du niveau marin).

Cette carte a été établie à partir du MNT issu du RGE ALTI à **1 m de résolution**. L'ensemble des mailles du MNT dont l'altitude est inférieure au niveau marin considéré a été identifié, puis ces secteurs de zones basses ont été convertis au format vecteur. Les cartes ont ensuite été corrigées de manière à ce que les zones dont l'altitude est inférieure à celle du niveau marin de référence, mais qui ne sont pas « connectées » à la mer par des zones similaires (par exemple parce que séparées d'elles par des talus ou des remblais) soient supprimées de cette cartographie.

Les résultats obtenus aux 2 échéances considérées sont représentés aux Figure 77 et Figure 78.

Ces résultats indiquent une étendue des zones basses très importante, mais ne prennent pas en compte la dynamique de l'événement (cela correspondrait à la zone inondée si le niveau de la mer restait sur une durée infinie au niveau marin de référence).

Ces cartes mettent également en évidence que certaines des rues les plus basses du centre-ville de Dieppe peuvent être submergées par débordement pour le niveau marin à échéance 100 ans.

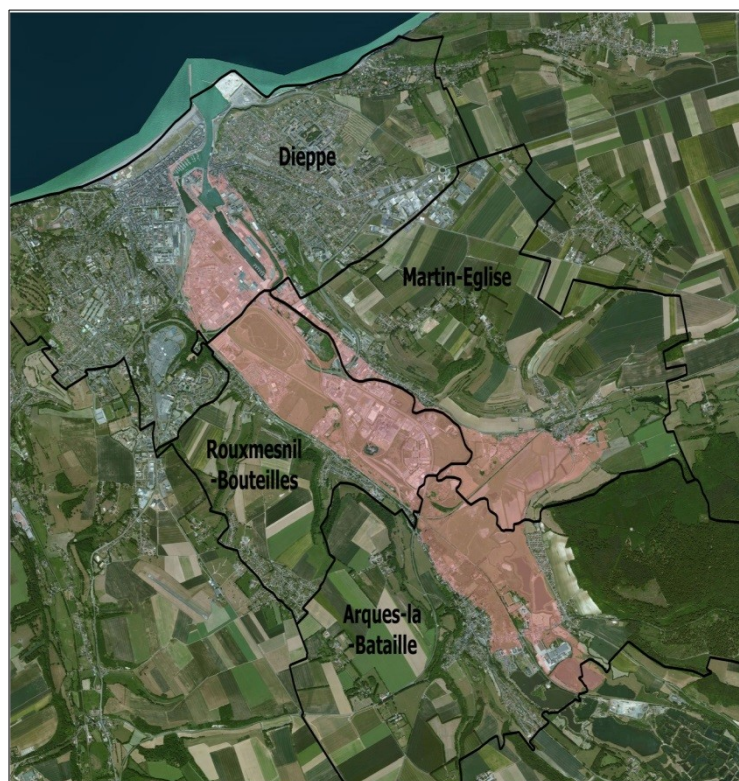


Figure 77: Cartographie « statique » de la submersion à l'échéance actuelle (niveau marin de référence de 6,27 m NGF)

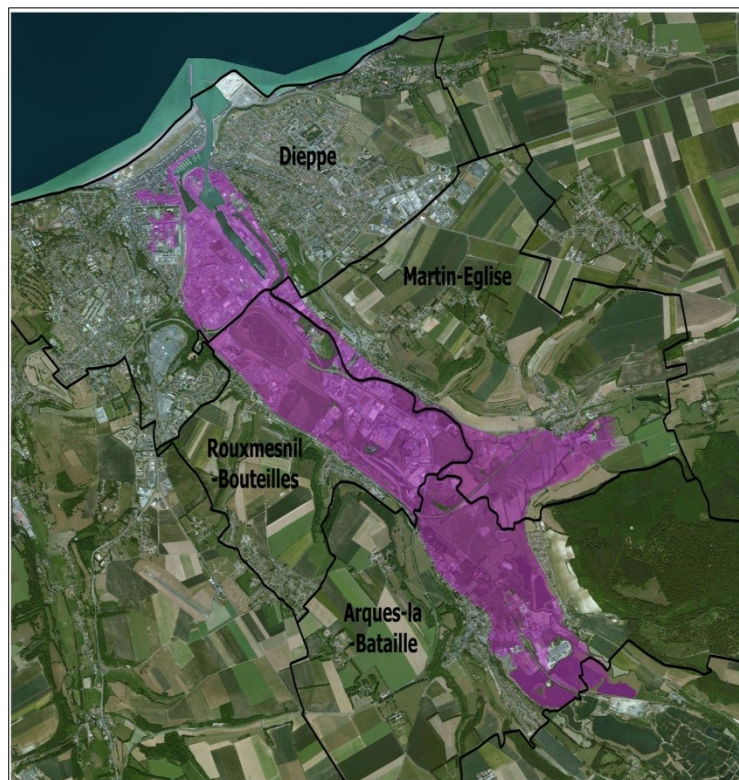


Figure 78: Cartographie « statique » de la submersion à l'échéance 100 ans (niveau marin de référence de 6,67 m NGF)

4.5. Aperçu des résultats de simulation

La chaîne de modélisation mise en place (chapitre 4.3) a été utilisée pour simuler la submersion associée à l'événement naturel de référence (chapitre 4.4), aux échéances actuelle et 100 ans. Pour cela, l'écoulement de l'Arques a tout d'abord été simulé sur l'emprise R1 de manière à déterminer le débit de l'Arques à la limite de l'emprise R2. La submersion par débordement au niveau du port a ensuite été simulée sur l'emprise R2 (résolution de 2 m). La submersion par franchissements de paquets de mer au niveau de la grande plage a par ailleurs été simulée à la même résolution.

4.5.1. Simulation de la submersion par débordement

Les simulations de la submersion par débordement causée par l'événement naturel de référence sous les hypothèses du scénario de référence (chapitre 4.4) ont ensuite été réalisées sur la grille R2 (chapitre 4.3), avec des forçages côté marin identiques à la grille R1 et un forçage de la rivière directement issu des simulations sur la grille R1.

4.5.1.1. Simulation de l'événement de référence à l'échéance actuelle

L'évolution de la submersion simulée à 2 m de résolution est présentée à la Figure 83, tandis que les résultats de cette simulation en termes de cote maximale du plan d'eau, de hauteurs d'eau maximales et de vitesses maximales des courants sont présentés respectivement aux Figure 80, Figure 81 et Figure 82.

Les résultats finaux montrent une submersion significative au niveau de la zone d'activité de Dieppe (ZAC Dieppe Sud), ce qui s'explique par sa topographie sensiblement plus basse que le pourtour du port en lui-même. Les quais du port sont également affectés dans une moindre mesure (quai Henri IV, quartier du Pollet, quai du Maroc...), ainsi que localement les rives de l'Arques.

L'analyse de la chronologie montre qu'à l'échéance actuelle le débordement commence environ 30 minutes avant le maximum du niveau marin (pleine mer) et se poursuit jusqu'à environ 30 minutes après. La simulation montre toutefois que l'eau qui a débordé du port continue à ruisseler et à se répartir dans les zones basses (notamment la ZAC, avec des hauteurs d'eau typiquement de 30 à 70 cm, localement 1 m) bien après que le débordement se soit terminé au niveau du port : les secteurs les plus éloignés du port seraient ainsi atteints par l'eau quelques dizaines de minutes après le pic du niveau marin. C'est également cette relative « brièveté » du débordement qui explique que la cote du plan d'eau s'atténue très rapidement lorsqu'on s'éloigne du port. Les écoulements atteignent des vitesses de 0,7 à plus de 1 m.s⁻¹ dans la plupart des rues inondées.

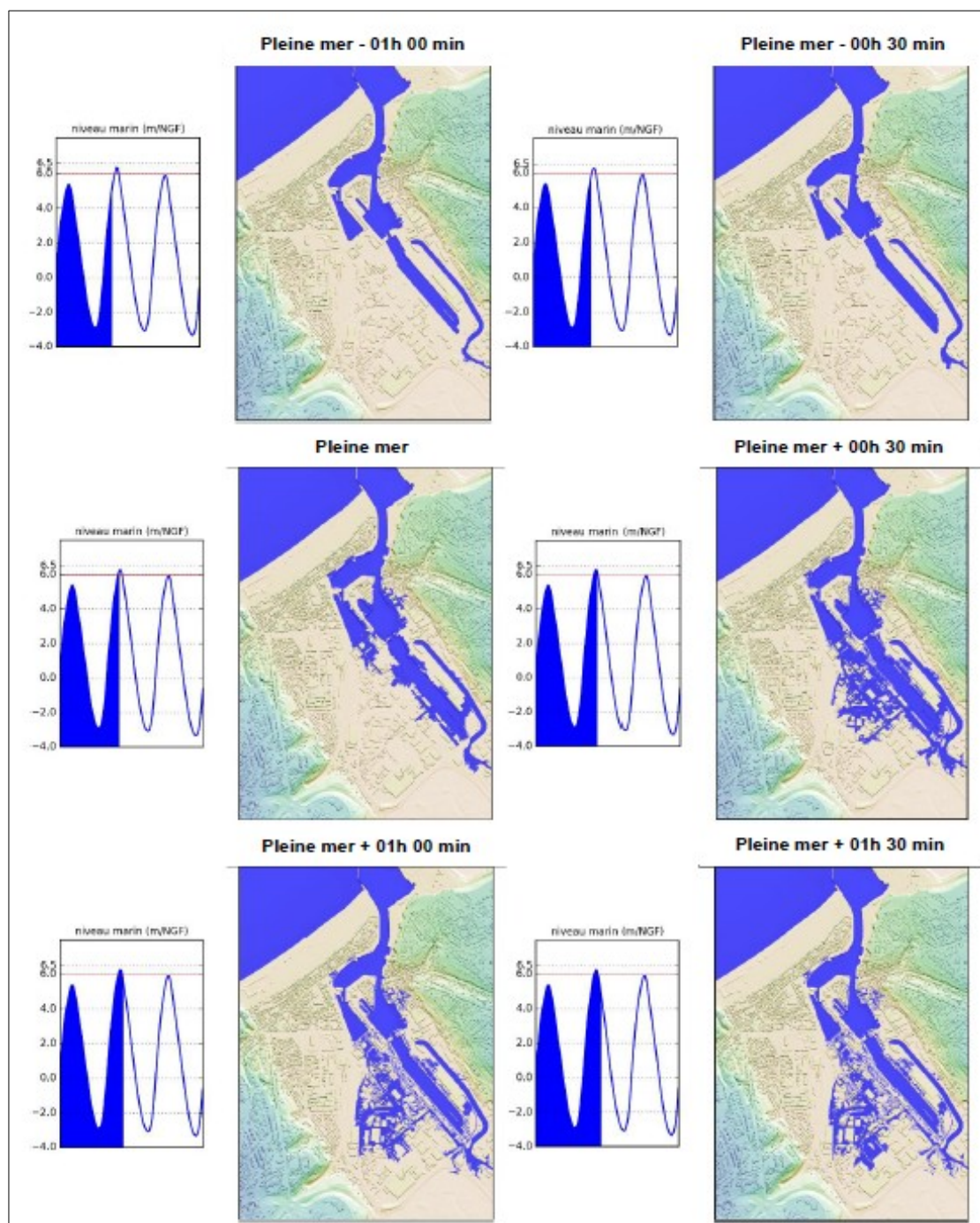


Figure 79: Aperçu de l'évolution de la submersion par débordement simulé sur la grille R2 (résolution 2 m) au cours de l'événement naturel de référence à l'échéance actuelle (les courbes à gauche des cartes indiquent le niveau d'eau considéré au cours des 3 cycles de marée, la ligne rouge indique la cote approximative des quais du port)

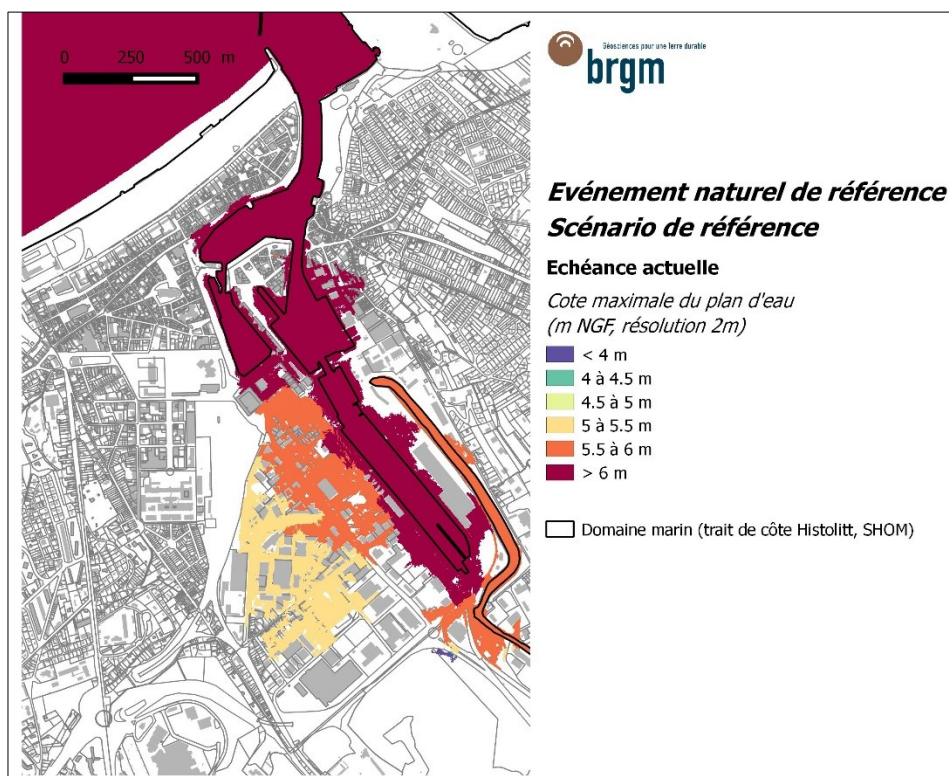


Figure 80: Cote maximale du plan d'eau au cours de la simulation du débordement à échéance actuelle

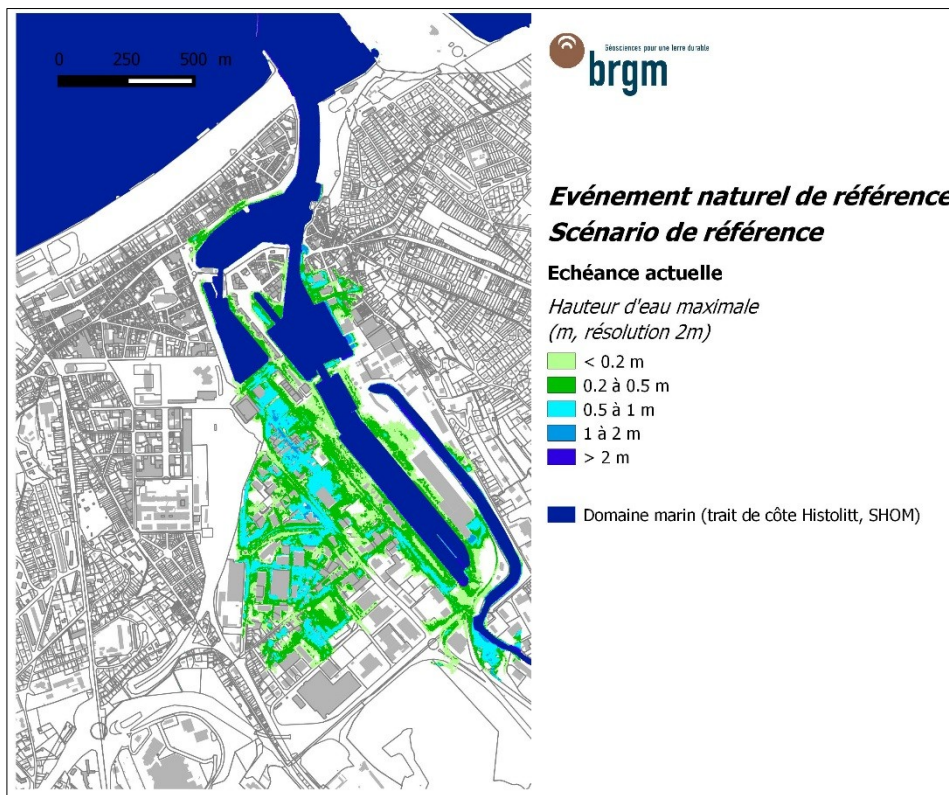


Figure 81: Hauteurs d'eau maximales au cours de la simulation du débordement à échéance actuelle

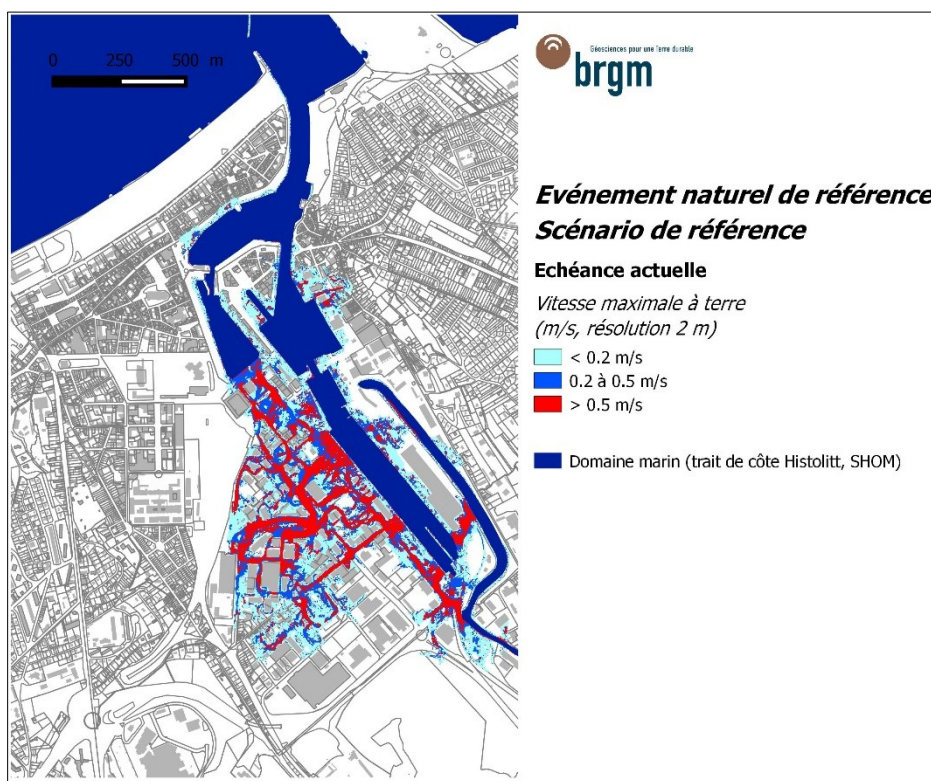


Figure 82: Vitesses maximales à terre au cours de la simulation du débordement à échéance actuelle

4.5.1.2. Simulation de l'événement de référence à l'échéance 100 ans

L'évolution de la submersion simulée à 2 m de résolution est présentée à la Figure 83, tandis que les résultats de cette simulation en termes de cote maximale du plan d'eau, de hauteurs d'eau maximales et de vitesses maximales des courants sont présentés respectivement aux Figure 84, Figure 86 et Figure 85.

L'inondation est logiquement beaucoup plus importante qu'à l'échéance actuelle, et affecte cette fois la quasi-totalité de la ZAC Dieppe Sud avec des hauteurs d'eau comprises entre 1 et 1,80 m dans la zone basse de la ZAC (voire localement plus de 2 m dans certains points bas), ainsi que la quasi-totalité des quais et l'hippodrome situé sur la commune de Rouxmesnil-Bouteilles. Contrairement à l'échéance actuelle, elle affecte également cette fois le centre-ville de Dieppe, notamment via la rue d'Écosse, inondée par 50 cm à plus de 1 m d'eau suivant les secteurs. Les vitesses des écoulements sont également sensiblement plus importantes qu'à l'échéance actuelle, et elles sont typiquement comprises entre 1 et plus de 2 m.s⁻¹ dans les principales rues qui canalisent l'inondation vers le Sud-Ouest.

A l'échéance 100 ans, la simulation montre que le débordement débute 50 minutes environ avant le pic de niveau marin et se poursuit jusqu'à environ 40 à 50 minutes après ce même pic. Cette durée de débordement plus importante qu'à l'échéance actuelle, couplée au fait que le niveau marin soit sensiblement plus élevé (40 cm de plus) conduit nécessairement à une cote du plan d'eau qui s'atténue moins rapidement en s'éloignant du port, et à un volume d'eau déversé à terre beaucoup plus important pour l'échéance 100 ans que pour l'échéance actuelle.

Il convient de noter qu'il n'y a pas de linéarité entre les hauteurs d'eau à terre et le niveau d'eau imposé en mer : les hauteurs d'eau à terre à échéance 100 ans sont globalement augmentées de plus de 40 cm par rapport à celles obtenues à l'échéance actuelle, du fait notamment du débordement qui se produit non seulement avec des débits supérieurs, mais pendant plus

longtemps (comme illustré à la Figure 87), mais aussi des effets de seuil. Cet aspect est illustré à la Figure 88: les hauteurs d'eau maximales ne sont augmentées de 40 cm qu'aux abords immédiats des zones de débordement (bassins du port), mais elles sont globalement augmentées de beaucoup plus ailleurs (typiquement de 1 m à 1,5 m dans la ZAC Dieppe Sud, localement de plus de 2 m à 2,5 m) ; elles ne sont augmentées de moins de 40 cm que dans des secteurs qui n'étaient pas inondés dans la simulation à échéance actuelle et qui se trouvent en limite d'inondation à échéance 100 ans, et donc affectées par de faibles hauteurs d'eau.

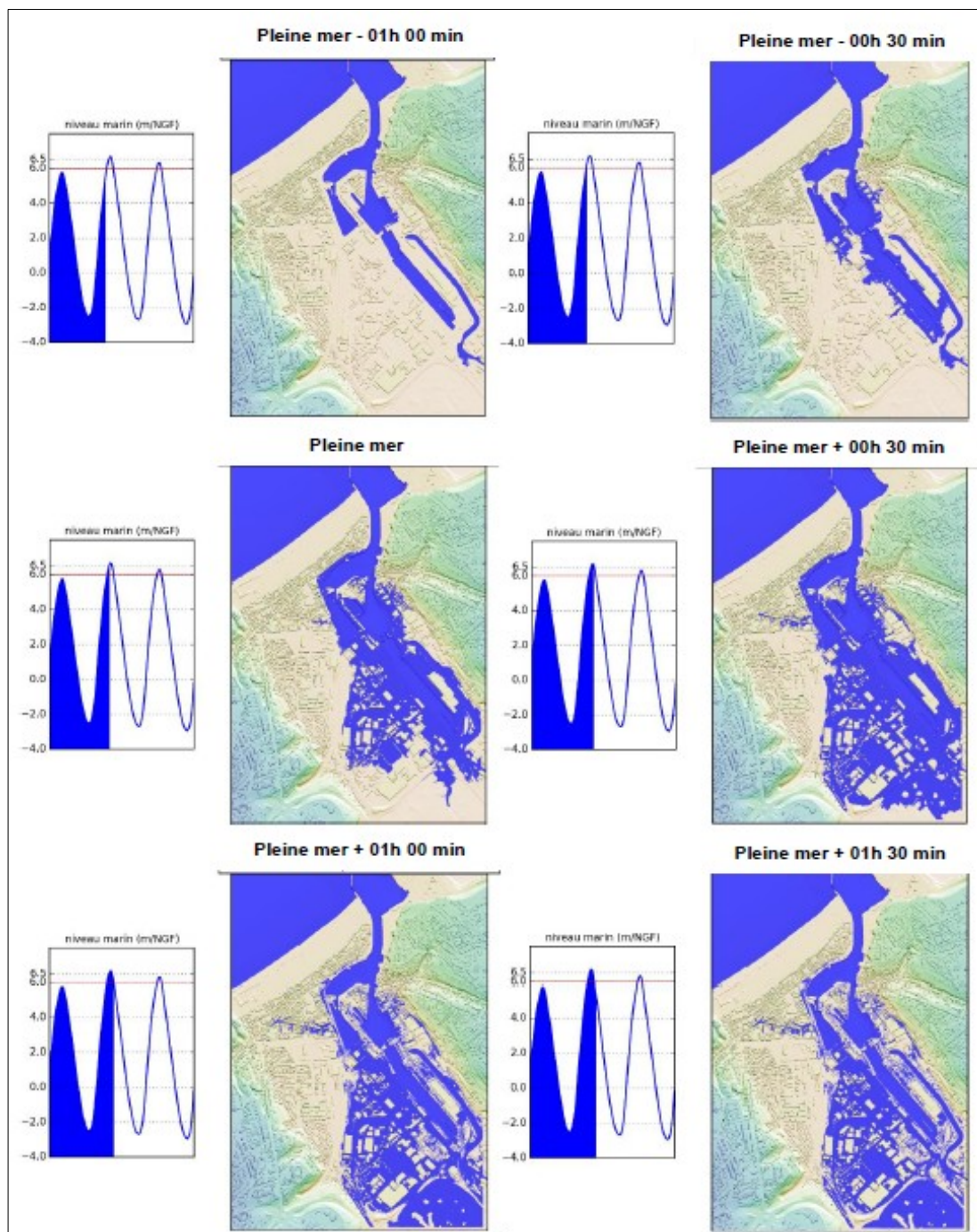


Figure 83: aperçu de l'évolution de la submersion par débordement simulée sur la grille R2 (résolution 2 m) au cours de l'événement naturel de référence à l'échéance 100 ans (les courbes à gauche des cartes indiquent le niveau d'eau considéré au cours des 3 cycles de marée, la ligne rouge indique la cote approximative des quais du port).

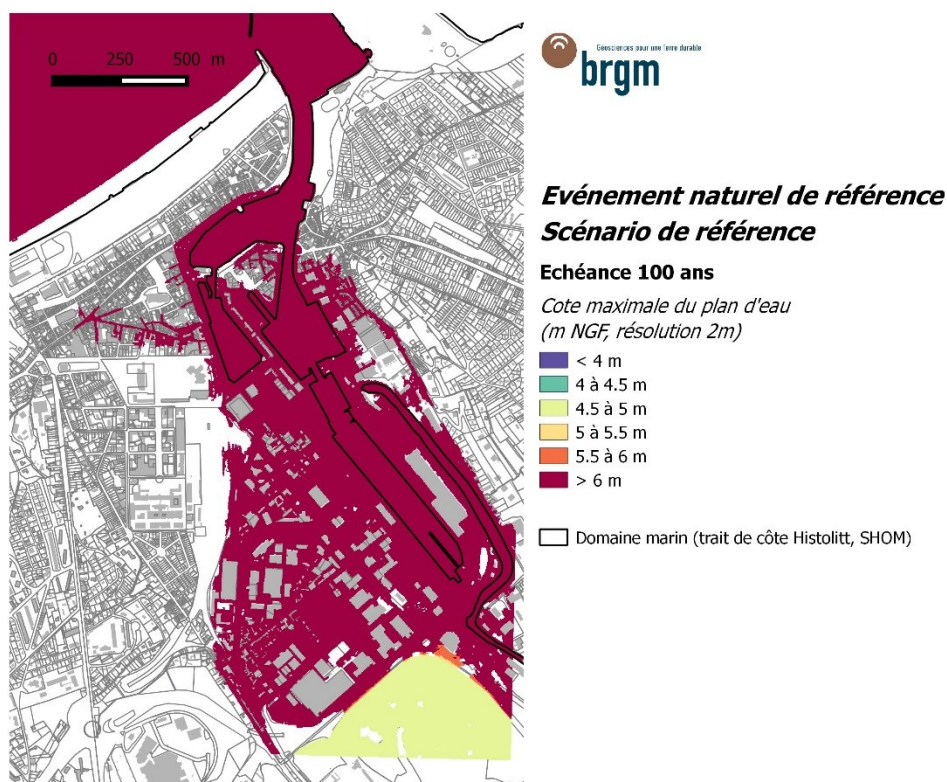


Figure 84: Cote maximale du plan d'eau au cours de la simulation du débordement à échéance 100 ans

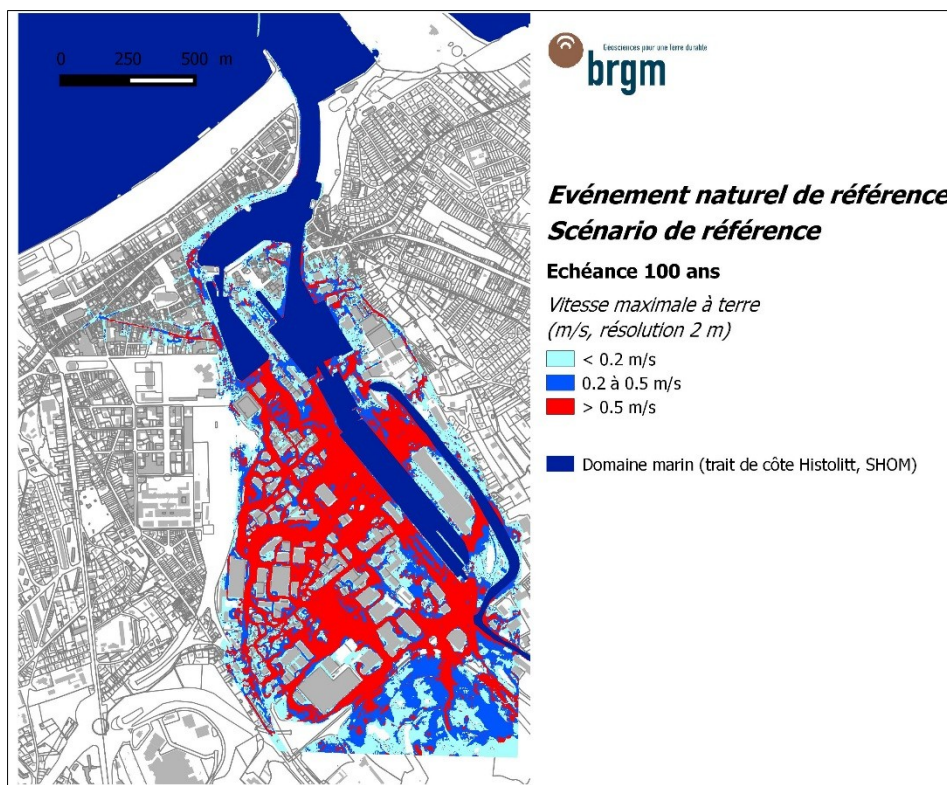


Figure 85: Vitesses maximales à terre au cours de la simulation du débordement à échéance 100 ans

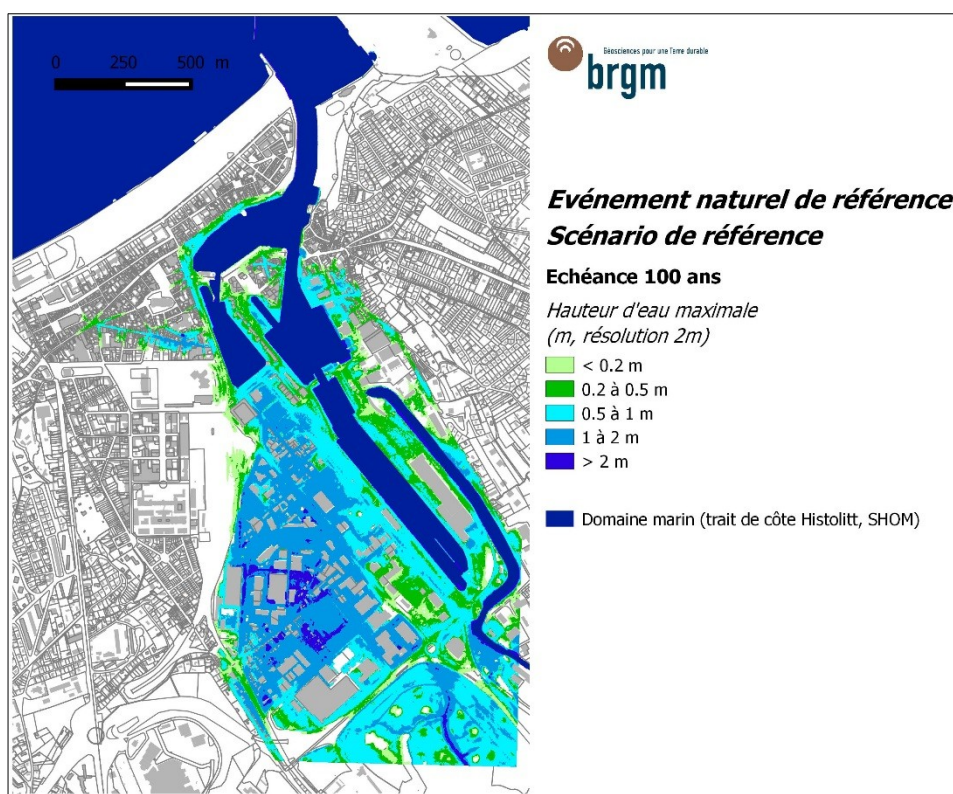


Figure 86: Hauteurs d'eau maximales au cours de la simulation du débordement à échéance 100 ans

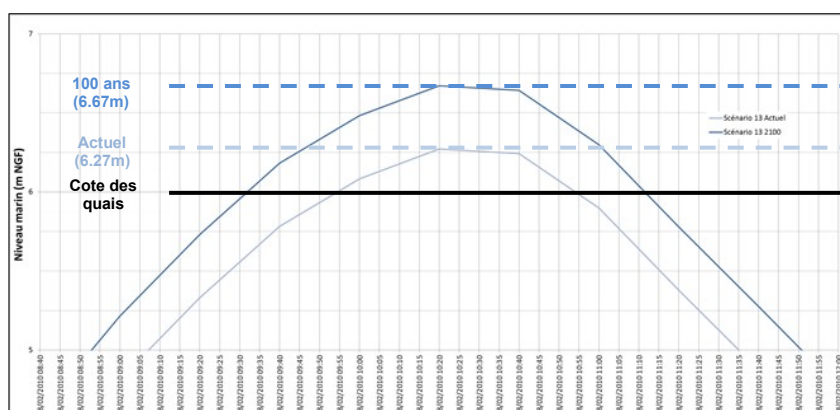


Figure 87: Evolution du niveau marin aux alentours des pics des niveaux marins aux échéances actuelle et 100 ans et cote approximative des quais du port

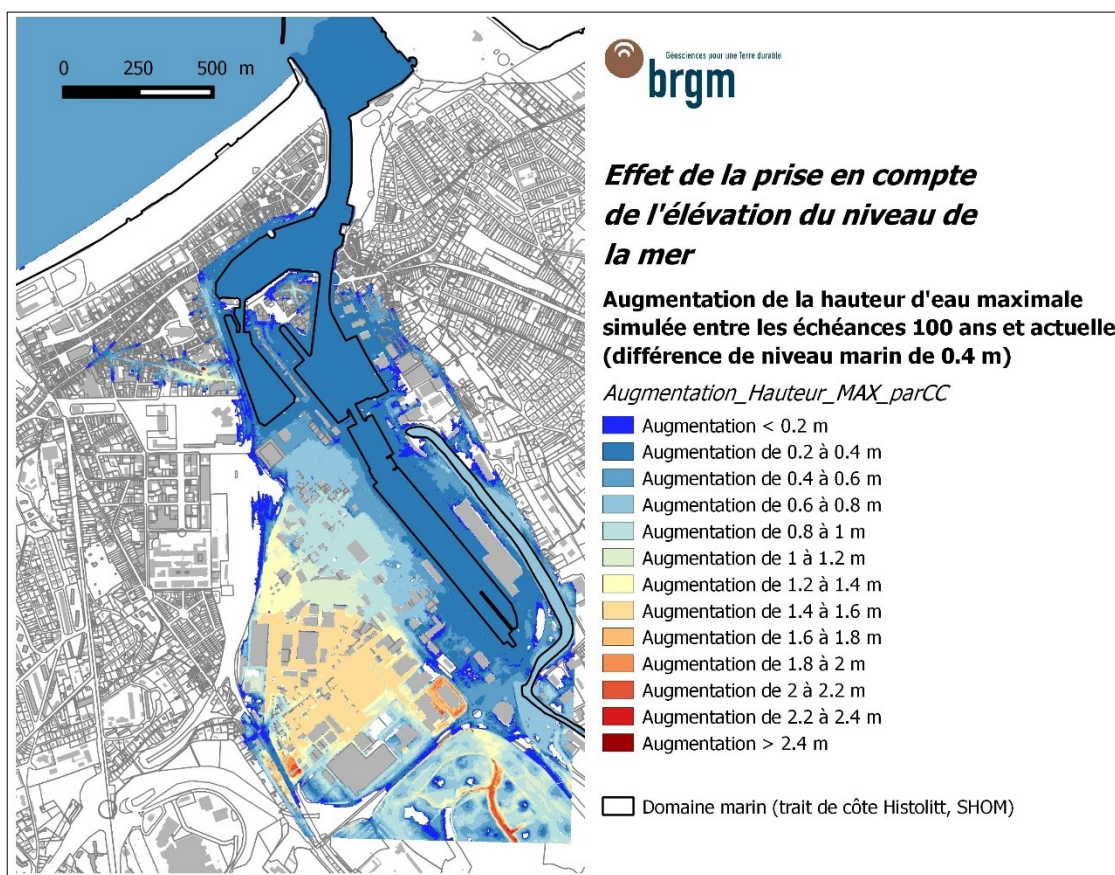


Figure 88: Différence des hauteurs d'eau maximales simulées au rang R2 entre les échéances actuelles et 100 ans

4.5.2. Simulation de la submersion par franchissement de mer au niveau de la grande plage

Les simulations de la submersion par franchissement de paquets de mer causée lors de l'événement naturel de référence sous les hypothèses du scénario de référence (chapitre 4.4) ont été réalisées sur la grille R2 en utilisant la méthode et les données présentées au chapitre 4.3 (débits franchissants issus des simulations SWASH).

4.5.2.1. Simulation de l'événement de référence à l'échéance actuelle

L'évolution de la submersion par franchissement simulée à 2 m de résolution est présentée à la Figure 89, tandis que les résultats de cette simulation en termes de hauteurs d'eau maximales et de vitesses maximales des courants sont présentés respectivement aux Figure 90 et Figure 91. Il convient toutefois de noter que les vitesses simulées en front de mer sont nécessairement sous-estimées de par la méthode utilisée (pas d'impact individuel des vagues, mais utilisation de débits moyennés).

Les résultats finaux montrent que la zone affectée par la submersion par franchissement reste très limitée, et qu'en dehors de la plage elle concerne uniquement la partie Est de l'esplanade située entre la promenade de haut de plage et la ville, ainsi que la zone de loisir près de la piscine du fait de la présence du passage sous la promenade.

L'analyse de la chronologie montre qu'à l'échéance actuelle les franchissements deviennent significatifs environ 1 heure avant le pic de niveau marin (pleine mer) et commencent à remplir

la dépression topographique située en haut de plage. La dépression commence à déborder côté esplanade environ 30 minutes avant le pic, puis l'eau s'écoule sur l'esplanade durant environ 1 heure.

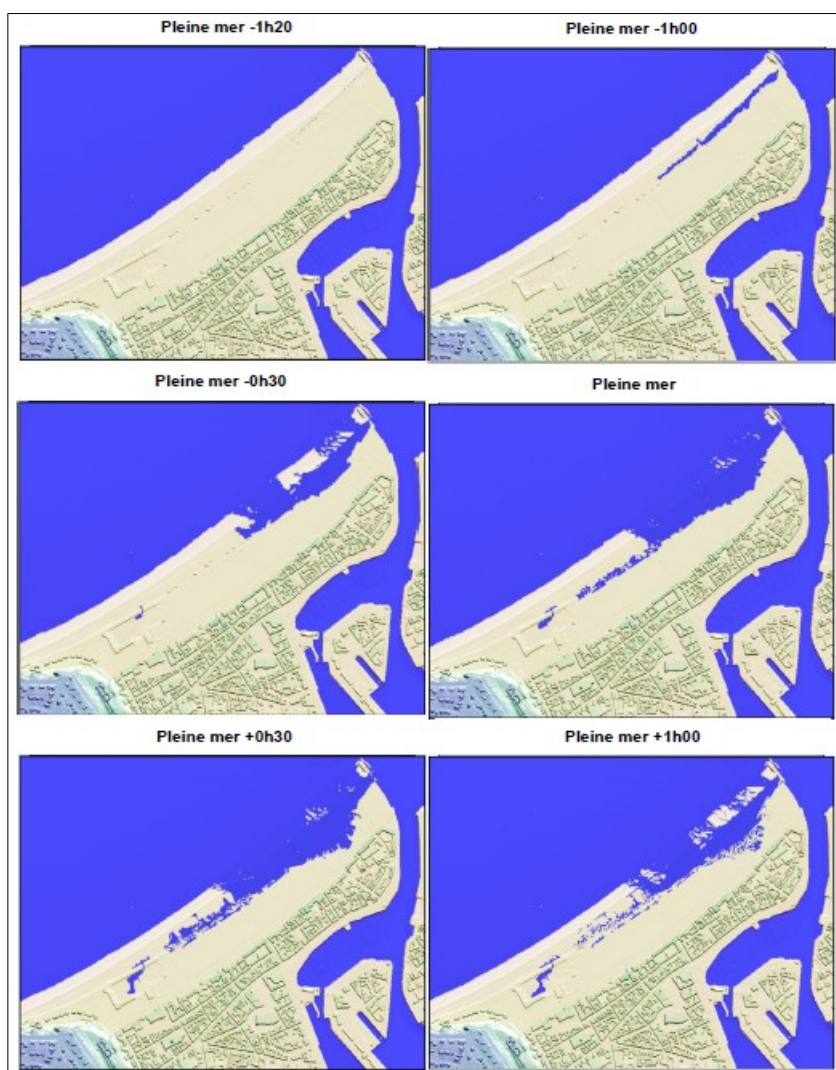


Figure 89: Aperçu de l'évolution de la submersion par franchissements sur la grande plage autour de la pleine mer, simulée sur la grille R2 (résolution 2 m) au cours de l'événement naturel de référence à l'échéance actuelle

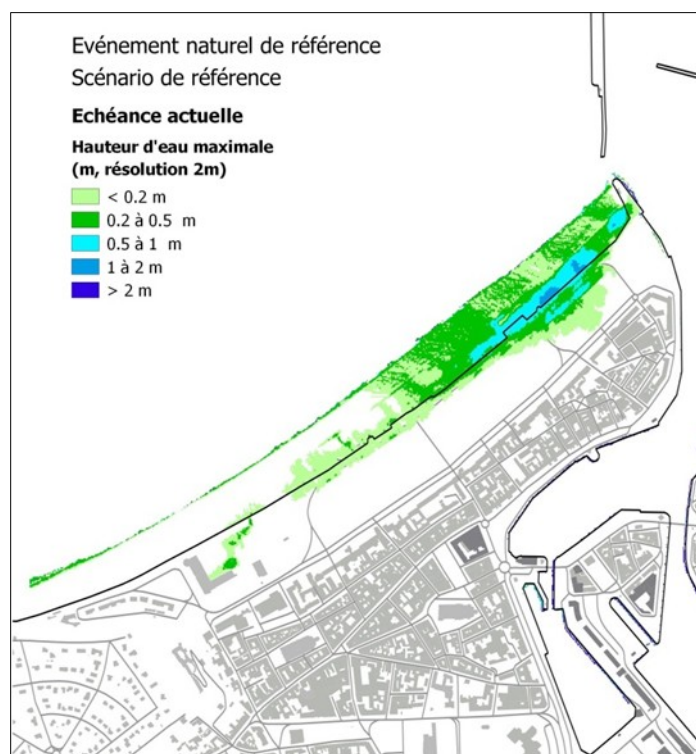


Figure 90: Hauteurs d'eau maximales au cours de la simulation de la submersion par franchissements sur la grille R2 à l'échéance actuelle

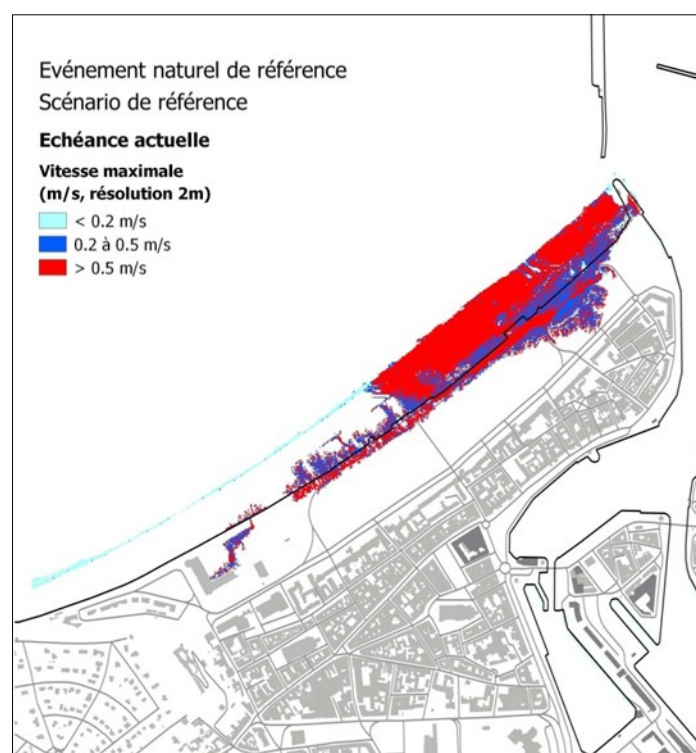


Figure 91: Vitesses maximales au cours de la simulation de la submersion par franchissements sur la grille R2 à l'échéance actuelle

4.5.2.2. Simulation de l'événement de référence à l'échéance 100 ans

L'évolution de la submersion par franchissement est présentée à la Figure 92. Les résultats de cette simulation en termes de hauteurs d'eau maximales et de vitesses maximales des

courants sont présentés respectivement aux Figure 93 et Figure 94. Là encore, les vitesses simulées en front de mer sont nécessairement sous-estimées de par la méthode utilisée.

Les résultats finaux montrent que la zone affectée par la submersion par franchissement est cette fois plus importante puisqu'elle atteint cette fois la zone urbaine dans la partie Est de la grande plage, entre les rues Bouzard et Houard, ainsi que la rue des Cordiers, avec des hauteurs d'eau pouvant atteindre les 70 cm et des vitesses importantes ($1,5 \text{ m.s}^{-1}$) du fait de la topographie en pente de ces rues. En dehors de ce secteur, les zones inondées restent assez proches de celles déjà identifiées à l'échéance actuelle, l'inondation ne dépassant qu'à peine la promenade de haut de plage, sauf autour de la piscine, où les hauteurs d'eau peuvent atteindre 50 à 80 cm à l'échéance 100 ans.

L'analyse de la chronologie montre qu'à l'échéance actuelle les franchissements deviennent significatifs environ 01h20 avant le pic du niveau marin et remplissent rapidement la dépression topographique située en haut de plage. Du fait des débits franchissants plus importants qu'à l'échéance actuelle, la dépression commence à déborder côté esplanade environ 50 minutes à 1h avant le pic du niveau marin. L'eau atteint les rues de l'autre côté de l'esplanade à peu près au pic du niveau marin, puis s'écoule rapidement dans les rues pour traverser le quartier et se jeter dans le chenal d'accès du port environ une demi-heure plus tard, alors que les franchissements se réduisent.

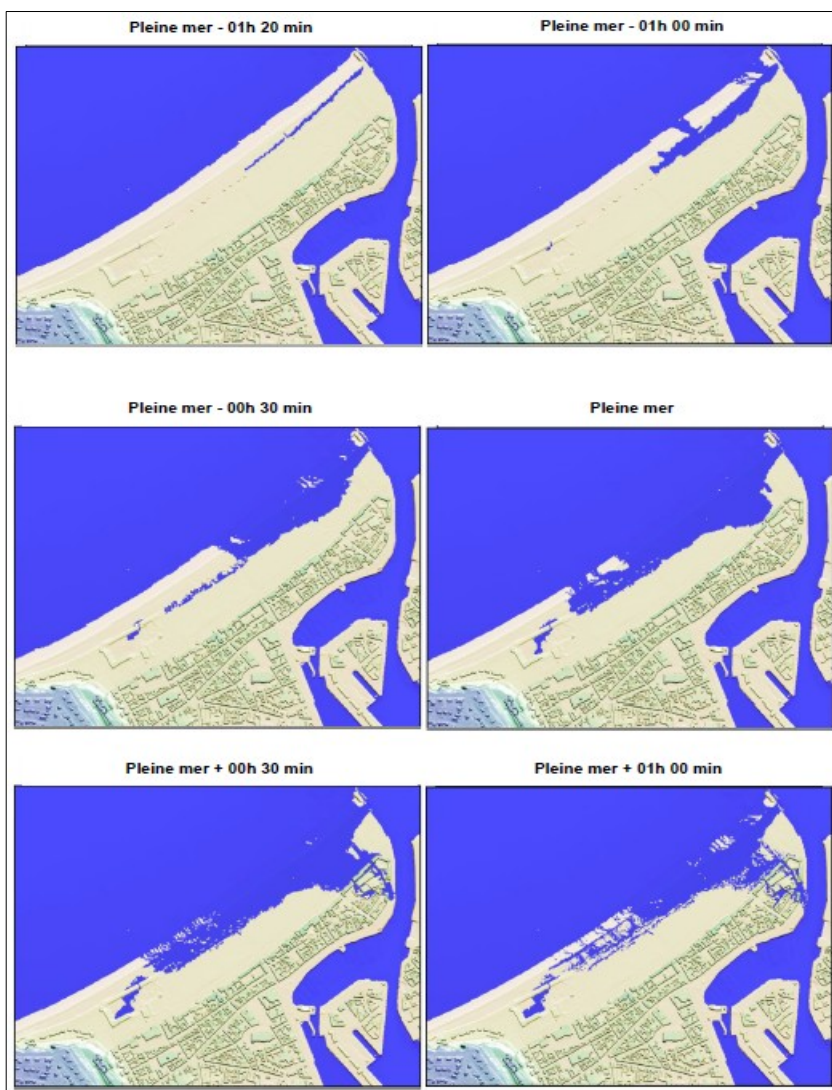


Figure 92: Aperçu de l'évolution de la submersion par franchissements sur la grande plage simulée sur la grille R2 (résolution 2 m) au cours de l'événement naturel de référence à l'échéance 100 ans

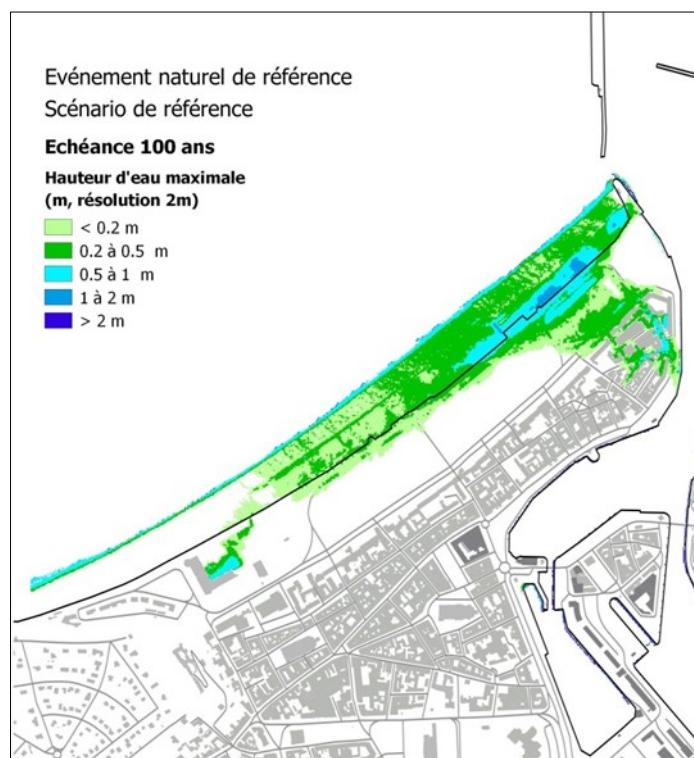


Figure 93: Hauteurs d'eau maximales au cours de la simulation de la submersion par franchissements sur la grille R2 à l'échéance 100 ans

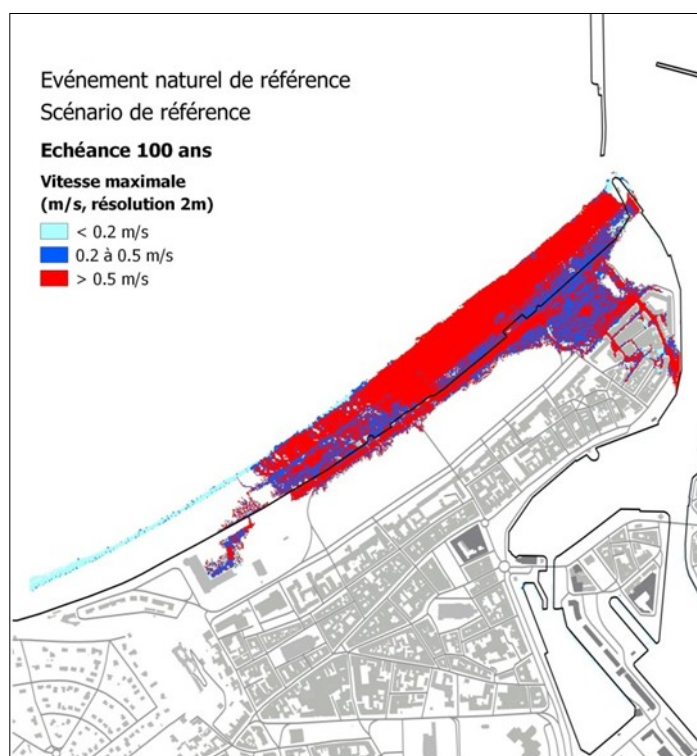


Figure 94: Vitesses maximales au cours de la simulation de la submersion par franchissements sur la grille R2 à l'échéance 100 ans

4.6. Méthodes de qualification de l'aléa

4.6.1. Principes généraux

L'aléa submersion marine s'exprime par la surface de la zone concernée et par « *la gradation dans la manifestation du phénomène* » (guide méthodologique, MEDDE, 2014). Cette gradation est liée à la capacité d'un adulte à se mouvoir lors du phénomène en cours qui dépend de la hauteur d'eau et de la vitesse de l'écoulement produites par la submersion.

La modélisation numérique mise en œuvre fournit les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement en tous points du domaine de calcul et à chaque instant de la propagation de la submersion. La gradation de l'aléa résulte du croisement hauteur/vitesse selon les classes présentées à la Figure 95 : à chaque instant, en tous points du domaine, le calcul de l'aléa est réalisé par croisement hauteur/vitesse selon la grille de la Figure 95 ; à l'issue de la simulation, on retient comme classe d'aléa en chaque point du domaine la valeur maximale de l'aléa résultant de ce croisement tout au long de la simulation.

Le code couleur présenté dans ce tableau correspond à celui des cartes finales présentées dans le dossier cartographique annexé à ce rapport.

A noter que :

- les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement ne sont pas forcément maximales au même instant ;
- les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement fournies dans le dossier SIG associé à ce rapport correspondent à leurs valeurs maximales lors du phénomène de submersion marine mais pas forcément au même instant.

Ceci peut par exemple avoir pour conséquence que certains secteurs affectés par des hauteurs maximales supérieures à 1 m et par des vitesses maximales supérieures à $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ ne soient classés qu'en aléa Fort, car ces hauteurs et vitesses maximales n'ont pas été atteintes au même moment, et à aucun moment les hauteurs et vitesses n'ont été simultanément suffisamment élevées pour justifier un classement en aléa Très Fort.

Hauteur / Vitesse	$V < 0.2 \text{ m.s}^{-1}$	$0.2 \text{ m.s}^{-1} < V < 0.5 \text{ m.s}^{-1}$	$V > 0.5 \text{ m.s}^{-1}$
$H < 0.5 \text{ m}$	Faible	Modéré	Fort
$0.5 \text{ m} < H < 1 \text{ m}$	Modéré	Modéré	Fort
$H > 1 \text{ m}$	Fort	Fort	Très Fort

Figure 95: Classes d'aléa basées sur le croisement des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement (guide méthodologique, MEDDE, 2014).

Les cartes produites et fournies dans le SIG associé à ce rapport sont les suivantes :

- **Les emprises des zones inondées** pour l'évènement naturel de référence et l'évènement à échéance 100 ans ;
- **Les cartes établies par approche « statique »** (i.e. les cartes informatives basées sur la méthode de superposition topographie-niveau marin de référence, cf paragraphe 4.4.3) ;
- **La carte d'aléa de l'évènement naturel de référence** (Erreur : source de la référence non trouvée) **pour le scénario de référence** (défaillance des dispositifs hydrauliques, paragraphe 4.4.2.3) ;

La carte d'aléa de l'évènement naturel de référence et de ce scénario de référence correspond donc à la carte de l'aléa de référence ayant une vocation réglementaire, et elle intègre les bandes de sécurité liées aux chocs mécaniques de vagues et aux projections. Du fait des hypothèses retenues, cette carte est la même que celle de l'aléa basé sur l'évènement de référence sans prise en compte de l'effet des ouvrages.

- **La carte d'aléa pour l'évènement naturel à échéance 100 ans pour le scénario de référence.**
- **Les cartes de hauteurs d'eau maximales** pour l'évènement naturel de référence et l'évènement à échéance 100 ans ;
- **Les cartes de vitesses maximales d'écoulement de l'eau** pour l'évènement naturel de référence et l'évènement à échéance 100 ans ;
- **Les isocotes** (c'est-à-dire l'altitude du plan d'eau à terre lors de la submersion) pour l'évènement naturel de référence et l'évènement à échéance 100 ans ; Ces données sont fournies sous format numérique vecteur (shapefile) exploitable dans un SIG à la fois sous forme d'isolignes et de points cotés.

Ces cartes sont ainsi valides jusqu'à une échelle de 1/10 000, et de 1/5 000 sur le centre-ville de Dieppe et la ZAC Dieppe Sud. **Ces cartes ne peuvent être exploitées à des échelles inférieures.**

4.6.2. Cartographie de l'aléa au niveau de la plage de Puys

L'aléa a été cartographié au niveau de la plage de Puys à partir des simulations SWASH réalisées le long d'un profil (paragraphe 4.3.5.1 et 4.4.1.4). L'analyse des résultats de ces simulations a montré que les vitesses atteintes par les écoulements peuvent être très importantes sur l'esplanade (plusieurs mètres par seconde du fait de l'impact des vagues). Les hauteurs d'eau maximales sur cette esplanade lors du passage des vagues sont typiquement de l'ordre 0,5 à 1 m à l'échéance actuelle et de l'ordre de 1 m à l'échéance 100 ans (parfois plus, notamment sur le côté mer de l'esplanade).

La zone inondée a été digitalisée dans ce secteur sur la base du MNT de résolution 10 m, en considérant une altitude maximale de 10,6 m (*runup* atteint dans les simulations à échéance 100 ans, l'écart avec la valeur à échéance actuelle n'étant pas significatif sur un MNT à 10 m de résolution vu la topographie très raide du secteur).

A l'échéance actuelle, cette zone submersible s'est vue attribuer un niveau d'aléa fort, tandis qu'à l'échéance 100 ans, elle s'est vue attribuer un niveau d'aléa très fort du fait des hauteurs d'eau qui peuvent y être plus importantes.



Figure 96: Cartographie de la zone d'aléa au niveau de la plage de Puys (aléa Fort à l'échéance actuelle, aléa Très Fort à l'échéance 2100)

4.6.3. Bandes de sécurité liée aux chocs mécaniques des vagues

Le guide méthodologique du MEDDE (2014) prévoit l'application d'une bande de sécurité liée aux chocs mécaniques des vagues : « *La zone soumise aux franchissements est sujette à des contraintes spécifiques, en particulier à des chocs mécaniques de vagues et de projections. L'aléa choc mécanique des vagues est donc distinct de l'aléa inondation [...]* Dans les zones caractérisées par des franchissements modérés, la largeur de la zone soumise au déferlement peut être considérée par défaut comme égale à 25 m, et étendue à 50 m dans un contexte cyclonique ».

Les chocs mécaniques liés aux vagues et les projections de matériaux (en l'occurrence ici des galets) représentent un aléa à part entière. Bien qu'associés à la submersion marine, leur impact est distinct d'une inondation et correspond à une **pression**.

Cet aléa « chocs mécaniques des vagues » est généralement calculé dans le cadre d'études de génie civil/génie côtier pour le dimensionnement d'ouvrages de protection et d'ouvrages portuaires. Les méthodes sont donc lourdes et complexes à mettre en œuvre à l'échelle de la zone d'étude. En l'absence de cette connaissance, cet aléa est généralement déterminé dans les études PPRL sur la base de la connaissance historique sans calcul spécifique.

Sur Dieppe, la connaissance historique (traces d'érosion et dommages aux ouvrages et à la plage, paragraphe 3.7) ainsi que la simulation de l'agitation marine pour les combinaisons centennales (hauteur significative et période pic des vagues) permettent de considérer que **tout le front de mer de Dieppe (notamment la grande plage, les jetées et la plage de Puys) est exposé à des chocs mécaniques liés aux vagues plus ou moins importants en fonction de l'exposition à la houle ou au clapot**. A l'intérieur du port de Dieppe, des éléments historiques indiquent que des dommages ont pu se produire autrefois (l'estacade du Petit-Veules en 1845, vagues éclaboussant les arcades de la Bourse en 1984...), avec toutefois des configurations des jetées et brise-lames du port différentes. Les simulations d'agitation du plan d'eau à l'intérieur du port montrant des vagues très modérées, les bandes de sécurité n'ont été appliquées que dans l'entrée du port, où les simulations d'état de mer montraient que l'agitation pouvait être significative.

Par conséquent, conformément aux préconisations du guide méthodologique (MEDDE, mai 2014), des bandes de sécurité d'une largeur de 25 m depuis le trait de côte HISTOLITT du SHOM ont été identifiées au niveau du front de mer. A l'approche des falaises, la largeur de ces bandes a été réduite en cohérence avec la topographie (altitude de 15 m NGF au maximum). Un aperçu des bandes de sécurité ainsi définies est présenté aux Figure 97 et Figure 98.

Cette bande se superpose à l'aléa de référence.



Figure 97: Bandes de sécurité (chocs mécaniques des vagues et projections) au niveau de la grande plage et du port de Dieppe



Figure 98: Bande de sécurité (chocs mécaniques des vagues et projections) au niveau de la plage de Puys

Chapitre 5 : L'aléa inondation par débordement de cours d'eau

5.1. Point sur la méthode hydrogéomorphologique

5.1.1. Notions générales de géomorphologie fluviale

Plusieurs éléments permettent de caractériser les cours d'eau : les eaux courantes sont différenciées par leur concentration (linéaire ou écoulement de surface), ainsi que par la durée de leur activité (pérenne, intermittente, spasmodique).

Les appareils hydrographiques que sont rivières et ruisseaux correspondent généralement à des écoulements pérennes concentrés dans un lit et dont les bassins versants sont organisés en réseaux, non-hiérarchisés (dits « élémentaires ») ou hiérarchisés (dits « dendritiques »).

Les cours d'eau impriment leur marque dans la topographie, ils la modèlent au fil du temps (période de basse eaux, hautes eaux et lors des crues). Ils ajustent leur chenal d'écoulement en permanence aux flux liquides et solides : la géométrie (forme du chenal) est adaptée aux variations temporelles et spatiales de ces flux.

En fonction des épisodes hydrologiques qu'ils traversent, les cours d'eau occupent des largeurs plus ou moins vastes de leur plaine d'inondation. Il est alors possible d'observer différents lits lors de la traversée d'une telle plaine : on parle alors de lits « emboîtés ». On distingue :

- le chenal d'étiage : il s'agit le plus souvent d'un chenal sinueux sans berges nettes, qui peut se subdiviser en plusieurs bras, où se concentrent les eaux d'étiage (basses eaux les plus marquées), inscrit au sein du lit mineur ;
- le lit mineur : aussi appelé lit ordinaire ou lit apparent, il s'agit d'un espace délimité par des berges abruptes, topographiquement bien marquées. Il correspond au passage des hautes eaux non débordantes ;
- le lit moyen : aussi appelé lit majeur périodique, il est souvent séparé du précédent par un bourrelet de berge. Il est généralement couvert d'une végétation hygrophile (aulnes, saules, peupliers, etc.), la ripisylve ;
- le lit majeur : aussi appelé lit majeur épisodique, il s'agit du lit le plus large. Il correspond à l'emprise des plus fortes crues (crues morphogènes) et est limité latéralement par l'encaissant ou par des terrasses anciennes ;
- le lit majeur se développe au-delà des berges qui limitent le lit mineur. Sa largeur dépend du contexte morfo-structural et de la puissance des crues.

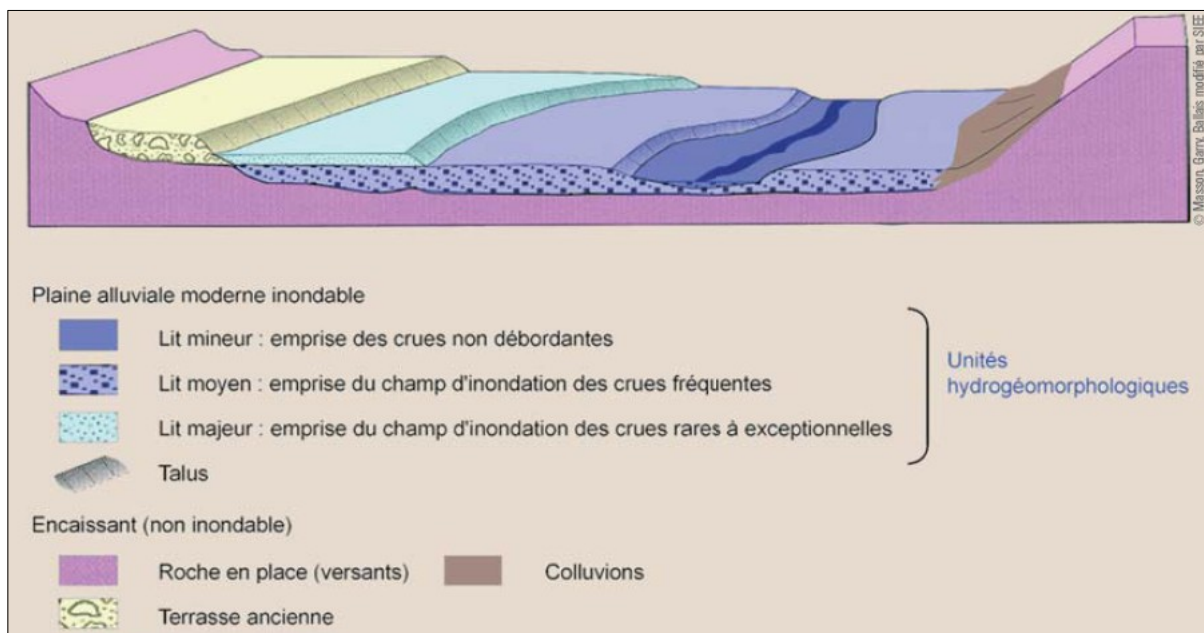


Figure 99: Schéma d'une plaine alluviale type avec ses différentes unités (Source : DIREN PACA, 2007)

Une forêt alluviale occupe souvent la plaine d'inondation ; celle-ci peut être très diversifiée selon la fréquence des submersions et des sédiments déposés. Certaines conditions locales peuvent influencer, modifier, voire contraindre la morphologie des cours d'eau. Il peut s'agir de conditions naturelles liées à la géologie locale (une roche plus ou moins dure ou tendre à traverser), hydrographiques (confluence, etc.). Il peut aussi s'agir de modifications anthropiques (remblais divers, endiguement, ouvrage d'art, etc.).

5.1.2. Détermination de l'enveloppe maximale des inondations par débordement

La pertinence du choix de cette méthode repose sur la possibilité d'observer directement la morphologie du terrain étudié. Déterminer les éléments structurant du champ d'inondation du réseau hydrographique d'un bassin versant grâce à cette méthode n'est envisageable qu'à partir d'une analyse préalable des formes sur photographies aériennes, puis de la validation de celles-ci par des observations de terrain.

L'hydrogéomorphologie est une approche géographique qui étudie le relief naturel des cours d'eau à partir de l'analyse des structures de vallées (formes fluviales mises en place au cours des crues successives). Son but est d'identifier et de délimiter les zones inondables, mais peut aussi servir à porter un diagnostic sur certains cours d'eau.

Les vallées alluviales sont composées en grandes unités hydrogéomorphologiques. Les lits emboîtés que la rivière a imprimés sur son fond de vallée, ont été progressivement constitués lors de succession de phases d'accumulation de sédiments et de leur érosion lors des grandes crues morphogènes. Ces témoignages des crues passées et récentes traduisent le fonctionnement et l'extension maximale des crues des cours d'eau (DIREN PACA, 2007). L'identification et la délimitation des unités hydrogéomorphologiques s'appuient donc sur deux critères bien précis :

- la morphologie : talus, rupture de pente, micro-topographie ;
- la sédimentologie : analyse de la granulométrie, de la nature et des couleurs des formations superficielles (indications sur la vitesse de dépôt dans les courants).

L'approche hydrogéomorphologique s'appréhende en deux temps : une phase de photo-interprétation stéréoscopique des photographies aériennes pour établir les cartes-minutes (cartographie interprétative) et une phase d'observations sur le terrain dont l'objectif est de corriger et de valider les cartographies minutes.

La première phase, la photo-interprétation, vise l'acquisition des données à partir des images aériennes et leur report sur un fond de plan IGN, à savoir la carte topographique au 1/25 000, agrandie au 1/10 000). Cette analyse sert à déterminer l'extension des zones inondables naturelles et le fonctionnement des crues en conditions naturelles.

La seconde phase passe par une validation sur le terrain des formes déterminées au cours de la première analyse : la reconnaissance des structures topographiques identifiées lors de la précédente phase sur photographies aériennes sera généralisée à l'ensemble des cours d'eau, et en particulier là où la complexité topographique l'exige. Dans le cas de l'Arques, la topographie assez plane de la majorité des affluents a nécessité une inspection minutieuse de ces derniers. Le résultat est produit sous la forme d'une cartographie SIG au 1/5000.

La cartographie hydrogéomorphologique obtenue s'interprète grâce aux données reportées sur les minutes : deux types d'informations sont en général disponibles selon les besoins des études :

- des informations relatives au fonctionnement naturel des cours d'eau ;
- des informations relatives aux éléments perturbateurs.

Les éléments relatifs au fonctionnement naturel sont les éléments constitutifs de la vallée alluviale (MEDDTL, 1996) :

- les unités géomorphologiques : lecture des zones potentiellement inondables ; dégradés de couleur qui permettent d'apprécier les variations de l'inondabilité ;
- les unités encaissantes (qui séparent ces unités géomorphologiques) : terrasses, colluvions, versants ; ces zones par nature, ne sont pas inondables ;
- les modelés géomorphologiques secondaires (manifestations de l'hydrodynamique) : fonctionnement des écoulements lors des crues (ex : axes de crue préférentiels en lits majeurs, zones de sédimentation et d'érosion, affleurements rocheux dus à l'érosion verticale).

Les éléments « perturbateurs » des écoulements peuvent être :

- les digues dont l'objectif est de protéger des crues. Elles peuvent être submergées et érodées. Les zones situées à l'arrière présentent sont fortement exposées en cas de rupture, de brèche ou de submersion ;
- les remblais surfaciques anthropiques qui conduisent à réduire la zone inondable lorsqu'ils sont implantés dans le lit majeur de la rivière ;
- les remblais linéaires tels que les remblais routiers ou ferroviaires qui peuvent perturber les écoulements selon leur orientation ;
- les ponts, seuils, barrages qui lors d'événements violents peuvent être affectés par des phénomènes comme la formation d'embâcles, des déversements du fait de leur insuffisance hydraulique, de l'érosion, une rupture d'ouvrage.

À la différence de la modélisation hydraulique, l'analyse de la morphologie des vallées alluviales permet d'avoir une vision globale des formes du terrain. En revanche, elle ne permet pas la quantification des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement. Elle est donc particulièrement efficace, car rapide et précise, dans les zones naturelles avec des enjeux faibles et elle est complémentaire dans les zones modélisées. Dans le cas de la présente

étude, l'analyse hydrogéomorphologique est principalement utilisée pour déterminer l'emprise maximale des champs d'inondation dans les zones naturelles.

5.2. L'exutoire de la vallée de l'Eaulne

La vallée de l'Eaulne est orientée Sud-Est/Nord-Ouest ; la rivière qui la draine conflue avec la Béthune et la Varenne pour donner l'Arques à l'aval d'Arques-la-Bataille. La Vallée de l'Eaulne présente une morphologie bien marquée sur ses bords, où les terrasses sont facilement identifiables. Les remblais qui accueillent réseaux routiers et ferrés modifient la structure générale de la vallée, au Sud de Martin-Église où la route se calque sur la terrasse alluviale et au Nord où l'expansion de la rivière est limitée par le remblai du chemin de fer. Le fond de vallée présentant une topographie homogène, seuls les lits mineurs et majeurs peuvent être identifiés.



Figure 100: La vallée de l'Eaulne au niveau de Martin-Église



Figure 101: Autre vue de la vallée de l'Eaulne au niveau de Martin-Église

5.3. L'exutoire des vallées de la Béthune et de la Varenne

L'exutoire des vallées de la Béthune et de la Varenne se forme au niveau d'Arques-la-Bataille. Les deux vallées se rejoignent pour n'en former plus qu'une morphologiquement. Cependant, l'expansion de la Varenne demeure bloquée dans la partie ouest de la vallée par la présence d'un remblai de chemin de fer, avant de passer sous ce même remblai et de confluer avec la Béthune plus à l'aval. La Béthune se situe dans la partie est de la vallée. Tout comme la vallée de l'Eaulne, la morphologie fluviale est bien marquée sur les rebords de la vallée grâce à la présence de terrasse nettement identifiées. Ici aussi, les terrasses alluviales servent de support au réseau routier, le fond de vallée étant quant à lui topographiquement peu marqué.



Figure 102: La vallée de la Varenne et de la Béthune au niveau d'Arques-la-Bataille

5.4. La vallée de l'Arques

Le fleuve Arques est formé par la confluence des trois rivières citées précédemment. La morphologie de la plaine alluviale de l'Arques se trouve dans la continuité de celle des précédentes vallées. Les limites de la plaine alluviale sont bien identifiables grâce à la présence des terrasses qui la bordent. Cependant, outre la présence des remblais des voies ferrées qui barrent latéralement et transversalement la vallée, celle-ci est en grande partie remblayée sur Rouxmesnil-Bouteilles pour accueillir la zone industrielle et totalement aménagée sur Dieppe : remblais de zone industrielle, infrastructures portuaires, réseau ferré, urbanisation dense, canalisation de l'Arques. Sur cette dernière zone, les terrasses disparaissent : la limite morphologique peut être reportée au niveau des falaises bordières de fond d'estuaire.



Figure 103: La vallée de l'Arques prise depuis le point de vue de la pyramide



Figure 104: Le remblai transversal de la voie de chemin de fer et le pont de 30 mètres

5.5. Identification du lit majeur des vallées sur la carte hydrogéomorphologique

La carte hydrogéomorphologique a été dressée grâce aux observations de terrain sur les communes de Martin-Église, d'Arques-la-Bataille et de Rouxmesnil-Bouteilles, où la morphologie de la vallée était nettement identifiable. Le cas de Dieppe est plus particulier, le fond de vallée étant à la fois remblayé et occupé par l'urbanisation.

La zone analysée s'étend des limites communales d'Arques-la-Bataille au Sud, de celles de Martin-Église au Nord-Est à celles de Dieppe au Nord. Cette dernière limite est fixée sur l'extrémité nord du Champ de course de Rouxmesnil-Bouteilles et de l'entrée de l'Arques dans sa partie canalisée.

Les limites morphologiques de la vallée, présentes sous la forme de terrasses alluviales, ont été repérées ainsi que les remblais longitudinaux. La carte hydrogéomorphologique au 1/10 000 est annexée au document.

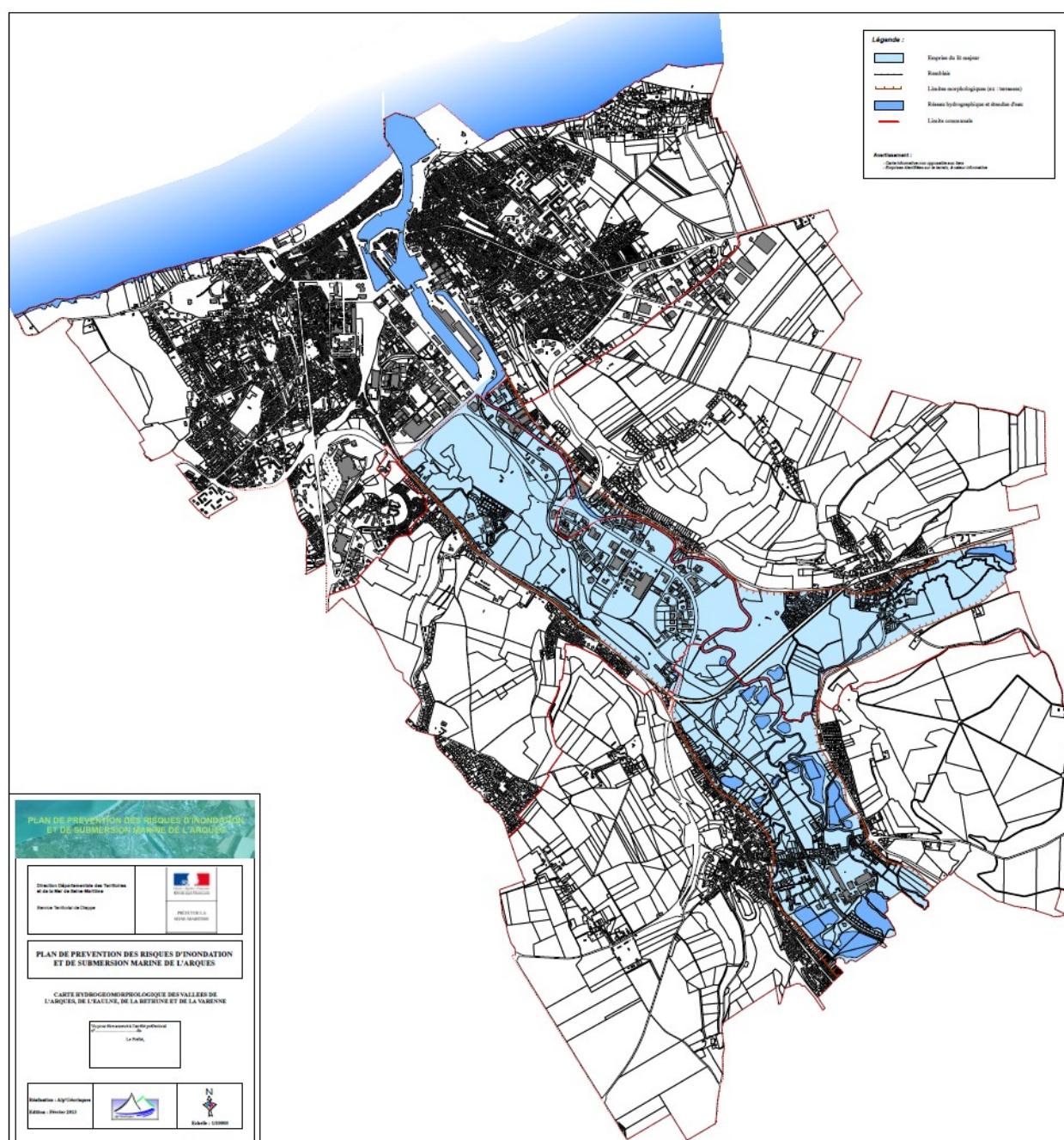


Figure 105: Carte hydrogéomorphologique des vallées de l'Eaulne, de la Varenne, de la Béthune et de l'Arques

5.6. Les plus hautes eaux connues (PHEC)

Une cartographie des plus hautes eaux connues (PHEC) avait été élaborée par le bureau d'études HORIZON en 2000 sur la base de laisses de crues et de témoignages. Cette cartographie contient différents éléments qui ont été soit repris à l'identique, soit légèrement modifiés soit complètement modifiés par une nouvelle analyse réalisée par Alp'Géorisques. Il s'agit :

- des zones représentant les classes de hauteurs des plus hautes eaux connues. Cette cartographie a été ajustée à la marge par Alp'Géorisques d'après les données LIDAR ;

- des zones soumises au phénomène de remontées de nappes. Conformément aux prescriptions du Maître d'Ouvrage et dans l'objectif de conserver toutes les informations historiques disponibles, ces zones ont été reprises à l'identique dans la cartographie des PHEC réalisée par Alp'Géorisques.

Cependant, les hauteurs d'eaux pour ces zones ne sont pas disponibles. Ainsi, les zones soumises au phénomène de remontées de nappes présentées dans la carte des plus hautes eaux connues sont à différencier de l'aléa de remontée de nappe présenté dans les cartes « aléa remontées de nappes » qui ont été élaborées sur la base d'une méthodologie « théorique » permettant d'estimer les hauteurs d'eau ;

- des zones soumises au phénomène de ruissellement. Ces zones n'ont pas été reprises par Alp'Géorisques, car ce phénomène a fait l'objet de nouvelles cartographies (voir paragraphes précédents) basées sur des expertises approfondies intégrant notamment les schémas de gestion des eaux pluviales.
- conformément aux prescriptions du Maître d'Ouvrage les zones soumises au phénomène de débordement des réseaux d'eaux pluviales n'ont pas été reprises dans la cartographie des PHEC réalisée par Alp'Géorisques ;

5.7. Cartes des aléas inondation par débordement des cours d'eau

La qualification de l'aléa « inondation par débordement des cours d'eau » est essentiellement basée sur la hauteur d'eau pour la crue de référence.

La carte des aléas exploite ainsi la carte des PHEC établie par Horizon et retient les mêmes critères que pour le PPRI actuel.

Hauteur d'eau	$h < 0,50 \text{ m}$	$0,50 < h < 1 \text{ m}$	$h > 1 \text{ m}$
Aléa	Faible	Moyen	Fort

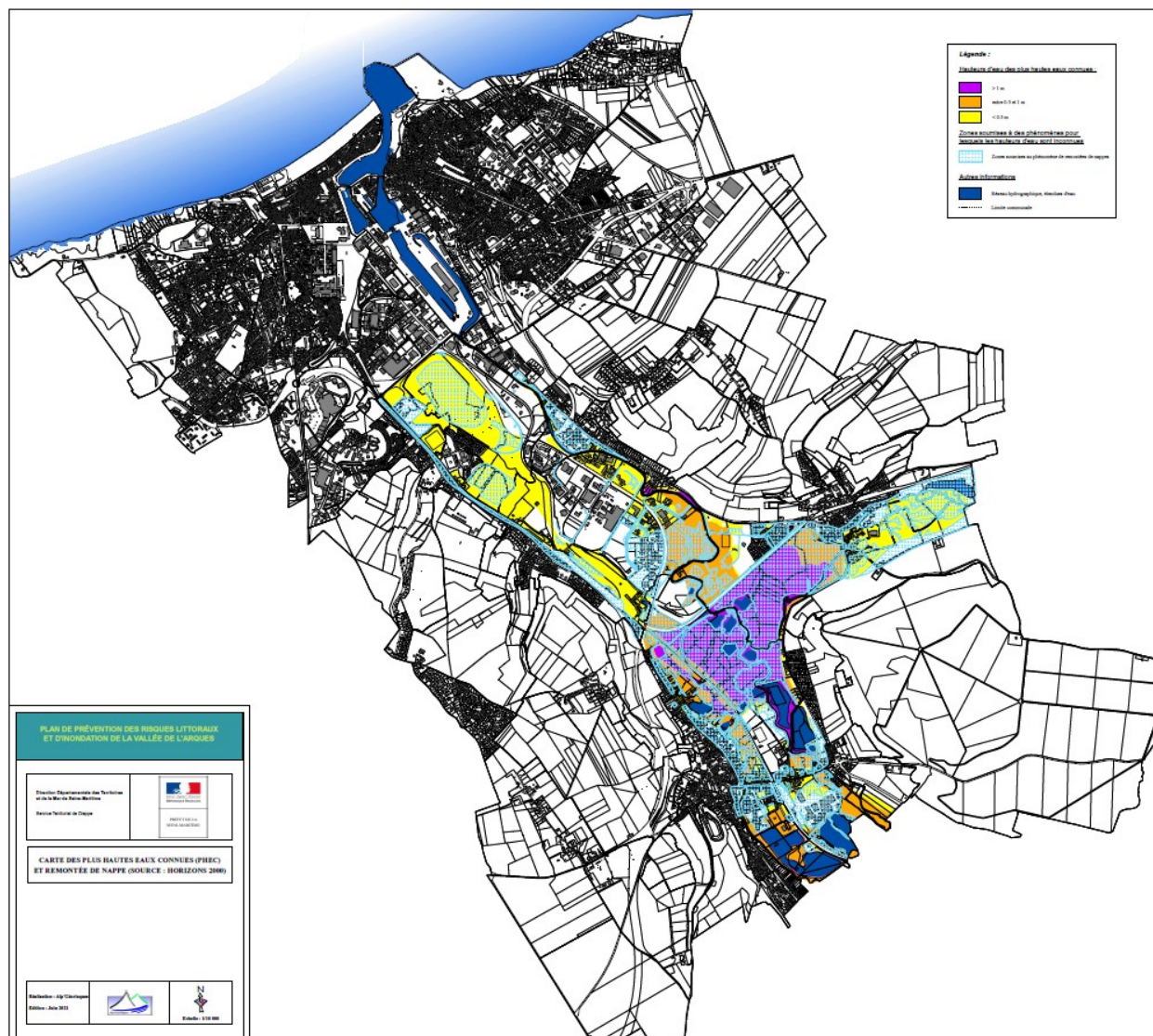


Figure 106: Carte des aléas inondation par débordement des cours d'eau, d'après les PHEC et par remontée de nappe

Chapitre 6 : L'aléa inondation par remontée de nappe

6.1. Point sur la méthode d'identification des zones de remontée de nappe

6.1.1. Notions générales sur les remontées de nappe

Les inondations par remontée de nappe se produisent lorsque le niveau d'une nappe libre dépasse le niveau topographique des terrains qui la renferme. Ce type d'inondation est cependant un événement à cinétique beaucoup plus lente que l'inondation par débordement de cours d'eau ou par ruissellement.

Les nappes libres, c'est-à-dire dont la surface est à la pression atmosphérique et susceptible de varier sans autre contrainte physique, ne sont pas isolées du niveau topographique du sol par des horizons imperméables.

Une partie des précipitations s'infiltre dans le sous-sol et alimente les nappes souterraines, dont le niveau présente généralement un cycle annuel. La nappe d'accompagnement de la rivière entretient aussi d'étroites relations avec les cours d'eau et celles-ci peuvent influencer leur niveau réciproque par des échanges latéraux. Cette interaction se traduit par un impact direct sur le débit des cours d'eau. En périodes de nappe hautes, les infiltrations d'eau liées aux précipitations sont limitées à cause de la saturation des sols ; l'eau stagne sur quelques centimètres de hauteurs, mais peut recouvrir de vastes surfaces présentant une topographie peu marquée comme un fond de vallée.

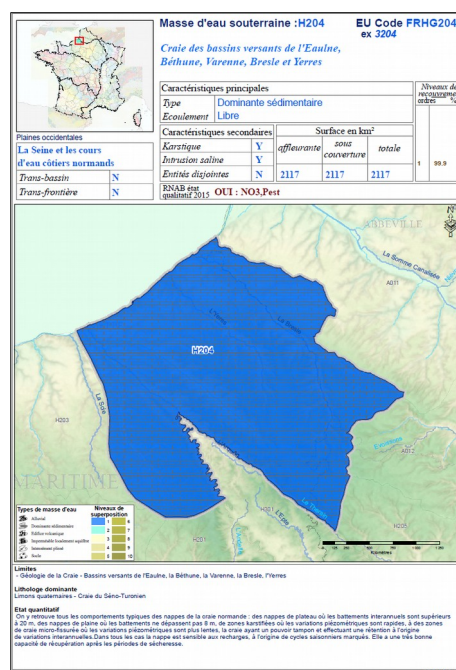


Figure 107: masse d'eau « Craie des bassins versants de l'Eaulne, la Béthune, la Varenne, Bresle et Yerres (source : BRGM)

6.1.2. Caractéristiques locales

Il est possible de distinguer deux types de nappe dans la masse d'eau présente sur le territoire d'étude. L'une, la nappe de la craie, est de type karstique ; l'autre, la nappe d'accompagnement de la rivière, est susceptible d'intrusion saline.

6.1.2.1. La nappe alluviale

Dans le cas de l'Arques et de ses affluents, nous étudions les remontées de la nappe alluviale située dans le fond de la vallée. Celles-ci sont générées soit par la transmission au milieu aquifère d'une onde d'inondation générée par la crue du cours d'eau, soit par des précipitations abondantes sur une longue durée provoquant un écoulement du trop plein de la nappe vers le cours d'eau.

Ici, ce sont les communes d'Arques-la-Bataille, de Rouxmesnil-Bouteilles et de Martin-Église qui sont les plus concernées du fait de l'affleurement de la nappe. Dieppe apparaît nettement moins affectée, le fond de vallée ayant été largement remblayé et aménagé de longue date. La présence d'importants remblais situés à l'aval des axes d'écoulement de la nappe d'accompagnement de la rivière, comme à Dieppe, peut avoir un effet aggravant sur les inondations par remontée de nappe à l'amont de ces remblais (blocage et stagnation des eaux).

6.1.2.2. La nappe de la craie

Ce que le BRGM définit comme la masse d'eau « Craie des bassins versants de l'Eaulne, la Béthune, la Varenne, Bresle et Yerres » est subdivisée entre des nappes de plateaux où les battements interannuels sont supérieurs à 20 mètres et des nappes de plaine où les battements interannuels ne dépassent pas les 8 mètres. De par la nature du sol, certaines zones karstifiées présentent des variations piézométriques rapides, alors que les zones de craie micro-fissurées connaissent des variations piézométriques lentes. Cette nappe est sensible aux recharges, à l'origine de cycles saisonniers marqués. Elle a une bonne capacité de récupération après les périodes de sécheresse.

La piézométrie permet de mesurer la profondeur de la surface d'une nappe d'eau souterraine. L'analyse des fluctuations des niveaux piézométriques permet de déterminer des cycles de recharge et de vidange de la nappe à des échelles de temps annuelles ou pluriannuelles. La piézométrie est indispensable à la compréhension du comportement d'un aquifère, à sa caractérisation, à l'évaluation de ses capacités, etc.

Il existe sur le territoire un piézomètre à Grèges et un autre situé à Saint-Aubin-le-Cauf pour lesquels on dispose de relevés piézométriques pour les 40 dernières années. La tendance du niveau des nappes de plateaux est à l'abaissement. Aucune donnée n'est disponible concernant la nappe d'accompagnement de la rivière.

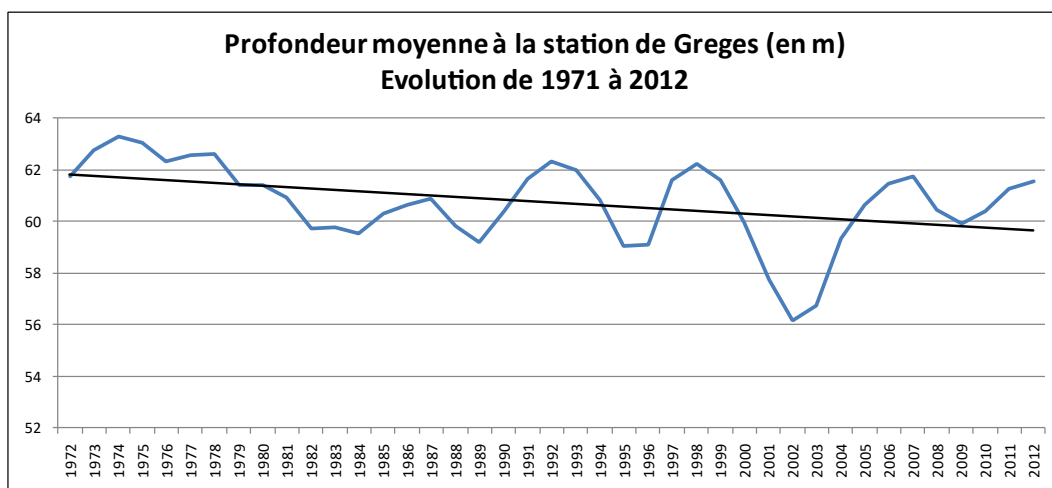


Figure 108: Profondeur moyenne d'atteinte du toit de la nappe du plateau à la station de Grèges entre 1971 et 2012 (source : ADES, consulté le 18/02/2013)

Il est probable qu'il y ait une relation entre les nappes des plateaux et la nappe d'accompagnement de la rivière. Le manque de données piézométriques ne permet toutefois pas d'identifier les proportions de ces échanges. En période de crise, les nappes pourraient avoir un comportement beaucoup plus individualisé.

6.1.3. Détermination des zones de remontée de nappe

La réalisation de la cartographie des zones de remontée de nappe passe par plusieurs étapes :

- récolte des données au cours des entretiens avec les élus : réponses issues du questionnaire d'enquête, analyse de la cartographie de l'actuel PPRI de l'Arques, historicité des remontées de nappe, etc. ;
- observations de terrain : visite de terrain avec un représentant du SIRCA, observations de terrain, etc. ;
- analyse du LIDAR.

6.2. Cartographie des zones de remontée de nappe

6.2.1. Collecte de données et entretiens

Les données recueillies au cours des entretiens avec les municipalités et les représentants des syndicats de bassins versants, ainsi que les données historiques recueillies aux archives départementales et aux archives municipales de Dieppe ont été compilées et ont donné lieu à la réalisation de la carte informative des phénomènes historiques présentée en annexe du livrable 1.2.

6.2.2. Observations de terrain

La période de l'hiver 2012-2013 a été propice à l'observation des phénomènes de remontée de nappe. En effet, la région de Dieppe a reçu l'équivalent de 940 mm en 2012 (station de Dieppe) avec environ 462 mm au cours du quatrième trimestre, dont un pic de 235 mm pour le seul mois d'octobre alors que les précipitations moyennes sur la région sont de 850 mm/an. Il est tombé au mois d'octobre 2012 plus d'eau qu'au cours du premier, du second et du troisième trimestre 2012 (avec respectivement, 50,8 mm, 203,4 mm et 220,3 mm).

Les terrains ont été saturés au début de l'automne et la nappe d'accompagnement de la rivière est restée haute tout l'hiver.

Les observations de terrain ont été menées au cours des mois de novembre 2012 et de février 2013. Certains terrains étaient sous quelques centimètres d'eau : il s'agit soit de phénomènes de remontée de nappe dans les points bas, ou de stagnation d'eau de pluie à la surface de terrain arrivés à saturation et incapables d'absorber les précipitations excédentaires.

Ces phénomènes de remontées de nappe sont très visibles en fond de vallée, sur les territoires d'Arques-la-Bataille, de Martin-Église et de Rouxmesnil-Bouteilles. La présence de remblais linéaires (chemin de fer) et surfacique (zone industrielle, lotissements, etc.) en fond de vallée peut aussi amener à des modifications locales de la réponse de la nappe d'accompagnement de la rivière. Les remblais agissent en compactant les terrains sur lesquels ils sont posés et limitent ou bloquent les écoulements de la nappe vers l'aval de la vallée, faisant augmenter localement le niveau de la nappe.

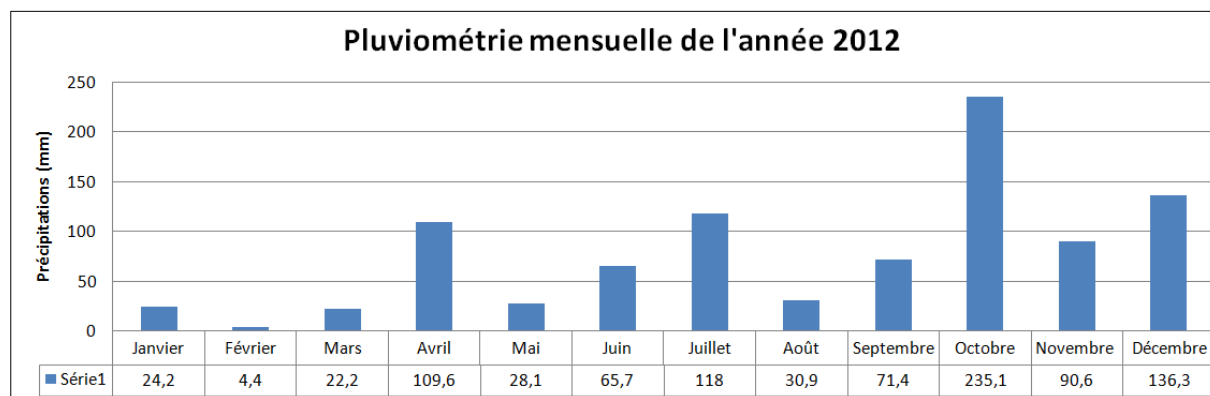


Figure 109:

Pluviométrie mensuelle de l'année 2012 (source : www.meteociel.fr)

La nappe étant affleurante en certains points de la vallée de l'Arques, on observe ponctuellement des terrains constamment saturés ou noyés sous quelques centimètres d'eau, notamment à proximité des remblais des chemins de fer sur Arques-la-Bataille et Rouxmesnil-Bouteilles (source : SIRCA).



110: Les prairies Budoux (16/11/2012)



Figure 111: Les prairies près de la Cité Viscose (Arques-la-Bataille)(05/02/2013)



Figure 112: Les prairies près d'Imbleval (Martin-Église)(05/02/2013)

6.2.3. Analyse du LIDAR et cartographie

Afin de cartographier les zones de remontées de nappes, on fait l'hypothèse que le niveau de la nappe est le même que celui du cours d'eau et on cherche à déterminer les zones du lit majeur dont l'altitude est inférieure au niveau de référence fixé, sans que ces zones puissent être atteinte par du débordement. Dans le cas où les zones seraient atteintes par du débordement de cours d'eau pour le niveau de référence, elles seraient cartographiées en aléa débordement et non en remontée de nappes (voir Figure 113).

Le niveau de référence retenu pour cartographier les zones pouvant être impactées par des remontées de nappes a été fixé au niveau dans les cours d'eau mesuré sur le LIDAR + 40 cm. L'objectif est de définir ainsi une surface homogène calée sur la hauteur d'eau mesurée dans le lit-mineur non-débordant des rivières et majoré uniformément de 40 centimètres pour atteindre un niveau de lit-mineur proche d'un niveau hivernal pouvant se maintenir suffisamment longtemps pour influencer la hauteur du toit de la nappe.

Nota : Les données LIDAR ont très probablement été réalisées au début du printemps. Le niveau des cours d'eau correspond donc très probablement à un niveau plutôt haut.

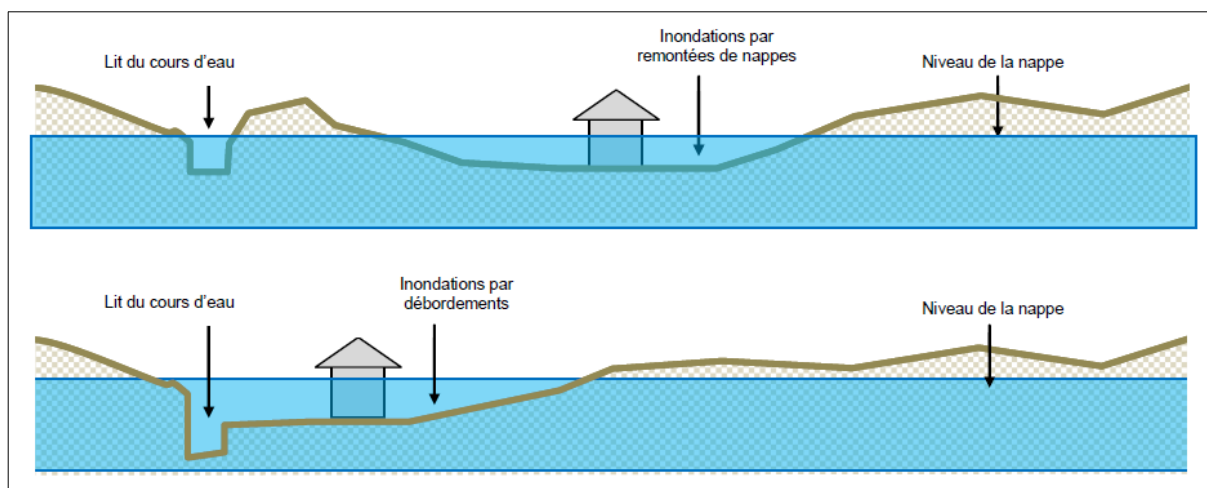


Figure 113: Schéma de principe expliquant le phénomène retenu (débordement ou remontées de nappes) pour un niveau haut de la nappe en fonction de la topographie

La cartographie des hauteurs d'eau par remontées de nappes associées au niveau de référence retenu est réalisée en appliquant les étapes suivantes :

- détermination du miroir correspondant à tous les niveaux de référence sur la zone d'études ;
- soustraction entre les altitudes du miroir d'eau et les altitudes LIDAR ;
- élimination des hauteurs négatives (la nappe est sous le niveau du sol) pour ne conserver que les hauteurs positives (la nappe est au-dessus du sol) ;
- élimination des éventuelles zones de débordement.

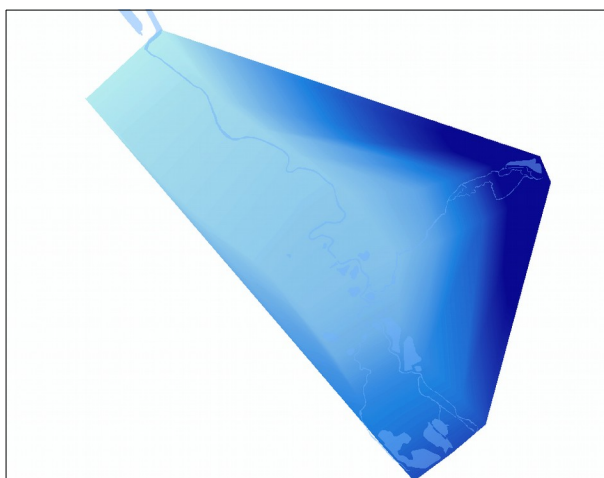


Figure 115: Création d'un miroir d'eau à partir des niveaux de référence retenus

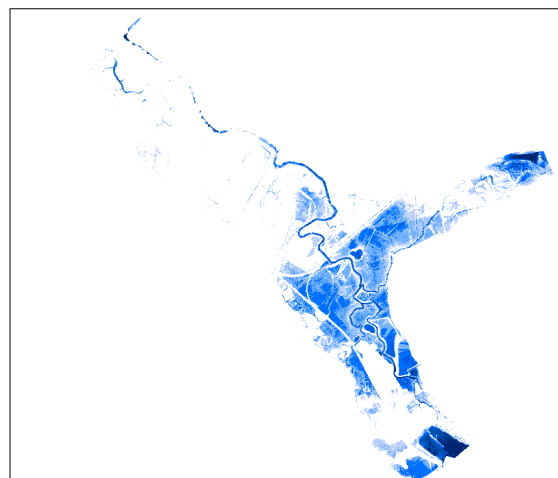


Figure 114: phénomènes de remontée de nappe

L'aléa de remontées de nappes final est qualifié à partir des différentes méthodes :

- données disponibles dans les études ;
- données recueillis par enquêtes auprès des élus ;
- analyses de terrain ;
- exploitation du LIDAR ;
- cartographie du bureau d'études HORIZON de l'ancien PPRI. Conformément aux demandes du maître d'ouvrage, les zone cartographiées en aléa remontée de nappes dans le PPRI Horizon ont été reprises dans leur intégralité ;

Une seule classe d'aléa est définie pour le phénomène de remontée de nappe, indépendante de la hauteur et de la vitesse.

Cf. Figure 106 p. 138.

Chapitre 7 : L'aléa inondation par ruissellement

7.1. Point sur la méthode d'identification des axes de ruissellement

La détermination des axes de ruissellement et des zones impactées par des ruissellements concentrés a été effectuée à partir des enquêtes auprès des élus, des études réalisées sur le ruissellement, de l'interprétation de la morphologie du terrain et de l'analyse des SGEP.

La pertinence du choix de cette méthode repose sur la possibilité d'observer directement la morphologie du terrain étudié. La détermination de l'ensemble des axes de ruissellement présents sur la zone d'étude a été réalisée grâce à un traitement numérique du Modèle Numérique de terrain (MNT) complété par une interprétation des photographies aériennes, puis validé par des observations de terrain.

En milieu naturel, les axes de ruissellement en sont définis à partir de la morphologie des combes sèches et des inflexions de terrains présentes dans la topographie sur les parties sommitales des plateaux. Le ruissellement atteignant la vallée se diffuse généralement à la sortie des combes ou rejoint un cours d'eau pérenne.

L'analyse des axes de ruissellement repose sur quatre étapes :

- l'enquête auprès des élus ;
- l'analyse des études hydrauliques (sur certaines combes) et des SGEP réalisés ;
- l'analyse des axes à partir du LIDAR (cartographie interprétative) ;
- la correction et la validation des cartographies sur le terrain.

La première phase, l'enquête auprès des élus et des collectivités locales, vise l'acquisition de la connaissance du territoire des acteurs locaux. Cette analyse sert à déterminer quelles zones ont déjà subi de tels phénomènes.

La seconde phase passe par une analyse bibliographique de l'historique des événements et des études réalisées sur les questions de ruissellement local : études techniques sur des combes particulières, schéma de gestion des eaux pluviales des quatre communes, etc.

La troisième étape consiste à réaliser un traitement automatisé des axes de ruissellement à partir de la topographie existante. Nous disposons pour certaines parties de la zone d'étude de levés LIDAR au pas de 1 mètre, pour d'autres uniquement du MNT issu de la BDTopo IGN au pas de 25 mètres.

La quatrième étape consiste en la validation sur le terrain des connaissances locales et des axes déterminés par traitement automatisé au cours de la troisième étape de l'analyse : la reconnaissance des structures topographiques et la localisation des axes identifiés lors de la précédente phase sont généralisés à l'ensemble des plateaux et des versants, ainsi qu'aux zones urbaines tout particulièrement là où la complexité topographique le nécessite.

7.2. Cartographie des axes de ruissellement

La cartographie des axes de ruissellement a été dressée grâce aux observations de terrain effectuées sur les communes de Martin-Église, d'Arques-la-Bataille et de Rouxmesnil-Bouteilles, où la morphologie des plateaux, des combes et de la vallée sont nettement identifiables. Le cas de Dieppe, de par son importante anthropisation a nécessité une approche plus fine où l'analyse de terrain a été couplée à l'exploitation du schéma de gestion des eaux pluviales.

7.3. Les mesures de lutte contre le ruissellement

Certaines mesures de lutte contre le ruissellement existent déjà sur la zone d'étude. Il s'agit principalement de petits bassins d'orages capables d'écarter temporairement les ruissellements. Ils sont situés la plupart du temps sur des axes de ruissellement stratégiques, à l'amont des zones à enjeux. Un réseau de fossés, installé le long des routes, complète le dispositif de maîtrise du ruissellement.

7.3.1. Commune d'Arques-la-Bataille

La commune d'Arques-la-Bataille possède un bassin de rétention situé peu avant l'intersection entre le chemin de Calmont et la RD54b. Il reçoit les eaux de ruissellement de la route départementale ainsi que les eaux collectées sur le chemin venant du plateau. Les eaux sont ensuite rejetées dans un fossé qui longe la route jusque dans la vallée.



Figure 116: Bassin de rétention en bordure de la RD54b

7.3.2. Commune de Dieppe

La commune de Dieppe connaît, notamment à Puys, des problèmes de ruissellement. Ces ruissellements sont en grande partie liés à l'imperméabilisation des terrains sur le plateau (zone d'activités d'Euro-Channel) et à la présence d'une combe bien marquée, le val d'Arquet. Ce dernier fait l'objet d'une étude de faisabilité de la gestion des écoulements depuis le haut du

bassin versant jusqu'à son exutoire dans la Manche. L'étude de 2003 met en avant que le mauvais entretien du bassin d'orage situé sur la zone d'Euro-Channel, à proximité de l'entreprise Toshiba, le rend non-fonctionnel et préconise une réhabilitation de l'axe de ruissellement dans le sentier du Val d'Arquet. Aujourd'hui encore, les ruissellements et ravinements peuvent occasionner des dégâts et l'exutoire de la combe nécessite un entretien régulier, notamment après certains épisodes pluvieux intenses.



Figure 117: Obstruction du réseau pluvial le long de l'avenue Alexandre Dumas à Puys (05/02/2013)



Figure 118: Exutoire du Val-d'Arquet

Les ruissellements observés à Puys proviennent également de la partie Est du bassin versant situé sur la commune de Bracquemont (rue des Limes).

Au-delà des phénomènes d'inondation que connaît le hameau de Puys, le centre-ville de Dieppe est coutumier de dysfonctionnements lors d'événements météorologiques intenses, d'autant plus dommageables lorsqu'ils sont concomitants avec de forts coefficients de marée empêchant les eaux de ruissellement de s'évacuer correctement. Sont particulièrement concernées : la rue de la Barre, la rue d'Écosse, l'avenue Gambetta, la place du Puits-Salé, etc.

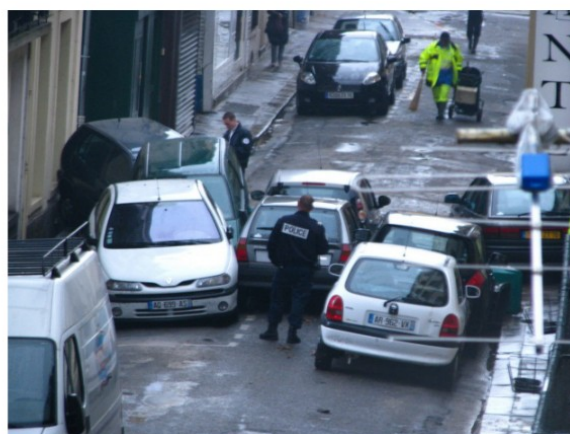


Figure 119: Embâcles d'automobiles dans les rues de Dieppe suite à un orage ayant provoqué un phénomène de ruissellement (source : SGEP de Dieppe)

7.3.3. Commune de Martin-Église

La commune de Martin-Église dispose de deux bassins de rétention des eaux de ruissellement dans la combe du val de Grèges qui connaît des phénomènes de grande ampleur.

Les deux ouvrages ont été réalisés en 1988 le long de la RD100. Le SIBEL les fait réhabiliter et modifier entre 2003 et 2005. Il les suit régulièrement depuis lors. Le bassin amont a une capacité de 7 100 m³ et le bassin aval, une capacité de 4 600 m³.

Aucun épisode pluvieux n'a été assez important pour provoquer une surverse depuis la réhabilitation des ouvrages. Les photographies ci-dessous ont été prises lors d'un épisode pluvieux particulièrement important en octobre dernier : les bassins ont joué leur rôle en écrêtant l'eau ruisselée de la D100.



Figure 120: Vue du Val de Grèges depuis la route du Mont de l'Épinette



Figure 121: Bassin de rétention à l'amont du Val de Grèges (source : SIBEL, 21/10/12)



Figure 122: Bassin de rétention à l'aval du Val de Grèges, à l'amont de Martin-Église (source : SIBEL, 21/10/12)

7.3.4. Commune de Rouxmesnil-Bouteilles

La commune de Rouxmesnil-Bouteilles dispose sur son territoire de deux ouvrages de protection contre les ruissellements. Tous deux se situent dans la combe qui relie Rouxmesnil-le-Haut à la mairie de Rouxmesnil-Bouteilles.

Le bassin situé le plus en amont est un bassin d'orage de faible dimension, destiné à ralentir l'écoulement des eaux en provenance du plateau. Il est cependant trop près de la route et ne contrôle pas les écoulements provenant des combes annexes proches.

Le second ouvrage se situe immédiatement à l'amont des écoles de Rouxmesnil-Bouteilles et barre l'axe de ruissellement de la combe. La taille modeste de l'ouvrage ne lui permet cependant pas d'assurer une protection satisfaisante en cas d'épisode météorologique important (inondation du parking de l'école par des eaux excédentaires).



Figure 124: bassin d'orage rue du vallon (source : SIRCA, 24/08/2006)



Figure 123: Merlon de protection rue du vallon (06/02/2013)

7.4. Qualification de l'aléa ruissellement

L'aléa a été qualifié par méthode hydrogéomorphologique c'est-à-dire que l'enveloppe de l'aléa ainsi que les hauteurs et les vitesses ont été estimées à dire d'experts d'après les caractéristiques morphologiques du terrain. La qualification de l'aléa se base sur la grille hauteur/vitesse ci-dessous :

Hauteurs / Vitesses	Vitesse faible	Vitesse forte
$H < 20 \text{ cm}$	Faible	Fort
$20 \text{ cm} < H < 50 \text{ cm}$	Moyen	Fort
$H > 50 \text{ cm}$	Fort	Fort

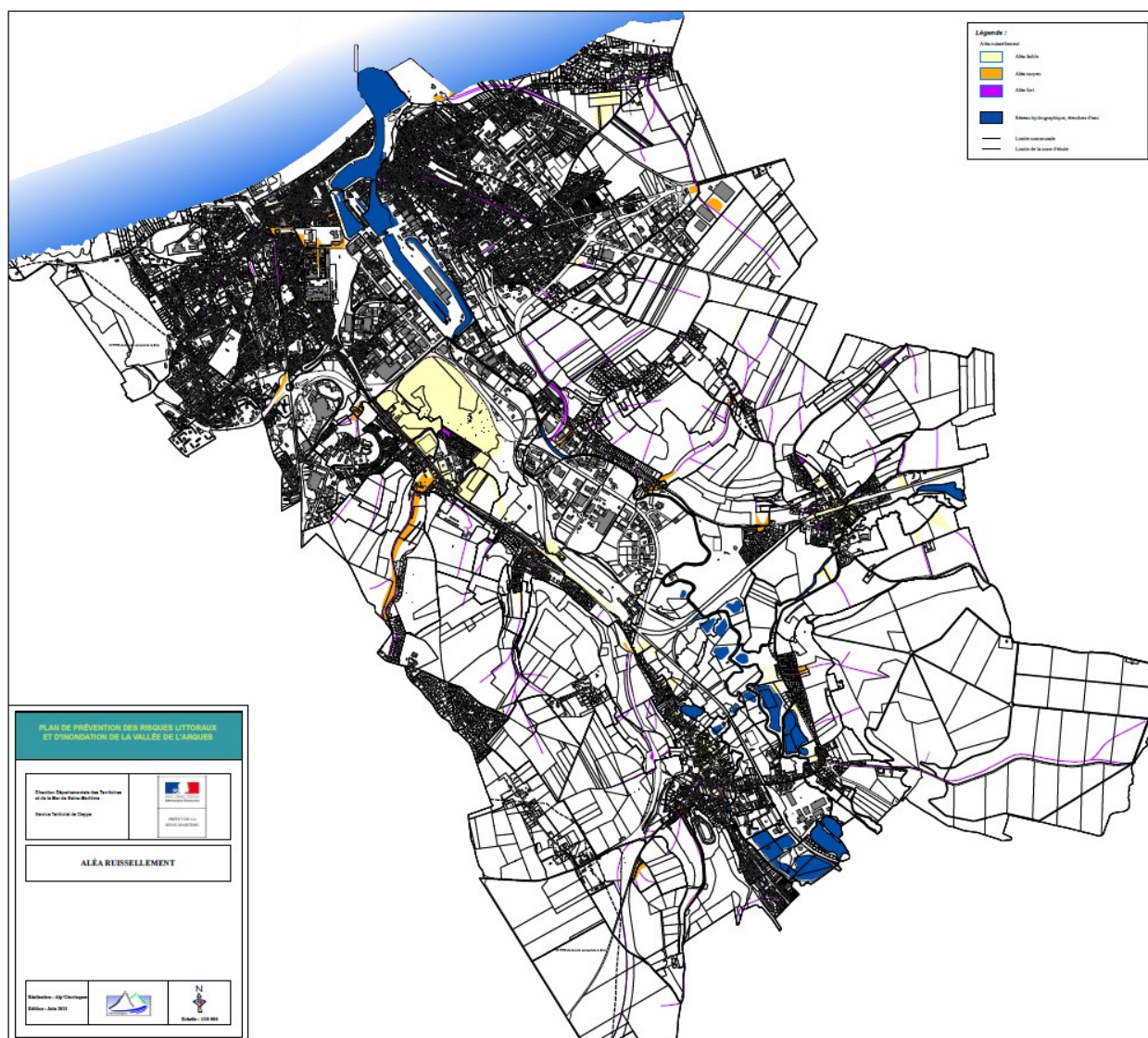


Figure 125: Carte des aléas de ruissellement

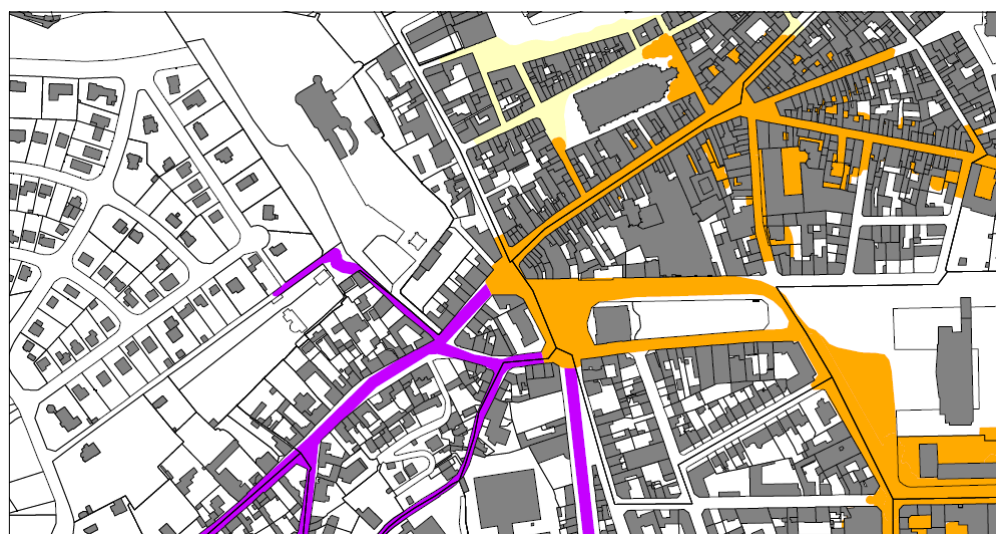


Figure 126: Extrait de la carte d'aléa de ruissellement de Dieppe

Chapitre 8 : Les enjeux

L'analyse des enjeux consiste en une identification et une qualification des enjeux pouvant être soumis aux inondations pour les aléas retenus dans le Plan de Prévention des Risques littoraux et d'inondation de la vallée de l'Arques.

Cette étape d'analyse est essentielle dans le cadre de l'élaboration du zonage réglementaire. En effet, le zonage réglementaire se base sur le croisement des aléas et des enjeux. À chaque zone issue de ce croisement est associé un règlement pouvant porter sur des interdictions, des prescriptions ou des recommandations.

L'objectif est donc d'établir en premier lieu l'occupation du sol à l'échelle de la zone d'étude de manière à différencier les zones urbanisées des zones naturelles. La seconde étape consiste à établir une différenciation interne de chaque type d'espace urbanisés et de chaque type d'espace naturels. Enfin, l'analyse de l'occupation du sol ne saurait être complète sans une analyse des réseaux en jeu.

Cette analyse de l'occupation du sol permettra, après simplification, et croisement des cartes des aléas, de déterminer les zones d'expansion de crue en fond de vallée, c'est-à-dire, les secteurs où l'urbanisation n'a pas encore consommé l'espace de liberté des cours d'eau.

8.1. Données d'entrée

8.1.1. Analyses de l'occupation du sol à partir des documents numériques

L'appréciation des enjeux et de leur vulnérabilité sur un territoire implique d'avoir une bonne connaissance du contexte socio-économique et environnemental de ce territoire, ainsi que de l'aléa générateur de la vulnérabilité.

Il est donc indispensable de s'approprier les différents documents de base qui seront exploités dans le cadre de la mission. Il s'agit des documents de la liste suivante, agrémentés de commentaires liés à leur utilisation :

- cartographie de l'occupation du sol réalisée au cours de la Phase 1 « Analyse du site » et présentée dans le livrable « Etape 1.2 : Analyse historique » : il s'agit des couches SIG réalisées par Alp'Géorisques dans le cadre de la phase 1 du PPRLI de la Vallée de l'Arques. L'analyse demeure trop succincte pour une utilisation sous la forme de carte des enjeux, mais apporte une première appréciation des deux grands ensembles « espace urbanisé » et « espace naturel ». Cette première évaluation nous a servi de base de travail pour réaliser la cartographie des enjeux.
- photographies aériennes : la photo-interprétation correspond à la seconde étape de l'analyse de l'occupation du sol dans le cadre du recensement des enjeux. Nous avons travaillé à partir du jeu de données disponible le plus récent, à savoir 2012. Cette couverture a permis d'analyser et de localiser avec la précision du 1/5000 (échelle de rendu de la cartographie des enjeux) les différents enjeux et d'affiner l'occupation du sol déterminée lors de la phase 1.2.
- BDTopo : cette base de données permet en plus de la BD cadastrale une localisation correcte du bâti nécessaire dans le cadre de l'analyse de l'occupation du sol, de la localisation des zones urbanisées, des enjeux stratégiques, des ERP, etc.

- ressources Internet : l'utilisation de plans de localisation communaux ou de l'outil « streetview » développé par Google permet une bonne localisation du bâti en plus de l'analyse à l'aide de la BDTopo.

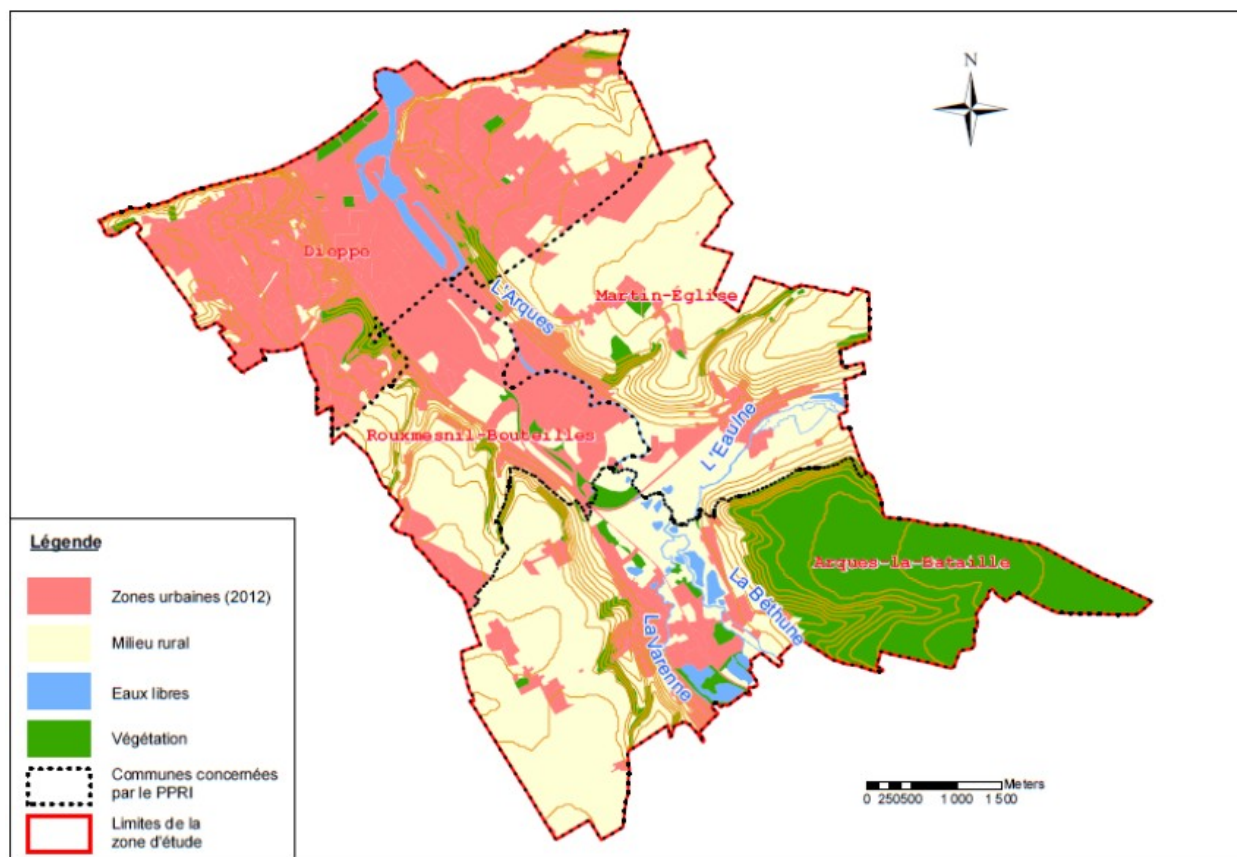


Figure 127: Carte d'occupation du sol du périmètre d'étude

8.1.2. Analyse des enjeux stratégiques

Les enjeux stratégiques sont constitués des moyens et infrastructures utilisés par les organismes de secours ou de gestion de crise au niveau local comme au niveau supérieur. La restitution de la cartographie des enjeux liés à la gestion de crise est faite sous la forme de cartes établies au 1/5000 cadastral par commune. Ils sont constitués par :

- les enjeux sensibles et stratégiques :
 - Établissements stratégiques (centre de secours, administration, etc.) :
 - mairies ;
 - services techniques ;
 - centres de secours ;
 - gendarmeries ;
 - centres de l'équipement ;
 - quartiers militaires ;
 - etc.
 - établissements scolaires et de petite enfance
 - bâtiments d'enseignement ;
 - etc.

- Infrastructures d'hébergement
 - gymnase ;
 - salle des fêtes/polyvalente ;
 - bâtiments publics ;
 - terrains de camping ;
 - etc.
- infrastructures de santé
 - hôpitaux ;
 - EHPAD ;
 - maisons de retraite ;
 - etc.
- les équipements sensibles et stratégiques :
 - les réseaux routiers ;
 - les réseaux ferrés ;
 - les enjeux présentant un risque de sur-accident (par exemple : entreprise SEVESO) ;
 - les enjeux présentant un risque pour l'environnement (déchetteries, décharges, incinérateur, etc. ;
 - etc.

8.1.3. Analyses de terrain

Par ailleurs, afin de cerner l'intégralité de ces enjeux et du contexte dans lequel ils évoluent, l'appropriation des connaissances ne peut être complète sans une analyse poussée du terrain. Pour cela, il faut envisager d'arpenter l'intégralité du bassin versant. Si l'analyse des photographies aériennes verticales ou obliques permet de dresser une forme générale d'occupation du sol, seul l'appropriation du terrain sous forme de reconnaissances pédestres permet :

- de valider l'occupation du sol : le premier type de validation de terrain dans le cadre de l'analyse des enjeux consiste en plusieurs visites de terrain. Il s'agit de valider de manière pédestre l'ensemble des hypothèses de travail émises lors de l'analyse par photo-interprétation ;
- de valider les enjeux stratégiques : le second type de validation a aussi donné lieu à une visite de terrain au cours de l'hiver 2012. Il s'est agi de valider les hypothèses et de répertorier sur chaque commune l'ensemble des établissements recevant du public.

La dernière étape passe par l'analyse des zones urbanisées et des zones d'expansion de crues creuses. Ces dernières feront l'objet d'un repérage systématique sur l'occupation du sol après comparaison avec les aléas et validations de terrain.

8.2. Méthodologie

L'ensemble des zones a en premier lieu été identifié à partir de la cartographie de l'occupation du sol réalisée lors de l'étape 1.2 et complété par l'exploitation des photographies aériennes.

Le second temps de cette phase s'est porté sur la validation de terrain pour permettre de visualiser les informations recueillies et de vérifier le travail de délimitation des zones homogènes ; parallèlement une enquête a été menée auprès des élus afin de valider la présence et la localisation d'ERP et de projets d'urbanisation à l'échelle communale.

L'emprise stricte du périmètre urbanisé actuel a été identifiée de manière à représenter :

- les zones actuellement urbanisées ;
- les espaces ouverts à l'urbanisation (zones d'urbanisation futures inscrites au PLU et projets communaux le cas échéant) ;
- les équipements sensibles (ERP, équipements stratégiques, etc.) ;
- les axes de communication (routière et ferroviaire) ;
- les bâtiments et secteurs refuge ;
- les bâtiments industriels et commerciaux ;
- les zones naturelles et les zones agricoles (prairies et culture) ;
- les espaces forestiers ;
- les Zones d'Expansion des Crues.

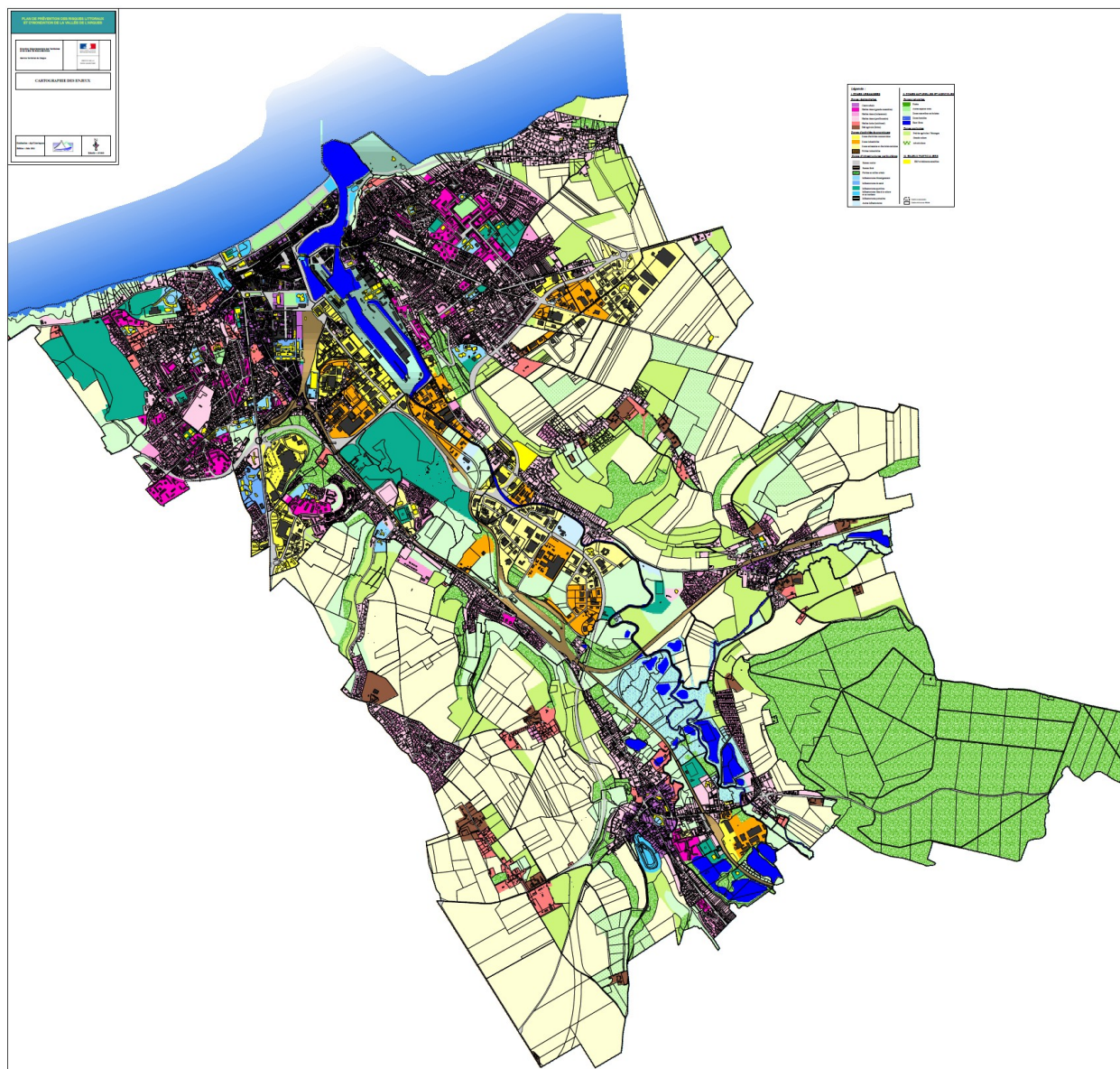


Figure 128: Carte globale des enjeux à l'échelle de la zone d'étude

8.2.1. Cartographie des enjeux

La restitution de la cartographie des enjeux est faite sous la forme de cartes établies au 1/5000 par commune, sur fond cadastral. Cette cartographie distingue :

- les zones résidentielles : elles présentent différents types d'habitat et de densités de population ;
- les zones d'activités économiques : industries, commerces, artisanat, etc. ;
- les zones d'infrastructures particulières, qui comprennent les zones d'infrastructures variées, telles que les cimetières, les zones de gestion des eaux (SETP, etc.), etc. ;
- les zones naturelles et agricoles, qui séparent les zones naturelles peu impactées par l'homme des territoires naturels artificialisés dans le cadre de l'exploitation agricole et forestière ;
- les infrastructures de transport, qui sont représentées par l'ensemble du réseau routier et ferroviaire à l'échelle du bassin versant ;
- les enjeux particuliers : (enjeux stratégiques et ouvrages de protection) ;

Une typologie de ces classes d'enjeux est donnée ci-après.

8.2.1.1. Les zones urbanisées

Les zones actuellement urbanisées sont divisées en trois groupes : les zones résidentielles, les zones d'activités économiques et les zones d'infrastructures particulières. Elles distinguent :

a) Les zones résidentielles

- l'urbanisation dense (Centre bourg) : il s'agit des zones d'urbanisation les plus denses, qui correspondent le plus souvent au centre historique des communes. Ils sont caractérisés par quatre critères : occupation du sol importante et ancienne, continuité du bâti, mixité des usages, (habitations, commerces, services publics, bâtiments publics, etc.). Dans le cas des communes les plus densément urbanisées, le centre bourg s'apparente à un centre-ville. Certaines communes rurales ne possèdent pas forcément de centre bourg (cas des regroupements de hameaux sans centre) ;
- en périphérie des centres-bourgs ou des centres-villes, on rencontre fréquemment trois types d'habitat dense : les grands ensembles, les lotissements et les zones pavillonnaires. Si l'occupation des sols reste importante, elle n'est pas forcément ancienne (zones pavillonnaires hors lotissement) et ne présente pas nécessairement une mixité des usages. L'habitat dense peut aussi se présenter, dans le cas de certaines agglomérations, sous la forme de village-rue ou de faubourg-rue. L'urbanisation s'agrippe aux axes de communication et ne présente pas de profondeur. Passé la première rangée de bâtiment, l'urbanisation laisse place à l'agriculture et aux espaces naturels ;
- l'habitat diffus : ce type d'habitat est le plus souvent rural (hameaux de 3 à 6 maisons), habitat ancien rénovés, villas isolées, etc., et du bâti agricole (corps de ferme, etc.). Le bâti n'est pas continu et l'espace entre les maisons est occupé par de petites parcelles agricoles, des parcs et des jardins. Ces zones ne présentent que très peu d'activités autres qu'agricoles.

b) Les zones d'activités économiques

- les zones d'activités commerciales ;
- les zones industrielles ;

- les zones artisanales et d'activités tertiaires ;
- les friches industrielles.

c) Les zones d'infrastructures particulières

- les réseaux de communication (routier et ferré) ;
- les friches urbaines ;
- les infrastructures d'enseignement ;
- les infrastructures de santé ;
- les infrastructures sportives ;
- les infrastructures liées à la culture et au tourisme ;
- les infrastructures portuaires ;
- les autres infrastructures.

8.2.1.2. Les zones naturelles et agricoles

Les zones naturelles et agricoles sont divisées en deux groupes : les zones naturelles et les zones agricoles :

a) Les zones naturelles

Les zones naturelles regroupent en particulier les espaces forestiers (naturels), les zones humides et la ripisylve (forêt se développant aux abords de la rivière) et les terres agricoles abandonnées. Les espaces verts urbains sont aussi identifiés sur les cartes d'enjeux.

Les zones humides et marécageuses sont aussi repérées sur les cartes d'enjeux.

Ces zones naturelles comprennent aussi l'ensemble des « eaux libres » présentes sur le bassin versant, à savoir l'intégralité du réseau hydrographique et l'ensemble des mares, étangs, etc., identifié ainsi que les bassins du port de Dieppe.

b) Les zones agricoles

Les zones agricoles regroupent les prairies, qu'elles soient naturelles ou plantées, et les grandes cultures qui exploitent les terres des plateaux et des basses plaines alluviales. Les pâtures se cantonnent le plus souvent sur des pentes peu soutenues et dans le lit majeur de la rivière. Certains terrains sont aussi concernés par de l'arboriculture.

8.2.1.3. Les enjeux particuliers

Les enjeux particuliers sont signalés sur l'ensemble de la cartographie des enjeux du PPRLI. Les bâtiments correspondants (ERP et bâtiments sensibles) sont repérés par une couleur distincte dans la légende et par leur typologie.

- ERP principaux : Établissements Recevant du Public ;
- bâtiments sensibles, c'est-à-dire, ceux intervenant dans la gestion de crise (mairie, services de secours, police-gendarmerie, etc.) et ceux accueillant une population particulièrement vulnérable (établissements scolaires, établissement de santé, etc.).

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'Inondation de la vallée de l'Arques Rapport de présentation

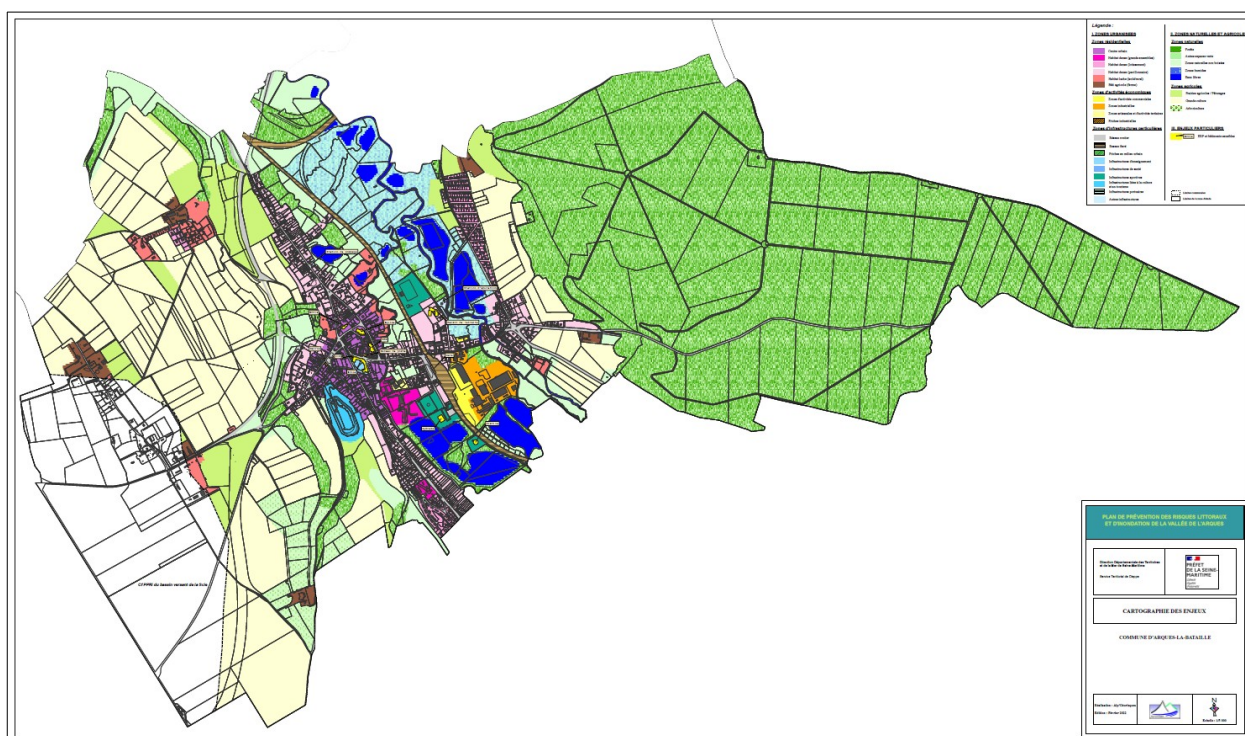


Figure 129: Carte des enjeux d'Arques-la-Bataille



Figure 130: Carte des enjeux de Dieppe

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'Inondation de la vallée de l'Arques

Rapport de présentation

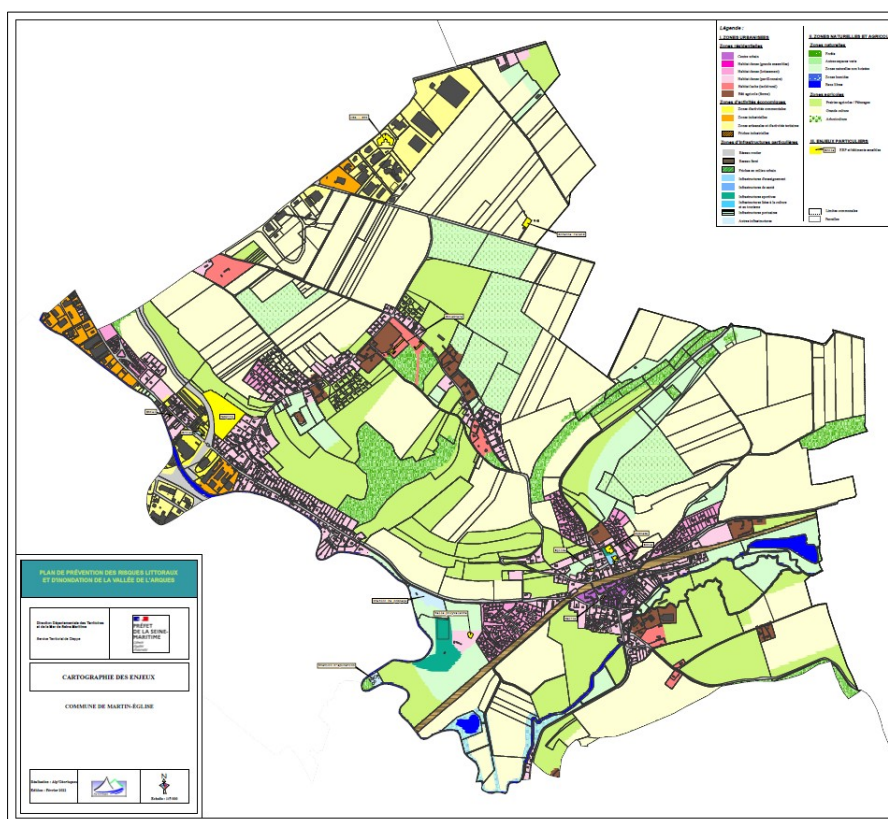


Figure 131: Carte des enjeux de Martin-Église



Figure 132: Carte des enjeux de Rouxmesnil-Bouteilles

8.2.1.4. Enjeux PPRLI

Afin de simplifier la réglementation du PPRLI, il a été décidé de procéder à un regroupement des types de zones. La carte ainsi obtenue, qui a servi à l'élaboration du plan de zonage du PPRLI, est dénommée « carte des enjeux PPRLI ».

Le regroupement s'est effectué selon la grille ci-dessous :

Habitat dense (grands ensembles)	Espace urbanisé
Habitat dense (lotissements)	
Habitat dense (pavillonnaire)	
Zone d'activité commerciale	
Zone d'activité industrielle	
Zone d'activité artisanat et tertiaire	
Infrastructure d'enseignement	
Infrastructure sportive	
Infrastructure de santé	
Infrastructure portuaire	
Autre Infrastructure	
Friche en milieu urbain	
Habitat diffus (isolé/rural)	Espace peu urbanisé
Infrastructure sportive	
Infrastructure culture et tourisme	
Bâti agricole	
Forêt	Zone naturelle et agricole
Autre espace vert	
Zone naturelle non boisée	
Zone humide	
Prairie	
Grande culture	
Arboriculture	

Figure 133: Grille de regroupement des usages du sol.

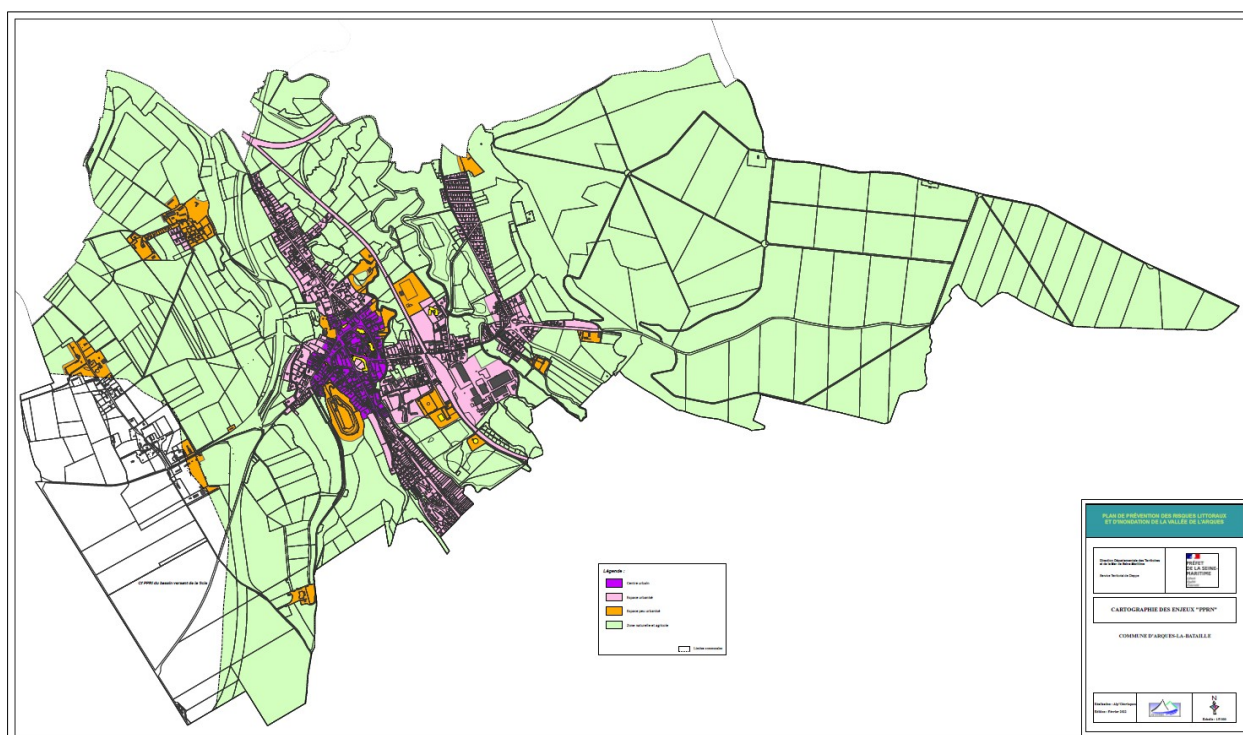


Figure 134: Carte des enjeux PPRLI d'Arques-la-Bataille

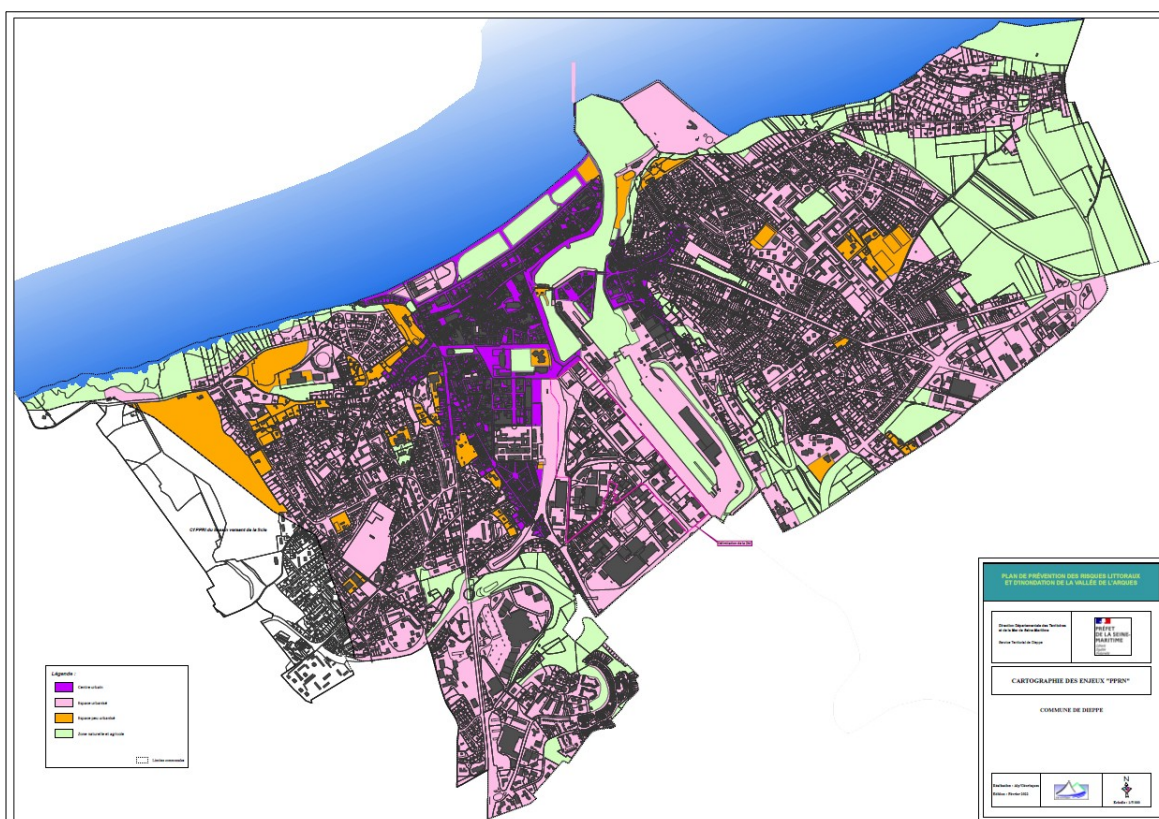


Figure 135: Carte des enjeux PPRL de Dieppe.

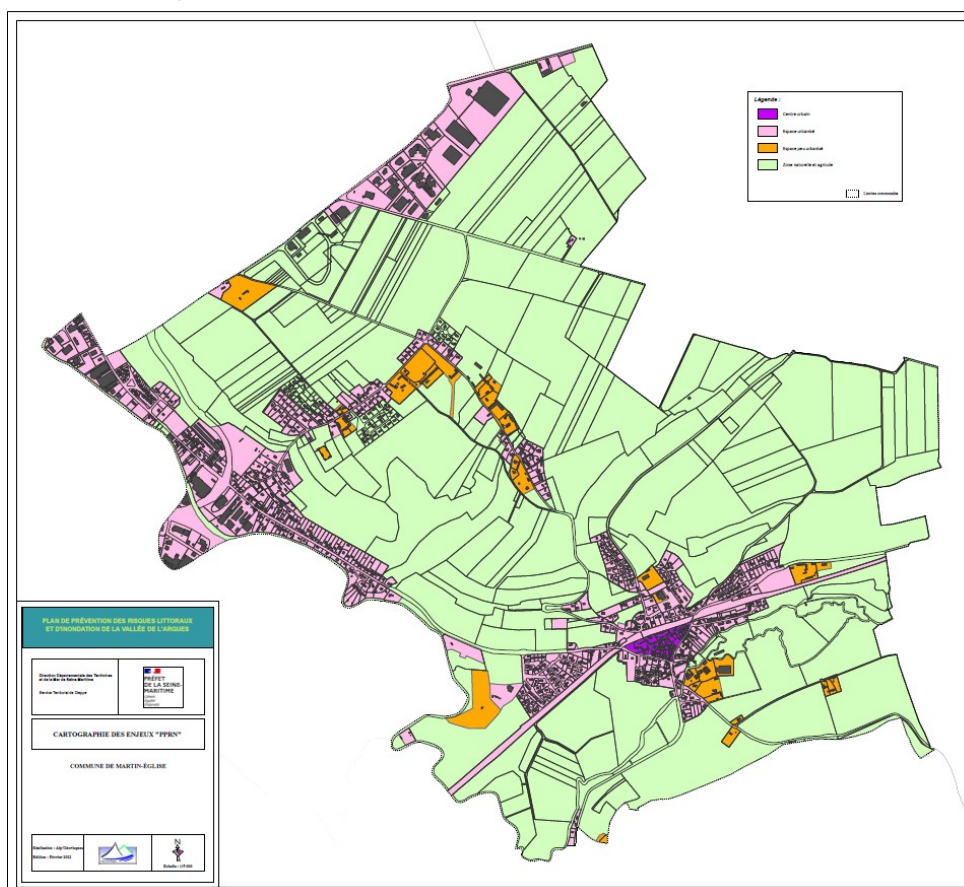


Figure 136: Carte des enjeux PPRL de Martin-Église.

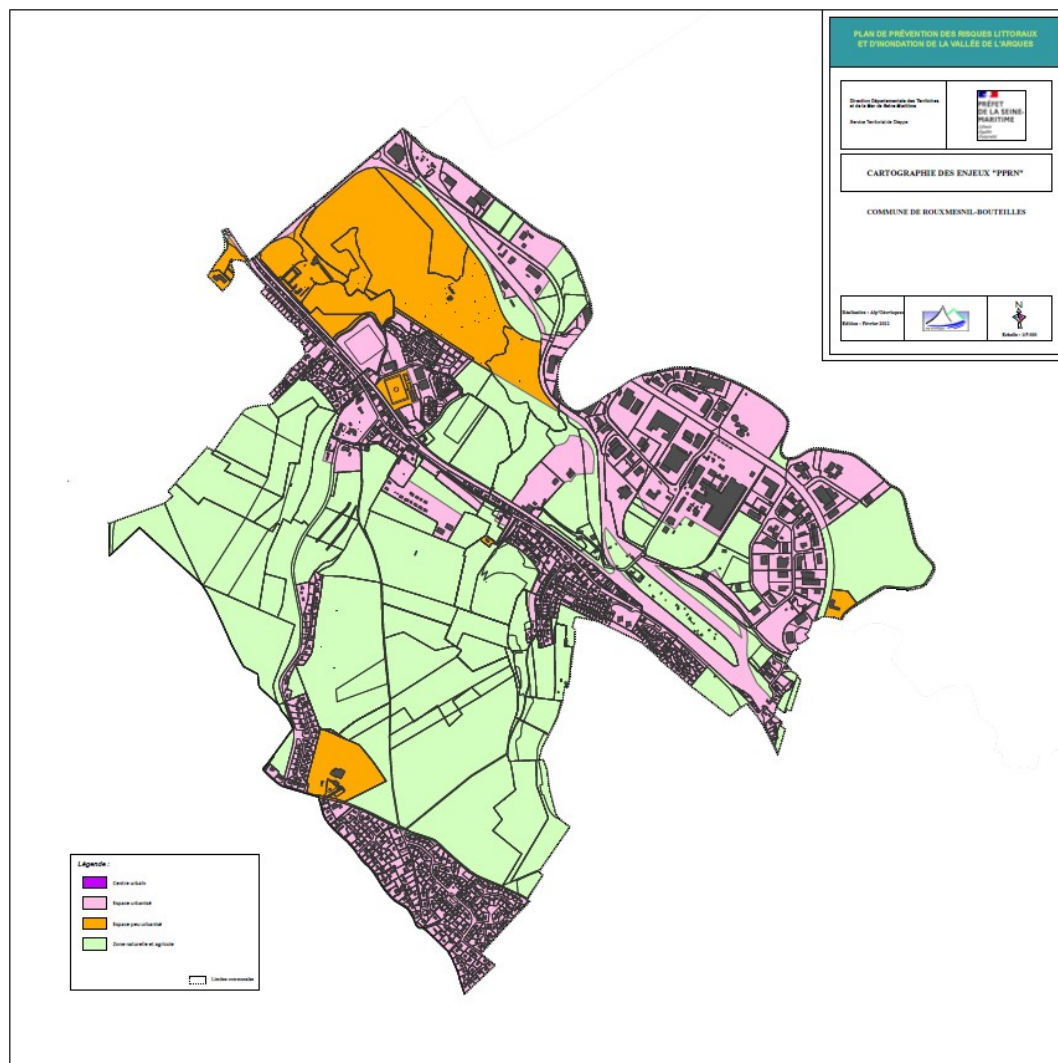


Figure 137: Carte des enjeux PPRLI de Rouxmesnil-Bouteille

Chapitre 9 : Le zonage réglementaire

Comme exposé précédemment, le risque est établi par croisement entre l'aléa et les enjeux du territoire. L'objectif du zonage réglementaire est d'informer sur le risque encouru et d'identifier des zones homogènes, pour lequel le règlement édicte des mesures de prévention, protection ou de sauvegarde. Chacune des zones se voit donc identifiée de manière homogène par :

- un niveau d'aléa (faible, moyen, fort ou très fort) ;
- un objectif de prévention ;
- des mesures réglementaires permettant d'assurer la mise en œuvre des objectifs précédemment identifiés.

Le zonage réglementaire est établi pour chaque commune au 1/5 000 sur fond cadastral.

9.1. Définition des objectifs de prévention et zonage

Le PPRL poursuit les objectifs généraux de prévention suivants :

- préserver les zones d'expansion marines actuelles afin de ne pas aggraver les impacts des inondations ;
- cesser l'implantation de constructions et de logements dans les zones urbanisées les plus exposées (aléa fort) ;
- réglementer la construction dans les zones urbanisées moins exposées, de sorte que la vulnérabilité des nouveaux enjeux (humains ou matériels) soit maîtrisée ;
- réduire la vulnérabilité des enjeux existants.

9.2. Principe de la transcription réglementaire

Les modalités de passage des aléas et des enjeux au plan de zonage réglementaire traduit les objectifs de prévention du PPRLI. Ainsi, le zonage PPRLI est obtenu par l'application de la matrice suivante :

9.2.1. Réglementation de la submersion marine

La réglementation des zones exposées à la submersion marine fait l'objet d'une réglementation au moyen de hachures verticales.

Le tableau ci-après synthétise la grille de croisement entre l'usage du sol (enjeux PPRLI) et l'aléa centennal ainsi que l'aléa centennal à échéance 2100 (tableau à trois entrées) :

Enjeux	Aléa	Échéance 2100 ↓		
	de référence ↓	Faible	Moyen	Fort
Centre urbain	Nul			
	Faible			
	Moyen			
	Fort			
	Très fort			
Espace urbanisé	Nul			
	Faible			
	Moyen			
	Fort			
	Très fort			
Espace peu urbanisé	Nul			
	Faible			
	Moyen			
	Fort			
	Très fort			
Zones naturelles et agricoles	Nul			
	Faible			
	Moyen			
	Fort			
	Très fort			

Figure 138: Grille de croisement pour la submersion marine.

9.2.2. Réglementation du choc mécanique des vagues et projections

Le choc mécanique des vagues et projections est traduit en un aléa unique : fort. Il n'a donc pas été distingué de différence réglementaire en fonction de l'usage du sol concerné. Ces zones sont représentées par un croisillon rouge en surcharge des autres règlements.

Enjeux	Choc mécanique des vagues et projection
Centre urbain	
Espace urbanisé	
Espace peu urbanisé	
Zones naturelles et agricoles	

Figure 139: Grille de croisement pour le choc mécanique des vagues et projections

9.2.3. Réglementation de l'inondation par débordement de cours d'eau

La réglementation des zones exposées à l'inondation par débordement de cours d'eau fait l'objet d'une réglementation au moyen d'aplats cians.

Le tableau ci-après synthétise la grille de croisement entre l'usage du sol (enjeux PPRLI) et l'aléa centennal :

Enjeux	Aléa de référence		
	Faible	Moyen	Fort
Centre urbain			
Espace urbanisé			
Espace peu urbanisé			
Zones naturelles et agricoles			

Figure 140: Grille de croisement pour l'inondation par débordement de cours d'eau

9.2.4. Réglementation de l'inondation par remontée de nappe

L'inondation par remontée de nappe est traduit en un aléa unique : modéré. Il n'a donc pas été distingué de différence réglementaire en fonction de l'usage du sol concerné. Ces zones sont représentées par un aplat rose, éventuellement sous des zones hachurées.

Enjeux	Remontée de nappe
Centre urbain	
Espace urbanisé	
Espace peu urbanisé	
Zones naturelles et agricoles	

Figure 141: Grille de croisement pour l'inondation par remontée de nappe

9.2.5. Réglementation de l'inondation par ruissellement

La réglementation des zones exposées à l'inondation par ruissellement fait l'objet d'une réglementation au moyen de hachures obliques.

Le tableau ci-après synthétise la grille de croisement entre l'usage du sol (enjeux PPRLI) et l'aléa centennal :

Enjeux	Aléa de référence		
	Faible	Moyen	Fort
Centre urbain			
Espace urbanisé			
Espace peu urbanisé			
Zones naturelles et agricoles			

Figure 142: Grille de croisement pour l'inondation par ruissellement

9.2.6. Réglementation spécifique

Eu égard à l'intérêt économique supra-communal de la ZAC de Dieppe, il a été décidé d'appliquer un règlement particulier en sus des contraintes spécifiques relatives aux différents risques considérés. Le périmètre d'application de ce règlement particulier est souligné par un trait continu rose fushia :



9.2.7. Gestion des superpositions

Certaines portions du territoire peuvent être soumises à plusieurs risques. Ces zones sont représentées par une superposition de hachures ou de hachures et d'aplat.

Les règlements s'appliquent de façon cumulative.

En cas de discordance entre deux règlements superposés, c'est la règle la plus contraignante qui doit être appliquée. En cas de doute, c'est toujours l'option la plus sécuritaire qui doit être retenue.

9.3. Du zonage au règlement

Le règlement précise les règles s'appliquant à chacune des zones. Le règlement définit ainsi les conditions de réalisation de tout projet, les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui incombent aux particuliers ou aux collectivités, mais aussi les mesures applicables aux biens et activités existants. Le règlement édicte des prescriptions ou émet des recommandations au titre du Code de l'Urbanisme et du Code de la Construction notamment.

En cas de non-respect des prescriptions définies par le PPRLI, les modalités d'assurance des biens et personnes sont susceptibles d'être modifiées. Les recommandations n'ont pas de caractère réglementaire.

9.3.1. Organisation du règlement

9.3.1.1. Structure du règlement

Le règlement du PPRLI de l'Arques est organisé en cinq grandes parties :

1. Les dispositions générales ;
2. Réglementation ;
3. Mesures de réduction de la vulnérabilité des biens et des personnes ;
4. Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde ;
5. Textes législatifs et réglementaires de référence

9.3.1.2. Organisation en zones de réglementation homogène

Le règlement (partie 2) est présenté par zone, chacune d'elle correspondant à des objectifs de prévention déterminés.

De façon générale, les zones rouges et les zones quadrillées orange ont un caractère d'interdiction. En effet, il s'agit de zones soumises à un aléa fort ou très fort, à préserver de toute urbanisation nouvelle, sauf dispositions particulières.

Les zones bleu foncé sont des zones où il convient d'éviter tout nouvel apport de population résidente et de ne pas augmenter de manière substantielle les biens et activités vulnérables.

Les zones bleu clair et de points bleus, ainsi que la zone de réglementation spécifique, sont des zones dans lesquelles les nouvelles constructions sont autorisées sous conditions.

Les zones blanches sont réputées non-exposées aux phénomènes de référence et ne supportent aucune réglementation au titre du PPRLI.

9.3.1.3. Principes et mesures de réduction de la vulnérabilité

Un des objectifs du PPRLI est de réduire la vulnérabilité des biens déjà exposés et construits antérieurement à l'approbation du PPRLI. Cela se traduit de deux manières :

- des mesures relatives aux projets intervenant sur du bâti existant : changements de destination, extensions, annexes ;
- des mesures applicables à l'ensemble des biens ou bâtiments déjà implantés dans l'une ou l'autre des zones du PPRLI.

Dans les deux cas, le repère commun est la cote de référence : il constitue un objectif pour la mise en sécurité des biens et des personnes, correspondant au niveau pouvant être atteint pour l'événement de référence centennal. Bien entendu, il s'agit d'un objectif minimum, et le pétitionnaire peut choisir d'aller au-delà.

9.3.1.4. Objectifs et cadre réglementaire des mesures applicables à l'existant

Les mesures **prescrites** ou **recommandées** pour les biens et activités existants à la date d'approbation du PPRLI, ont pour but de permettre aux habitants et aux activités déjà existantes mais situés en zone inondable de poursuivre l'occupation normale des locaux, en prenant des dispositions permettant de limiter les dégradations éventuelles. Elles sont prises en application du 4° du II de l'article L. 562-1 du code de l'environnement. Elles sont mises en œuvre par les personnes physiques ou morales propriétaires, exploitants ou utilisateurs des biens concernés, sous réserve, lorsqu'il s'agit de biens à usage professionnel. Seules **les prescriptions ont un caractère obligatoire**.

Les mesures prescrites peuvent être financées par le fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM), conformément à l'article L.561-3 du code de l'environnement, **sous réserve d'éligibilité, selon les conditions en vigueur au moment de la réalisation des travaux prescrits**. Ce sont uniquement les prescriptions obligatoires (à réaliser dans un délai maximal de 5 ans ou moins si spécification contraire) qui sont finançables, alors que les mesures simplement recommandées ne le sont pas.

Pour bénéficier d'un financement et avant tout démarrage des travaux, il est nécessaire au préalable de déposer une demande de subvention. Des renseignements peuvent être demandés à la direction départementale des territoires et de la mer (DDTM).

Pour des propriétés privées, le montant des mesures rendues obligatoires est **limité à 10 % de la valeur vénale** des biens exposés conformément à l'article R 562-5 du code de l'environnement et à l'article 5 du décret du 5 octobre 1995. Le règlement précise les modalités d'adaptation lorsque le montant des travaux prescrits conduit à dépasser ce plafond.

Le non-respect des mesures imposées par le PPRLI est sanctionné par le Code de l'urbanisme, le Code pénal et le Code des assurances, comme le stipule les articles L 562-1 et L. 562-5 du Code de l'environnement. Se référer aux réglementations en vigueur (rappelées notamment par l'annexe du règlement relative au code des assurances).

La nature et les conditions d'exécution des mesures de prévention sont définies et mises en œuvre sous la responsabilité du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre concernés par les constructions, travaux et installations visés. Ceux-ci sont également tenus d'assurer les opérations de gestion et d'entretien nécessaires pour maintenir la pleine efficacité de ces mesures.

9.3.1.5. Mesures inscrites au règlement et applicables au bâti pré-existant en zone réglementée du PPRLI

Le PPRLI prescrit ou recommande la mise en œuvre d'un certain nombre de dispositifs d'accompagnement visant à réduire, plus qu'annuler, les effets des inondations, notamment les phénomènes les plus courants.

Les mesures choisies pour être prescrites correspondent à un coût modéré au regard des dommages évités, et peuvent être mise en œuvre en évitant l'exécution de travaux de gros-œuvre. Les mesures visant à la protection des personnes et à la limitation de la pénétration de l'eau dans le bâtiment sont privilégiées.

Ces mesures techniques ne pourront pas toujours soustraire le bien protégé d'une submersion centennale, cependant, ils pourront se montrer efficaces sur des submersions plus courantes avec des phénomènes de moindre importance. Ils joueront également un rôle dans le cadre de la gestion de crise pour les inondations plus conséquentes : les batardeaux pourront ainsi éviter

ou limiter l'intrusion d'eau dans les habitations et les pompes pourront permettre un retour à une situation « normale » dans les meilleurs délais.

9.3.1.6. Réduction de la vulnérabilité à l'occasion de projets concernant l'existant

Dans le cas de projets intervenant sur du bâti existant, l'objectif des mesures inscrites au règlement est de favoriser les transformations qui conduiront à améliorer la situation : diminuer le nombre de personnes résidant en zone à risques, ne plus y accueillir un public vulnérable, créer des espaces refuges lorsqu'ils étaient inexistantes, interdire les pièces de vie nouvelles en sous-sol, etc.

Ainsi, on considère que les changements de destination qui visent à exposer des enjeux moins vulnérables qu'initialement, c'est-à-dire qui sont moins importants (baisse de la valeur financière des biens exposés, réduction du nombre de personnes exposées, etc.) ou qui sont mis en sécurité (rehausse du plancher par exemple, etc.) prennent en compte le risque et sont une occasion de diminuer globalement la vulnérabilité de la zone.

9.3.2. Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde

En complément de la réglementation des projets et des mesures applicables au bâti et aux activités existants, le PPRLI prescrit des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui ont pour objectifs : la limitation des risques et des effets ; l'information de la population ; la préparation à la gestion de la crise et l'organisation des secours. Ces mesures sont prises en application du 3° du II de l'article L. 562-1 du code de l'environnement (les mesures de réduction de la vulnérabilité relevant du 4° du II du même article).

Le règlement regroupe à la fois les mesures à l'existant, et les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde. Il est divisé en chapitres identifiant les différents responsables de leur mise en œuvre : propriétaires et exploitants de biens et activités existants à la date d'approbation du PPRLI ; collectivités ; établissements recevant du Public (ERP) ; gestionnaires de réseaux ou d'équipements sensibles ; gestionnaires de campings, gestionnaires du milieu aquatique.

Enfin, des prescriptions ou recommandations d'intérêt général pour l'entretien des cours d'eau, la gestion des eaux pluviales, les activités agricoles et celles nécessitant la proximité de la mer sont également formulées dans le présent règlement.