PRÉFET
DU CALVADOS
Liberté
Égalité
Fraternité

Direction départementale des territoires et de la mer



PLAN DE PRÉVENTION DES RISQUES DE MOUVEMENT DE TERRAIN DES COMMUNES DE PORT EN BESSIN-HUPPAIN ET COMMES



Pièce n°1 : Note de présentation

Vu et annexé à l'arrêté préfectoral d'approbation du 10 avril 2026



Rue Daniel Huet 14000 CAEN – Tél : 02 31 30 64 00 – www.calvados.gouv.fr

Identification du document

Projet	Plan de prévention des Risques Naturels de Mouvements de Terrain des communes de Port-en-Bessin - Huppain et Commes		
Sous-titre	Note de présentation		
Document	note_presentation_PPRN_Port-en-Bessin_Commes_Version_approuvée.doc		
Référence	5.0		
Proposition n°	D2210119	Référence commande	1511597405
Maître d'ouvrage	Préfecture du Calvados	Adresse	
Maître d'œuvre ou AMO	Sans	/	

Modifications

Version	Date	Description	Auteur	Vérifié par
V0	2023	Document provisoire de validation	EP	DMB
V1	11/2023	Document présenté à DDTM 14	EP	
V2	12/2023	Relecture DDTM et DREAL	EP	DDTM 14 et DREAL
V3	05/2024	Complément chapitres enjeux et zonage réglementaire	EP	DDTM 14 et DREAL
V4	09/2024	Complément chapitre zonage réglementaire suite demande DDTM	EP	DDTM 14 et DREAL
V5	04/2025	Dernière relecture avant mise en consultation	DDTM 14	

Diffusion

Chargé d'études	Eric PICOT	04 76 77 92 00	
Diffusion	Papier		
	Numérique	□	

Archivage

N° d'archivage (référence)	PROVXXXX
Titre	Plan de prévention des Risques Naturels de Mouvements de Terrain des communes de Port-en-Bessin - Huppain et Commes
Département	14
Commune(s) concernée(s)	Port-en-Bessin - Huppain et Commes
Cours d'eau concerné(s)	L'Aure
Région naturelle	Bessin
Thème	PPR Mouvements de terrain
Mots-clefs	PPR(N), mouvements de terrain, karst, effondrement cavité souterraine, glissement de terrain, recul du trait de côte, chutes de blocs

Sommaire

I. Préambule....7
I.1 Contenu des PPRN....8
I.2 Zone d'étude du PPR....9
I.3 Cadre de la prescription du PPR....10
I.4 Approbation, révision et modification des PPRN....11
II. Présentation de la zone d'étude....14
II.1 Situation géographique....14
II.2 Le milieu naturel....15
II.2.1 Morphologie....15
II.2.2 Contexte géologique....15
II.2.2.1 Contexte régional....15
II.2.2.2 Les formations secondaires....16
II.2.2.3 Les formations quaternaires....16
II.2.3 Réseau hydrographique et hydrogéologie....17
II.2.4 Contexte végétal....17
II.2.5 Cadre urbain et humain....17
II.2.6 Activités économiques....19
II.2.7 Les Infrastructures....19
III. Présentation des documents techniques....20
III.1 Contenu du dossier PPR....20
III.2 Phénomènes naturels et définitions....20
III.2.1 Les phénomènes naturels pris en compte....20
III.2.2 Définition des phénomènes naturels....21
III.2.2.1 Glissements de terrain....21
III.2.2.2 Chutes de blocs....22
III.2.2.3 Effondrements de cavités souterraines, suffosion, sols compressibles....22
III.2.2.4 Tassements différentiels liés au retrait / gonflement des argiles....24
III.2.3 Identification des phénomènes naturels....24
III.2.3.1 Méthodologie....24
III.2.3.2 Démarches d'identification des phénomènes....25
III.2.3.3 Fond de plan....25
III.2.3.4 Études techniques disponibles....25
III.3 Approche historique des phénomènes naturels....26
III.3.1 Phénomènes historiques de la commune de Port-en-Bessin-Huppain....27
III.3.2 Phénomènes historiques de la commune de Commes....32
III.3.3 Arrêtés de catastrophe naturelle....34
III.3.3.1 Commune de Port-en-Bessin-Huppain....34
III.3.3.2 Commune de Commes....35
III.3.4 Illustrations de phénomènes historiques....35
III.3.5 Falaises du Bessin hors zone d'étude....42
III.4 Cartes techniques du PPR....42
III.4.1 Carte informative des phénomènes historiques....42
III.4.2 Carte des aléas....43
III.4.2.1 Notion d'intensité et de fréquence....43
III.4.2.2 Affichage de l'aléa....43
III.5 Description des phénomènes et qualification des aléas....44
III.5.1 Phénomènes de glissements de terrain....44
III.5.1.1 Glissements de terrain profonds du versant littoral....44
III.5.1.2 Glissements de terrains peu profonds et coulées boueuses du versant littoral....50
III.5.1.3 Exposition aux glissements de terrain des autres versants....53
III.5.2 Aléa de glissement de terrain....54
III.5.2.1 Critères de détermination de l'aléa de glissement de terrain....54
III.5.2.2 Qualification des phénomènes en aléa de glissement de terrain....55
III.5.3 Phénomènes de chutes de blocs....57

III.5.4 Aléa de chutes de blocs....62
III.5.4.1 Critères de détermination de l'aléa de chutes de blocs....62
III.5.4.2 Qualification des phénomènes en l'aléa de chutes de blocs....64
III.5.5 Phénomènes d'effondrement de cavité souterraine, de suffosion et sol compressible....65
III.5.5.1 Cavité souterraine d'origine karstique....65
III.5.5.2 Fontis et cuvette de la dépression de Commes....68
III.5.5.3 Effondrement et tassement différentiel du vieux centre-ville de Port-en-Bessin....70
III.5.6 Aléa d'effondrement de cavité souterraine, de suffosion et sol compressible....71
III.5.6.1 Critères de détermination de l'aléa d'effondrement de cavité souterraine, de suffosion et sol compressible....71
III.5.6.2 Qualification des phénomènes pour l'aléa d'effondrement de cavité souterraine, de suffosion et sol compressible....72
III.5.7 Phénomènes de retrait / gonflement des sols argileux....75
III.5.8 Critères de détermination de l'exposition aux phénomènes de retrait / gonflement des sols argileux....76
III.5.8.1 Susceptibilité des formations....76
III.5.8.2 Sinistralité observée....76
III.5.9 Qualification de l'exposition aux phénomènes de retrait / gonflement des sols argileux....77
III.6 La carte des enjeux, inventaire et analyse des enjeux communaux....77
III.6.1 Méthodologie et représentation....77
III.6.2 Les enjeux vulnérables aux aléas de mouvements de terrain....78
III.6.2.1 Commune de Port-en-Bessin-Huppain....78
III.6.2.2 Commune de Commes....79
IV. Plan de zonage réglementaire et règlement....81
IV.1 Traduction des aléas en zonage réglementaire....81
IV.1.1 Zonage réglementaire....81
IV.1.2 Les prescriptions et mesures obligatoires....82
IV.1.3 Nature des mesures de prévention et de protection....83
IV.1.4 Mesures générales de prévention....83
IV.1.5 Mesures géotechniques spécifiques aux risques induits par les mouvements de terrain....84
IV.1.6 Principes de traduction réglementaire retenus pour chaque zone....85
IV.2 Bases légales des mesures réglementaires....88
V. Bibliographie....89
VI. Annexe 1 photographies....91
VII. Annexe 2 : analyse du trait de côte....95

I. Préambule

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles de mouvements de terrain (dénommé « PPR » dans le reste du document) des communes de Port-en-Bessin-Huppain et de Commes est établi en application des articles L 562-1 à L562-8-1 (partie législative) et suivants et R 562-1 à R562-11-9 (partie réglementaire) du code de l'Environnement.

L'article L 562-1 du code de l'environnement fixe les objectifs des PPRN :

> ***Article L 562-1***
>
> ***I -*** *L'État élabore et met en application des Plans de Prévention des Risques Naturels prévisibles tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les cyclones.*
>
> ***II -*** *Ces plans ont pour objet, en tant que de besoin :*
>
> *1° de délimiter les zones exposées aux risques, en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles, notamment afin de ne pas aggraver le risque pour les vies humaines, pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités ;*
>
> *2° de délimiter les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1° ;*
>
> *3° de définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers ;*
>
> *4° de définir dans les zones mentionnées au 1° et 2°, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.*
>
> *5° De définir, dans les zones mentionnées aux mêmes 1° et 2°, des exceptions aux interdictions ou aux prescriptions afin de ne pas s'opposer à l'implantation d'installations de production d'énergie solaire dès lors qu'il n'en résulte pas une aggravation des risques.*
>
> ***III -*** La réalisation des mesures prévues aux 3° et 4° du II peut être rendue obligatoire en fonction de la nature et de l'intensité du risque dans un délai de cinq ans, pouvant être réduit en cas d'urgence. A défaut de mise en conformité dans le délai prescrit, le préfet peut, après mise en demeure non suivie d'effet, ordonner la réalisation de ces mesures aux frais du propriétaire, de l'exploitant ou de l'utilisateur.
>
> *[...]*
>
> V.-Les travaux de prévention imposés en application du 4° du II à des biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme avant l'approbation du plan et mis à la charge des propriétaires, exploitants ou utilisateurs ne peuvent porter que sur des aménagements limités.
>
> *[...]*

Prescription des 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 chargé 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'Etat dans le département. Mention de cet affichage est insérée dans un journal diffusé dans le département.

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles est approuvé dans les trois ans qui suivent l'intervention de l'arrêté prescrivant son élaboration. Ce délai est prorogeable une fois, dans la limite de dix-huit mois, par arrêté motivé du préfet si les circonstances l'exigent, notamment pour prendre en compte la complexité du plan ou l'ampleur et la durée des consultations.

Le PPR des communes de Port-en-Bessin-Huppain et de Commes a été prescrit le **22 avril 2011**.

Les risques pris en compte sont les risques naturels de mouvements de terrain liés à la présence de Karst (effondrement de cavités souterraines), de phénomènes de soutirage de matériaux (ou suffosion), de sols compressibles, de glissements de terrain et de chutes de blocs.

Les tassements différentiels liés au phénomène de retrait / gonflement des argiles sont également présentés à titre informatif.

La Direction Départementale des Territoires et de la Mer du Calvados est chargée d'instruire le plan de prévention des risques.

I.1 Contenu des PPRN

L'article R 562-3 du code de l'environnement définit le contenu des plans de prévention des risques naturels prévisibles.

Article R 562-3

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 du 1° et du 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.

Conformément au code de l'Environnement, le plan de prévention des risques naturels prévisibles des communes de Port-en-Bessin-Huppain et de Commes comporte, outre cette note de présentation, un zonage réglementaire et un règlement.

Des documents graphiques techniques y sont également annexés : une carte des phénomènes historiques, une carte des aléas et une carte des enjeux.

I.2 Zone d'étude du PPR

Le périmètre de la zone d'étude correspond à l'intégralité du territoire communal des deux communes.



Figure 1: périmètre de la zone d'étude (Géoportail).

I.3 Cadre de la prescription du PPR

Les communes de Port-en-Bessin – Huppain et de Commes sont confrontées à divers types de mouvements de terrain dont plusieurs ont entraîné des dégâts au niveau d'enjeux bâtis.

- parmi les dégâts enregistrés, on dénombre plusieurs cas de tassements différentiels de bâtiments, liés ou non à des effondrements de terrain localisés et généralement accompagnés de sévères fissures sur les façades. Le vieux centre-ville de Port-en-Bessin y est particulièrement exposé, en particulier à proximité de l'avant-port où au moins deux cas extrêmes de basculement de constructions avec mise en pente de quelques degrés se sont déjà produits (une habitation et un transformateur EDF). Les causes avancées pour expliquer ces phénomènes sont la présence de sols compressibles et l'existence de circulations d'eau souterraines de différentes origines (infiltration, nappe de versant et de plateau, écoulement souterrain de la rivière l'Aure en direction de la mer via des fissures du substratum rocheux et des couches drainantes au sein des terrains meubles de surface) ;

- plusieurs cas d'effondrements localisés se sont déjà manifestés sous la forme de fontis de quelques mètres de diamètre au maximum ou d'affaissements de terrain. Le hameau d'Escures est le plus concerné à en juger par le nombre de cas signalés par les archives et la mémoire vive de la commune de Commes. Les plus importants d'entre eux se sont produits sur la chaussée de la RD 6 dans les années 1930, au niveau du virage dit d'Escures (phénomènes survenus à deux reprises quasiment au même endroit). Cet événement, qui peut être considéré comme le plus important phénomène connu sur la zone d'étude, a mis à jour l'existence de galeries d'origine karstique sous le hameau d'Escures ;

- la bordure du littoral est soumise à un fort recul du trait de côte, qui se manifeste de plusieurs façons :

  - glissements de terrain plutôt superficiels ou faiblement profonds (quelques mètres) se déclenchant en tête de versant en affectant les terrains meubles de surface (substratum rocheux altéré du plateau sommital, couverture argilo-limoneuse du substratum rocheux et formation des Marnes de Port-en-Bessin constituant la partie médiane du versant côtier). Ces glissements de terrain peuvent générer des volumes de matériaux plus ou moins conséquents selon leur superficie. Ils affectent généralement des zones naturelles, à l'exception de la zone portuaire de Port-en-Bessin où ils peuvent menacer le secteur de la Tour-Vauban (régression du sommet de versant) et la promenade des Tourettes située dans le prolongement du quai Letourneur (recouvrement du chemin par les matériaux glissant du versant amont) ;

    À ce type de glissement de terrain peut être associé un phénomène qui s'est déclenché à l'aval de la rue du Phare suite à un ravinement du terrain par des écoulements non maîtrisés. Le phénomène a atteint une maison de la rue Torteron (matériaux accumulés contre la façade amont et la véranda de la maison) ;

  - chutes de blocs se détachant des petites falaises et affleurements rocheux composant les versants côtiers du littoral ou se combinant aux glissements de terrain. Les phénomènes de chutes de blocs concernent exclusivement la plage et l'estran. Elles représentent un danger pour les promeneurs longeant le pied des versants côtiers ;

  - glissements de terrain important touchant la bordure du littoral, dont un événement majeur qui a affecté la côte au droit du hameau du Bouffay (commune de Commes). Le phénomène du Bouffay a entraîné un recul instantané du trait de côte compris entre 50 et 60 mètres en impactant un vaste secteur agricole et naturel. Il n'est pas unique puisque d'autres mouvements de terrain identiques se sont également produits sur la commune voisine de Longues-sur-Mer, ce qui souligne une certaine fragilité de la frange littorale.

    Ces mouvements de terrain côtiers mettent en avant l'exposition potentielle du littoral aux phénomènes de très grande ampleur. Ils incitent à la plus grande prudence face au danger qu'ils représentent.

- de nombreux cas de fissuration d'habitations sont rapportés sur la zone d'étude, en dehors des phénomènes touchant le vieux centre-ville de Port-en-Bessin. Plusieurs expertises géotechniques ont attribué ces sinistres à des phénomènes de retrait / gonflement d'argile ;
- plusieurs arrêtés de catastrophe naturelle ont été pris suite à certains des phénomènes de mouvements de terrain survenus sur les deux communes.

Face à la multiplication des mouvements de terrain, à leur diversité et aux arrêtés de catastrophe naturelle pris pour un certain nombre d'entre eux, l'État a décidé d'élaborer un Plan de Prévention des Risques de mouvements de terrain sur la totalité du territoire des deux communes.

I.4 Approbation, révision et modification des PPRN

Les articles L 562-4-1 et R 562-7 à R 562-10-2 du Code de l'environnement définissent les modalités d'approbation, de révision et de modification des plans de prévention des risques naturels prévisibles.

Article R 562-7

Le projet de plan de prévention des risques naturels prévisibles est soumis à l'avis des conseillers municipaux des communes et des organes délibérants des établissements publics de coopération intercommunale compétents pour l'élaboration des documents d'urbanisme dont le territoire est couvert, en tout ou partie, par le plan.

Si le projet de plan contient des mesures de prévention des incendies de forêts ou de leurs effets ou des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde relevant de la compétence des départements et des régions, ces dispositions sont soumises à l'avis des organes délibérants de ces collectivités territoriales. Les services départementaux d'incendie et de secours intéressés sont consultés sur les mesures de prévention des incendies de forêt ou de leurs effets.

Si le projet de plan concerne des terrains agricoles ou forestiers, les dispositions relatives à ces terrains sont soumises à l'avis de la chambre d'agriculture et du centre national de la propriété forestière.

Tout avis demandé dans le cadre des trois alinéas ci-dessus qui n'est pas rendu dans un délai de deux mois à compter de la réception de la demande est réputé favorable.

Article R 562-8

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 123-17.

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.

Article R 562-9

A l'issue des consultations prévues aux articles R 562-7 et R 562-8, le plan, éventuellement modifié, est approuvé par arrêté préfectoral. Cet arrêté fait l'objet d'une mention au recueil des actes administratifs de l'Etat dans le département ainsi que dans un journal diffusé dans le département. Une copie de l'arrêté est affichée pendant un mois au moins dans chaque

mairie et au siège de chaque établissement public de coopération intercommunale compétent pour l'élaboration des documents d'urbanisme sur le territoire desquels le plan est applicable.

Le plan approuvé est tenu à la disposition du public dans ces mairies et aux sièges de ces établissements publics de coopération intercommunale ainsi qu'en préfecture. Cette mesure de publicité fait l'objet d'une mention avec les publications et l'affichage prévus à l'alinéa précédent.

Article L 562-4-1

I. - Le plan de prévention des risques naturels prévisibles peut être révisé selon les formes de son élaboration. Toutefois, lorsque la révision ne porte que sur une partie du territoire couvert par le plan, la concertation, les consultations et l'enquête publique mentionnées à l'article L. 562-3 sont effectuées dans les seules communes sur le territoire desquelles la révision est prescrite.

Article R 562-10

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles peut être révisé selon la procédure décrite aux articles R 562-1 à R 562-9.

Lorsque la révision ne porte que sur une partie du territoire couvert par le plan, seuls sont associés les collectivités territoriales et les établissements publics de coopération intercommunale concernés et les consultations, la concertation et l'enquête publique mentionnées aux articles R 562-2, R 562-7 et R 562-8 sont effectuées dans les seules communes sur le territoire desquelles la révision est prescrite.

Dans le cas visé à l'alinéa précédent, les documents soumis à consultation et à l'enquête publique comprennent :

***1°** Une note synthétique présentant l'objet de la révision envisagée ;*

***2°** Un exemplaire du plan tel qu'il serait après révision avec l'indication, dans le document graphique et le règlement, des dispositions faisant l'objet d'une révision et le rappel, le cas échéant, de la disposition précédemment en vigueur.*

Pour l'enquête publique, les documents comprennent en outre les avis requis en application de l'article R 562-7.

Article L 562-4-1

II.-Le plan de prévention des risques naturels prévisibles peut également être modifié. La procédure de modification est utilisée à condition que la modification envisagée ne porte pas atteinte à l'économie générale du plan. Le dernier alinéa de l'article L. 562-3 du présent code n'est pas applicable à la modification. Aux lieu et place de l'enquête publique, le projet de modification et l'exposé de ses motifs sont portés à la connaissance du public en vue de permettre à ce dernier de formuler des observations pendant le délai d'un mois précédant l'approbation par le préfet de la modification.

Article R 562-10-2

I. - La modification est prescrite par un arrêté préfectoral. Cet arrêté précise l'objet de la modification, définit les modalités de la concertation et de l'association des communes et des établissements publics de coopération intercommunale concernés, et indique le lieu et les heures où le public pourra consulter le dossier et formuler des observations. Cet arrêté est publié en caractères apparents dans un journal diffusé dans le département et affiché dans chaque mairie et au siège de chaque établissement public de coopération intercommunale compétent pour l'élaboration des documents d'urbanisme sur le territoire desquels le plan est applicable. L'arrêté est publié huit jours au moins avant le début de la mise à disposition du public et affiché dans le même délai et pendant toute la durée de la mise à disposition.

II. - Seuls sont associés les communes et les établissements publics de coopération intercommunale concernés et la concertation et les consultations sont effectuées dans les seules communes sur le territoire desquelles la modification est prescrite. Le projet de modification et l'exposé de ses motifs sont mis à la disposition du public en mairie des communes concernées. Le public peut formuler ses observations dans un registre ouvert à cet effet.

III. - La modification est approuvée par un arrêté préfectoral qui fait l'objet d'une publicité et d'un affichage dans les conditions prévues au premier alinéa de l'article R 562-9.

Les articles **L 562-4** et **L 562-4-1** du Code de l'Environnement précisent que :

Article L 562-4

*Le plan de prévention des risques naturels prévisibles approuvé vaut **servitude d'utilité publique**. Il est annexé au plan local d'urbanisme, conformément à l'article L 153-60 du code de l'urbanisme.*

Le Plan de Prévention des Risques prévisibles approuvé fait l'objet d'un affichage en mairie et d'une publicité par voie de presse locale en vue d'informer les populations concernées.

Article L 562-4-1

III.-Le plan de prévention des risques naturels prévisibles peut également être adapté dans les conditions définies à l'article L. 300-6-1 du code de l'urbanisme.

II. Présentation de la zone d'étude

II.1 Situation géographique

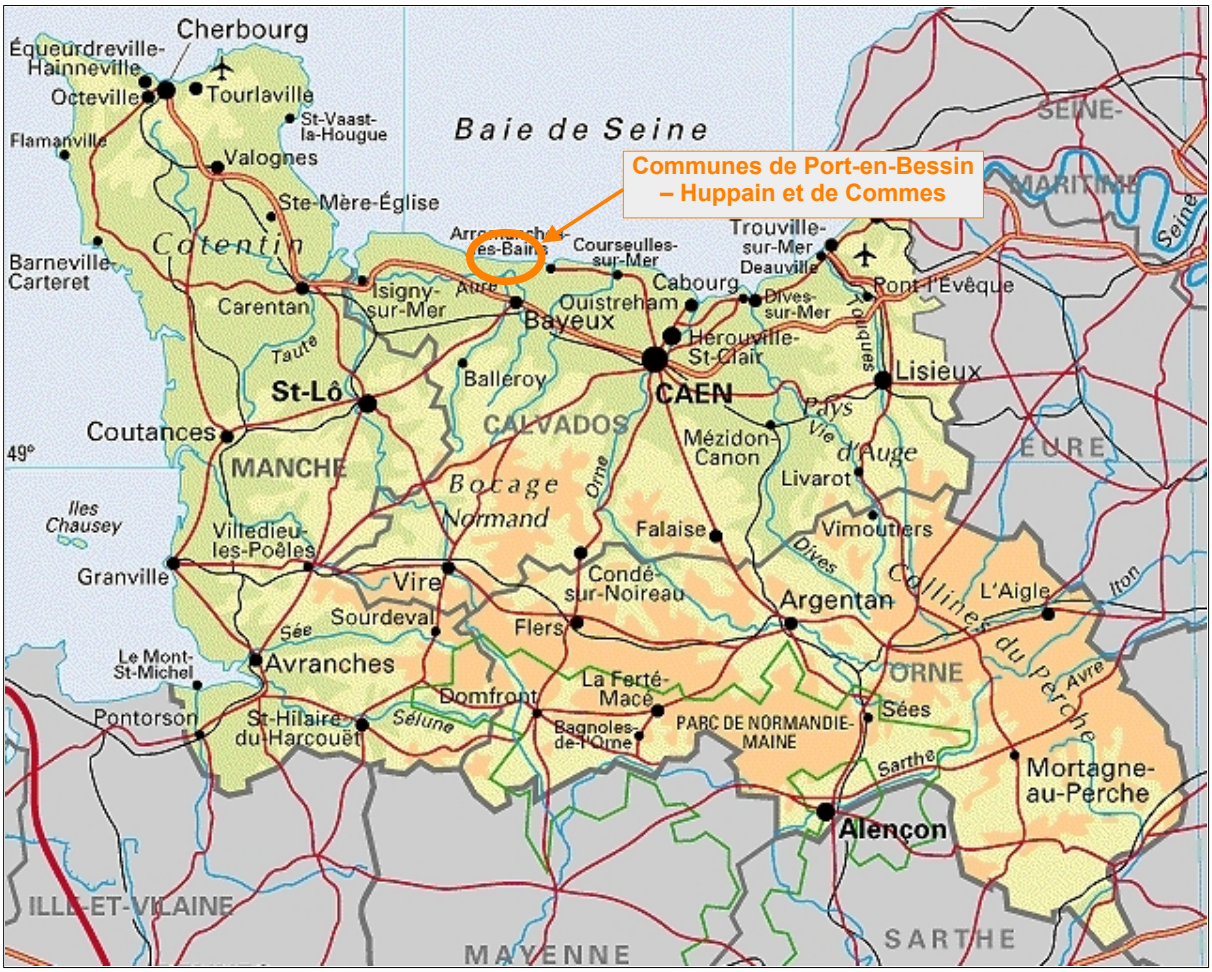


Figure 2: localisation de la zone d'étude.

Les communes de Port-en-Bessin-Huppain et de Commes se situent sur la façade maritime du département du Calvados, à environ 9 kilomètres au nord de Bayeux. Tournées vers la baie de Seine, elles occupent une bande d'environ 5 kilomètres du littoral de la Manche.

Les deux communes sont intégrées à la Communauté de Commune de Bayeux-Intercom et dépendent du canton de Bayeux, également chef-lieu d'arrondissement. Elles sont limitrophes avec les communes d'Aure-sur-Mer, Etréham, Maisons, Vaux-sur-Aure et Longue-sur-Mer. Leur territoire couvre une superficie de 14,2 km^2 (1420 hectares) : 7,56 km^2 pour Port-en-Bessin-Huppain et 6,64 km^2 pour Commes.

Les altitudes sont très faibles. Elles s'étagent entre le niveau de la mer et 75 mètres sur le plateau de Port-en-Bessin (hameau de Villiers en limite communale avec Aure-sur-Mer).

II.2 Le milieu naturel

II.2.1 Morphologie

La zone d'étude est topographiquement très faiblement marquée. Mis à part les versants côtiers et leurs falaises, le relief est peu prononcé.

Quatre entités géomorphologiques se dégagent dans le paysage :

- la côte qui est marquée par un versant globalement très raide. Cette dernière est soulignée par deux ressauts rocheux verticaux, à sa base et à son sommet, qui forment parfois de petites falaises. Une zone intermédiaire plus ou moins pentue sépare ces deux bandes rocheuses. L'ensemble du versant présente ainsi un profil en forme de marches de quelques dizaines de mètres de hauteur plongeant dans la mer à marée haute. À marée basse, il domine l'estran qui se découvre sur quelques centaines de mètres de large. Ce versant escarpé s'interrompt au niveau de la ville de Port-en-Bessin, où une vallée drainant la dépression de Commes rejoint la mer ;
- la dépression de Commes qui occupe le centre de la zone d'étude. Quasiment plane, elle présente une très légère pente orientée vers le port de Port-en-Bessin. Elle est ainsi drainée en direction de la mer ;
- des plateaux qui surmontent le littoral en s'étendant plus ou moins vers l'intérieur des terres. Ils dominent la dépression de Commes et la ville de Port-en-Bessin en offrant un point de vue dégagé sur la baie de Seine et sur la campagne environnante. Le plus petit d'entre eux coiffe le Mont-Castel à l'est du port de Port-en-Bessin. Deux autres plus étendus occupent les parties est et ouest de respectivement Commes et Port-en-Bessin - Huppain ;
- la vallée de l'Aure qui s'étend au sud des deux communes. Le territoire de Commes s'étire jusqu'à elle avec comme limite communale le lit mineur de la rivière l'Aure.

II.2.2 Contexte géologique

II.2.2.1 Contexte régional

La région du Bessin occupe la bordure occidentale du vaste bassin sédimentaire parisien qui s'est formé au cours du Jurassique inférieur et moyen (ère secondaire) à l'occasion d'une transgression marine majeure. Les dépôts sédimentaires présents recouvrent le socle Paléozoïque (ère Primaire) en marge septentrionale du Massif Armoricain. Plusieurs phases sédimentaires se sont succédées, au gré des milieux aquatiques qui ont alterné durant cette longue période de transgression marine. Elles ont donné naissance à divers dépôts essentiellement calcaires et marneux. Le socle Paléozoïque n'est pas visible dans la région du Bessin, car entièrement recouvert par les formations secondaires. Il a été rencontré dans un forage réalisé sur la commune de Commes en 1913, qui a prouvé sa présence en identifiant des terrains du permien.

Les dépôts secondaires n'ont quasiment pas subi de déformations tectoniques. Ils reposent horizontalement sur le socle (pendage nul). Ils peuvent être le siège de circulations d'eaux souterraines qui créent lentement des systèmes karstiques matérialisés par des réseaux de galeries et de boyaux complexes et plus ou moins développés. Le karst présent est généralement actif de nos jours. L'un de ces réseaux est notamment présent sous le quartier d'Escures. Il absorbe une partie des pertes de la rivière l'Aure en les évacuant vers la mer. De nombreuses résurgences sont visibles au niveau de l'avant-port de Port-en-Bessin et des essais de traçage ont permis d'établir un lien entre elles et l'Aure.

L'ère quaternaire a très peu façonné la région, hormis sans doute le recul du trait de côte dont on ne conserve pas la trace. Cette époque a été marquée par une certaine activité éolienne qui a favorisé la formation d'une couverture limoneuse sur certaines zones de plateau. Elle a également vu apparaître des phénomènes érosifs induits par la présence de cours d'eau qui ont donné naissance aux vallées que l'on connaît aujourd'hui. En complément de leur action érosive, ces cours d'eau ont formé des dépôts alluvionnaires qui occupent généralement les fonds de vallées.

II.2.2.2 Les formations secondaires

Les formations secondaires présentes sur la zone d'étude datent du Jurassique inférieur et du Jurassique moyen. On rencontre des dépôts appartenant aux étages Aalien, Bajocien et Bathonien :

- le platier est formé d'une succession géologique composée d'un calcaire blanc à fines oolithes ferrugineuses de faible épaisseur (moins d'un mètre), d'un second calcaire, dit de Malière, renfermant des passées sableuses, silteuses ou argileuses et puissant d'environ 8 mètres, puis d'une couche de matériaux correspondant à l'assemblage d'un troisième niveau calcaire et de dépôts conglomératiques. L'ensemble est rattaché aux étages Aalien et Bajocien inférieur et n'est visible qu'à marée basse ;
- un niveau conglomératique, dit conglomérat de Bayeux, affleure au pied des falaises. Peu épais, il est surmonté d'une fine couche d'oolithe ferrugineuse (oolithe de Bayeux) n'excédant pas quelques décimètres d'épaisseur. Ces deux niveaux géologiques appartiennent au Bajocien moyen et à la base du Bajocien supérieur. Ils sont visibles à marée basse en bordure du platier ;
- un calcaire à spongiaires du Bajocien supérieur, blanchâtre à l'affleurement et gris dans sa masse, forme la base du substratum « émergé ». Sa partie inférieure est formée de gros bancs massifs d'épaisseur métrique. Il devient moins massif et plus argileux à son sommet. Ce calcaire forme la base du versant côtier. Il se présente généralement sous la forme d'une petite falaise, et peut s'étendre jusqu'au platier. Il compose également la majeure partie du substratum de la dépression de Commes ;
- les marnes de Port-en-Bessin datant du Bathonien inférieur et du Bathonien moyen surmontent le calcaire à spongiaires. Puissantes d'une quarantaine de mètres, elles composent une large partie intermédiaire du versant côtier. Leur base est constituée d'une alternance de bancs de marne et de calcaire argileux tendre. Leur partie médiane présente des matériaux essentiellement marneux avec de rares petits bancs calcaires. Les bancs calcaires deviennent plus nombreux et plus épais dans la partie supérieure de la formation ;
- Un ensemble calcaire dit de Saint-Pierre-du-Mont coiffe les plateaux. Il est composé d'une succession de calcaires marneux à bancs métriques, de calcaires jaunes-ocres à silex et d'un calcaire bioclastique jaunâtre. Cette succession lithologique n'est toutefois pas toujours représentée sur la zone d'étude, car cette formation géologique qui compose le toit du substratum a été plus ou moins exposée à l'érosion. Sa puissance maximum connue est d'environ 45 mètres.

II.2.2.3 Les formations quaternaires

Divers types de formations quaternaires plus ou moins récentes s'observent sur le territoire des deux communes :

- des limons d'origine éolienne, couvrent une grande partie des plateaux. Leur épaisseur peut atteindre plusieurs mètres (entre 3 et 5 mètres de matériaux mesurés dans certains sondages) ;
- des colluvions occupent parfois des pieds de pentes. De nature limoneuse à limono-argileuse, ils correspondent à des phénomènes de solifluxion et au lessivage des versants par des écoulements. Les matériaux ainsi mobilisés se sont re-déposés à l'aval, sur des replats ou à la faveur d'accidents topographiques (comblement des dépressions de terrain). De tels dépôts se rencontrent à proximité d'Escures et de Neuville ;
- des vases marines ont été signalées par des sondages géologiques dans le vieux centre-ville de Port-en-Bessin. Il s'agit de dépôts marins très fins, généralement riches en matière organique et renfermant des coquilles d'huîtres. Le sommet de ces vases marines a été identifié à 7 mètres

d'altitude dans certains sondages. Ce niveau supérieur des vases marines n'est certainement pas constant. Elles forment un sol hautement compressible pouvant induire de graves défauts de portance. Plusieurs constructions fondées sur ces matériaux ont déjà subi des dommages (« maison qui penche » par exemple qui a été démolie) ;

- des alluvions fluviatiles récentes occupent la vallée de l'Aure. Il s'agit de matériaux composés de sables et d'argiles déposés par le cours d'eau actuel.

II.2.3 Réseau hydrographique et hydrogéologie

L'Aure souligne la bordure sud de la commune de Commes en drainant une infime partie de son territoire. Cette rivière se perd à la Fosse du Soucy. Elle emprunte alors un réseau karstique présent sous le hameau d'Escures en présentant au moins trois ramifications. L'une d'elle s'étire en direction du centre-ville de Port-en-Bessin parallèlement à la RD 6. Des reconnaissances spéléologiques du karst, qui est accessible par un puits aménagé en bordure de la RD 6 dans le hameau d'Escures, ont montré que tous les conduits tendent à se rétrécir et à s'obstruer au fur et à mesure que l'on s'éloigne du puits d'accès. On perd ainsi sa trace au-delà du hameau d'Escures, mais de nombreuses résurgences dans le port et sur la plage indiquent que des circulations d'eau se poursuivent jusqu'à la mer, probablement par le biais d'une multitude de fissures plus ou moins développées.

Mis à part un petit ruisseau franchissant en souterrain le centre-ville de Port-en-Bessin et un fossé de drainage présent dans la dépression de Commes, la zone d'étude ne dispose par d'autres cours d'eau. Les eaux météoriques ruissellent donc sur les terrains en empruntant divers talwegs et combes. En dehors de la bordure côtière, elles tendent à s'infiltrer et / ou à se résorber en surface avant d'atteindre la mer.

II.2.4 Contexte végétal

La zone d'étude se situe au sein d'une région à forte vocation agricole. Cultures et prairies prédominent sur le territoire et laissent peu de place aux espaces boisés. Seuls quelques coteaux de l'intérieur des terres et une partie du domaine du Château du Bosq accueillent des boisements.

Un vaste domaine aménagé en terrain de golf entretient également un secteur paysager de plusieurs hectares sur les hauteurs de la ville de Port-en-Bessin. Parterres enherbés et bosquets d'arbres composent cet espace.

La côte présente une végétation herbacée rase dominante qui verdit le trait de côte.

II.2.5 Cadre urbain et humain

Situées en bordure de la Manche, les communes de Port-en-Bessin-Huppain et de Commes offrent un cadre de vie accueillant souligné à la fois par le caractère rural de la région et le rythme marin du littoral. Ces atouts naturels et géographiques valorisent la région en la rendant attractive d'un point de vue urbanistique. On constate toutefois un certain déséquilibre entre les deux communes. Port-en-Bessin - Huppain accueille l'essentiel des structures économiques et touristiques et affiche une croissance urbaine beaucoup plus marquée que Commes qui semble échapper à la pression foncière.

Le centre-ville de Port-en-Bessin est implanté en bord de mer, à l'abri d'un aménagement portuaire qui le préserve en partie de l'assaut des tempêtes. Ce port de pêche accueille un bâti traditionnel composé de petits bâtiments de deux ou trois étages accolés les uns aux autres et desservis par des ruelles étroites. Bien qu'en grande partie reconstruite au lendemain de la seconde guerre, la ville affirme son caractère au travers d'une architecture de style régional très caractéristique. Un bâti plus récent se

développe en périphérie du centre-ville depuis les années 1970. Plutôt de type pavillonnaire jusque dans les années 2010, il évolue aujourd'hui avec de nouveaux programmes résidentiels mixtes individuels/collectifs qui voient régulièrement le jour. La ville d'origine de Port-en-Bessin s'étend ainsi progressivement en colonisant ses coteaux et la dépression de Commes.

La commune de Commes, qui connaît une évolution plus discrète, présente un bâti exclusivement individuel. Son village de petite taille se situe en bordure est de la dépression de Commes, en retrait du pôle urbain de Port-en-Bessin. En plus de son village, elle accueille deux hameaux (Escures et le Bouffay) de taille équivalente au village, voire plus importante. Quelques hameaux de taille beaucoup plus petite et des propriétés isolées complètent son habitat.

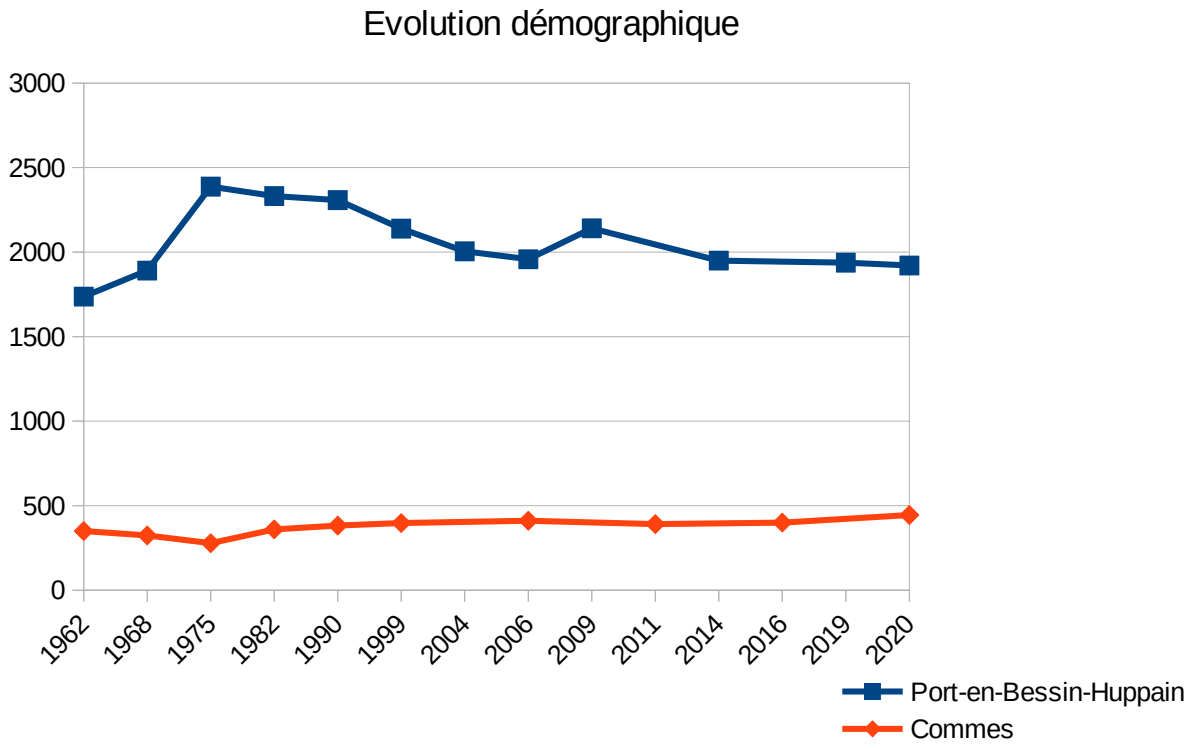
L'examen des recensements de ces soixante dernières années ne reflète pas exactement la pression foncière telle qu'elle est perçue sur le terrain. Pour Port-en-Bessin, on constate ainsi une forte croissance jusque dans les années 1975 / 1980, suivie d'une lente et régulière décroissance qui s'est poursuivie jusqu'en 2020 (dernier recensement), alors que la ville s'est étendue. Le bilan démographique global de Port-en-Bessin – Huppain est toutefois positif pour ces 60 dernières années avec un gain de 184 habitants, soit 11 % de croissance démographique. Pour Commes, on constate plutôt une évolution démographique en très légères dents de scie, avec une croissance constatée au dernier recensement de 2020. Le bilan démographique global de Commes est également positif ces soixante dernières années avec un gain de 95 habitants, soit 27 % de croissance démographique.

Année	1962	1968	1975	1982	1990	1999	2004	2006	2009	2014	2019	2020
habitants	1737	1891	2388	2332	2308	2139	2005	1958	2141	1950	1938	1921

Evolution démographique de la commune de Port-en-Bessin – Huppain entre 1962 et 2020

Année	1962	1968	1975	1982	1990	1999	2006	2011	2016	2020
habitants	350	324	278	360	382	397	411	391	400	445

Evolution démographique de la commune de Commes entre 1962 et 2020



II.2.6 Activités économiques

Une grande partie de l'activité économique de la zone d'étude est tournée vers la mer avec la présence d'un port de pêche, une criée et des chantiers navals.

L'activité agricole est également très implantée. Elle est représentée par l'élevage et la production céréalière et fourragère.

Une petite zone d'activité implantée au sud de la ville de Port-en-Bessin maintient sur place un bassin d'emploi varié (activités commerciales, industrielles, alimentaires, etc.). À cela, s'ajoute un réseau de petits et moyens commerçants proposant des services de proximité en approvisionnement et contribuant fortement au dynamisme de la région.

Le secteur touristique est très implanté. Il propose une gamme d'activités et d'aménagements variés en visant un public de tout horizon. Le tourisme mise particulièrement sur l'attrait des plages du débarquement et sur le souvenir de cette période.

Coté infrastructures touristiques, Port-en-bessin – Huppain accueille notamment un parcours de golf international et un village de vacances. Un fort développement du tourisme vert a également vu le jour avec des circuits de randonnée et la création d'une voie verte (piste cyclable) permettant de parcourir la côte en tête de falaise. L'offre hôtelière est variée avec des établissements de toutes catégories, dont certains haut de gamme.

II.2.7 Les Infrastructures

La zone d'étude est connectée à Bayeux par la RD6. Cette route débouche dans le centre-ville de Port-en-Bessin après avoir traversé le hameau d'Escures. À l'entrée de la ville de Port-en-Bessin, elle croise la RD514 qui dessert l'ensemble des communes du littoral. Cette seconde route traverse le village de Commes.

Un réseau de voies départementales secondaires et de voies communales complète ce schéma routier en reliant les divers hameaux de la zone d'étude. On citera entre autres la RD100 entre Escures et le village de Commes et la RD206 entre la vallée de l'Aure Inférieure et le hameau de Villiers.

III. Présentation des documents techniques

III.1 Contenu du dossier PPR

Le présent PPR comporte les pièces suivantes :

- une **note de présentation** qui décrit le territoire communal et les phénomènes naturels susceptibles de se développer ;
- une **carte informative des phénomènes historiques** localisant les phénomènes historiques connus et toute autre information utile à la compréhension des phénomènes naturels existants et potentiellement présents sur le territoire, en présentant notamment l'emprise du karst connu sous le hameau d'Escures et l'évolution du trait de côte ;
- une **carte des aléas**, délimitant l'emprise des phénomènes actifs et des phénomènes potentiellement présents sur le territoire en les graduant selon trois niveaux d'importance (croisement théorique de la probabilité d'occurrence de phénomène, ou de survenance, et de leur intensité possible) ;
- une **carte des enjeux** indiquant les principaux enjeux existants à l'époque de la constitution du dossier PPR.
- la **carte de zonage réglementaire** définissant les secteurs au sein desquels l'occupation du sol est soumise à une réglementation ;
- le **règlement** associé au zonage réglementaire définissant les interdictions et les autorisations d'occupation nouvelle du sol, assorties de prescriptions visant à se protéger de la manifestation des phénomènes naturels. Le règlement prescrit également la réduction de travaux de réduction de la vulnérabilité sur le bâti existant.

Les cartes informatives des phénomènes, d'aléas et d'enjeux sont des documents à vocation technique destinés à établir le plan de zonage réglementaire. Ils ne présentent aucun caractère réglementaire et ne sont pas opposables aux tiers. Ils décrivent les phénomènes connus, ou susceptibles de se manifester, et permettent d'appréhender la démarche qui aboutit au plan du zonage réglementaire, tout en justifiant ce dernier.

La carte de zonage réglementaire et son règlement associé constituent les pièces du PPR opposables au tiers.

III.2 Phénomènes naturels et définitions

III.2.1 Les phénomènes naturels pris en compte

Le PPR des communes de Port-en-Bessin - Huppain et de Commes s'intéresse aux risques de mouvements de terrain. Trois types de mouvements de terrain ont été identifiés sur les deux communes :

- les glissements de terrains liés à la présence de versants plus ou moins pentus ;
- les chutes de blocs liées à la présence de falaises hautes parfois de quelques dizaines de mètres ;

- les mouvements de terrain à composante verticale de type effondrement de cavités souterraines (présence de karst et / ou phénomène de suffosion (ou soutirage)) et de type tassement différentiel (présence de sols compressibles).

Le PPR s'intéresse également aux tassements différentiels liés aux retraits / gonflements des sols argileux. Il aborde cette problématique uniquement à titre informatif, sans la traduire réglementairement. Il renvoie pour cela au site internet dédié :

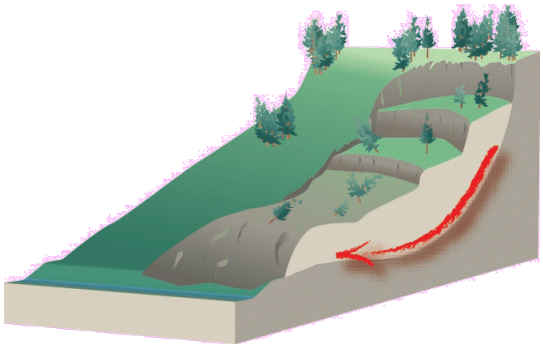
- https://www.georisques.gouv.fr/risques/retrait-gonflement-des-argiles
- https://www.georisques.gouv.fr/mes-risques/connaitre-les-risques-pres-de-chez-moi/3162/detail?form-commune=true&codeInsee=14515&city=Port-en-Bessin-Huppain&lon=-0.764421&lat=49.343395&typeForm=commune&postCode=14520&go_back=/accueil-collectivite&type=municipality&propertiesType=&commune=14520%2C Port-en-Bessin-Huppain
- https://www.georisques.gouv.fr/mes-risques/connaitre-les-risques-pres-de-chez-moi/3162/detail?form-commune=true&codeInsee=14172&city=Commes&lon=-0.736587&lat=49.33641&typeForm=commune&postCode=14520&go_back=/accueil-collectivite&type=municipality&propertiesType=&commune=14520%2C Commes
- https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043818705/
- https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006074096/LEGISCTA000041565555/#LEGISCTA000041565555

III.2.2 Définition des phénomènes naturels

III.2.2.1 Glissements de terrain

Il s'agit du mouvement d'une masse de terrain d'épaisseur variable le long d'une surface de rupture. L'ampleur du mouvement de terrain, sa vitesse et le volume de matériaux mobilisés varient selon les conditions rencontrées (profondeur de la surface de rupture, épaisseur de terrain meuble, altération et décompression du substratum, pente du terrain, présence d'eau, etc.). Les vitesses de déplacement sont comprises entre quelques millimètres par an et quelques mètres par heure pour les phénomènes se manifestant durant un temps plus ou moins long. Elles peuvent être beaucoup plus rapides lorsque le phénomène survient subitement (phénomène quasiment instantané) tel que dans le cas de coulées boueuses ou de rupture de terrain le long de la côte du littoral. Les glissements de terrain peuvent :

- affecter un versant sur plusieurs mètres (voire plusieurs dizaines de mètres) d'épaisseur en mobilisant une partie du substratum, et ainsi modifier fortement la physionomie du paysage ;
- affecter les terrains de couverture (terre végétale et frange superficielle d'altération du substratum) en se développant sur des superficies variables (glissements généralement peu profonds) ;
- se manifester sous l'aspect d'une coulée boueuse selon la saturation en eau du sol et les écoulements de surface.



Les fluages de pente sont intégrés dans cette catégorie de mouvements de terrain. Il s'agit des déformations plastiques du sol sous l'effet de la gravité, sans surface de rupture matérialisée.

Sur la zone d'étude, la bordure côtière est à la fois concernée par des glissements de terrain plutôt superficiels et des glissements de terrain profonds tel que celui du Bouffay. Les glissements de terrain impactent le trait de côte en le faisant régresser continuellement. Dans le cas de mouvements de terrain majeurs (phénomène du Bouffay), les matériaux mobilisés sont un mélange de terrain meubles et de terrain rocheux (matériaux mixtes).

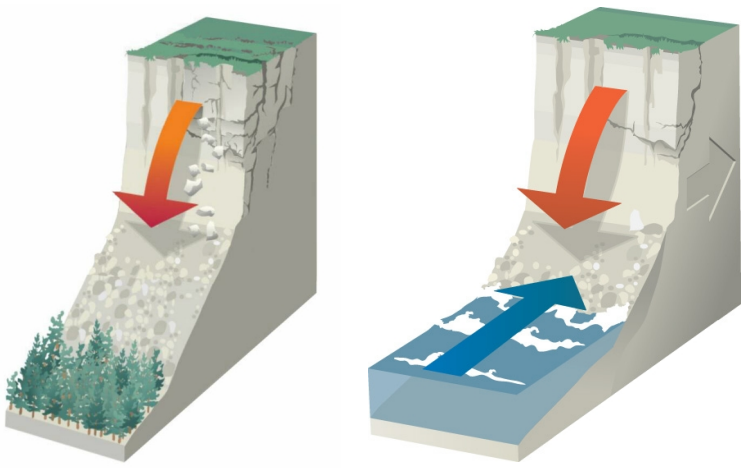
À l'intérieur des terres, le risque de glissement de terrain, qui est uniquement potentiel, concerne plutôt les terrains meubles de surface (quelques mètres d'épaisseur au maximum, pas de glissement de terrain profond au sein du substratum a priori).

III.2.2.2 Chutes de blocs

Il s'agit de mouvements de terrain se manifestant au droit de falaises ou d'affleurements rocheux plus ou moins prononcés.

Le volume unitaire des pierres et des blocs en mouvement est généralement fonction de la fissuration initiale des massifs rocheux. Il peut varier de quelques centimètres cubes pour les pierres jusqu'à plusieurs mètres cubes, voire quelques dizaines de mètres cubes, pour les blocs.

Le substratum calcaire, pourtant faiblement tectonisé, présente une certaine fracturation géologique. À l'affleurement, le rocher se décomprime (libération des contraintes emmagasinées par la roche) et se délite selon les fissures existantes et les plans de stratification. A cela s'ajoute les infiltrations d'eau qui peuvent entraîner une augmentation des pressions interstitielles dans les fissures et/ou faire évoluer ces dernières par réaction chimique (dissolution calcaire), et ainsi accélérer la dégradation du rocher. La mer peut également jouer un rôle de premier ordre en sous-cavant le pied des falaises (chocs mécaniques des vagues).



Les chutes de blocs concernent uniquement la frange côtière des deux communes. Elles peuvent se manifester de plusieurs façons :

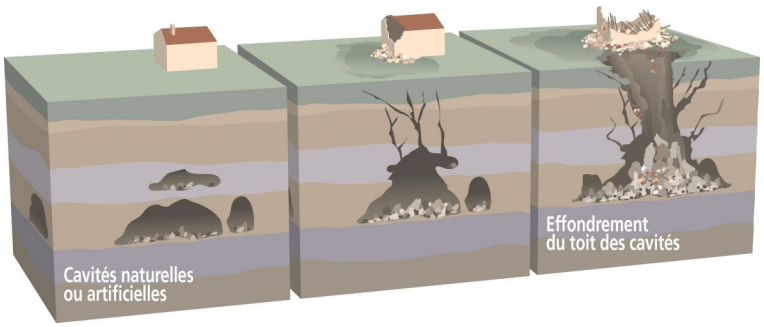
- chutes d'éléments rocheux isolés de toutes tailles (quelques décimètres cubes à quelques mètres cubes) ;
- éboulements massifs, généralement depuis le sommet des versants côtiers, qui entraînent la formation d'éboulis. Les matériaux rocheux en provenance des falaises supérieures ont tendance à se fractionner en plus ou moins petits blocs du fait d'une fissuration plutôt dense de la roche ;
- basculement de blocs jusqu'à plusieurs mètres cubes au pied du versant côtier, notamment à l'ouest du port de Port-en-Bessin, du fait du sous-cavage de la falaise inférieure par la mer.

Tout comme les glissements de terrain, les chutes de blocs participent au recul du trait de côte lorsqu'elles se manifestent en tête du versant côtier.

III.2.2.3 Effondrements de cavités souterraines, suffosion, sols compressibles

Il s'agit de mouvements de terrain à composante verticale ayant plusieurs origines : présence de cavités souterraines, action mécanique d'écoulements souterrains au sein de terrains meubles (suffosion), terrains de mauvaise qualité présentant des propriétés mécaniques très médiocres (terrains compressibles).

- les effondrements de cavités souterraines concernent le karst connu sous le hameau d'Escures et ses éventuelles extensions en direction du port de Port-en-Bessin. Des mouvements de terrain liés à l'évolution du karst peuvent survenir, avec des manifestations en surface lentes et progressives (affaissement) ou rapides et brutales (effondrement). Ils dépendent des caractéristiques structurelles des cavités, de leur recouvrement et de leur dégradation dans le temps. Les impacts en surface peuvent varier selon la taille des cavités et leur profondeur. Compte-tenu de l'étroitesse des cavités connues sur la zone d'étude, seule la formation de cloches de fontis progressant lentement vers la surface semble possible, avec au final des effondrements localisés de type fontis ou des affaissements de terrain localisés. La survenance d'effondrement de grande ampleur peut, a priori, être écartée.



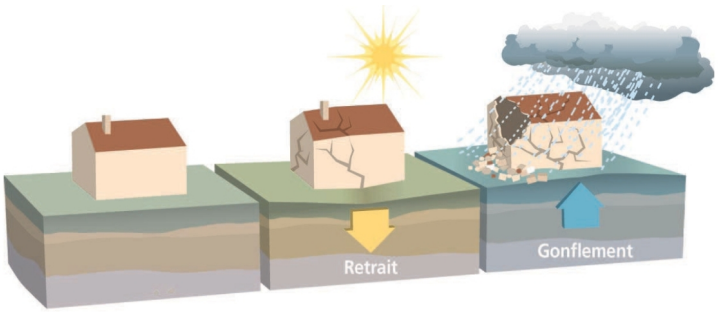
  L'impact en surface d'un effondrement de cavité souterraine peut différer selon la profondeur du vide et son volume (notamment sa hauteur sous plafond). Ainsi, plus une cavité est profonde et / ou de faible hauteur, plus l'impact en surface sera amorti par le foisonnement des matériaux désorganisés. Les matériaux occupent plus de volume lorsqu'ils sont remaniés. En cas d'effondrement d'une cavité, le foisonnement des matériaux tend donc à compenser le vide de celle-ci. Ainsi, l'effondrement d'une cavité profonde peut n'entraîner qu'un affaissement en surface, voire ne pas avoir d'impact en surface et passer totalement inaperçu, car le vide de la cavité peut s'auto-combler avant que le mouvement de terrain n'atteigne la surface ;

- la suffosion, également désignée sous le terme de soutirage de matériaux, est liée à des circulations d'eaux souterraines peu profondes au sein des terrains meubles de surface. L'eau, qui s'écoule à travers des couches plus ou moins drainantes du sous-sol, tend à déstructurer le terrain en profondeur en entraînant progressivement les particules qui le composent (phénomène de soutirage de matériaux), ce qui crée un déficit de matériaux. Le terrain de surface peut répondre en s'affaissant progressivement au même rythme que sa déstructuration souterraine (affaissement synchronisé avec le soutirage de matériaux et proportionnel au volume de matériaux soutirés). Des cavités souterraines peuvent également se former au sein des terrains meubles sans signe annonciateur en surface. Puis le toit des cavités finit par céder en laissant apparaître un fontis. Le phénomène couve ainsi un certain temps avant de se répercuter brutalement en surface (effondrement naturel du toit de la cavité ou par surcharge suite au passage d'un véhicule par exemple).

  Les phénomènes de suffosion peuvent être liés à la présence d'un karst (fissures et conduits) au sein du substratum calcaire sous-jacent. L'eau souterraine peut s'infiltrer jusqu'au substratum puis s'évacuer par le karst qui forme alors un axe de drainage très préférentiel. Les phénomènes de soutirage peuvent ainsi être plus marqués lorsqu'ils ont un lien avec un karst car les conduits karstiques permettent une évacuation très efficace des matériaux soutirés au sous-sol (évacuation plus performante qu'au sein d'un sol plein) ;

- la présence de sols compressibles est connue au niveau du bourg de Port-en-Bessin où des vases marines ont été identifiées par sondages. De tels terrains peuvent entraîner de graves défauts de portance s'ils ne sont pas détectés et si aucune disposition géotechnique adaptée n'est prise, notamment au niveau des fondations des bâtiments. Les sols compressibles présentent une faible résistance mécanique qui se traduit par une incapacité à supporter toute surcharge excessive (terrains non stabilisables). En réponse, ils peuvent entraîner des tassements différentiels très marqués au niveau des aménagements présents, l'enfoncement progressif de bâtiments, voire des basculements de constructions (au moins deux cas dans le vieux centre-ville de Port-en-Bessin).

III.2.2.4 Tassements différentiels liés au retrait / gonflement des argiles



Les phénomènes de retrait / gonflement résultent des variations de teneur en eau des sols argileux. Le sol voit son volume diminuer en s'asséchant et augmenter en se réhydratant, ce qui entraîne des mouvements de terrain alternatifs. Ces variations de volume du sol se répercutent en surface en induisant des défauts de portance au niveau du bâti. En période de sécheresse, le sol se rétracte et des espaces de vide peuvent se former aléatoirement sous les fondations des bâtiments. Certaines parties des constructions ne portent alors plus directement sur le terrain. Elles cherchent un nouveau point d'appui qu'elles retrouvent en subissant des déformations. Des tassements différentiels s'instaurent entre les parties de bâtiment sous-cavées qui s'affaissent pour retrouver un point dur et les parties non sous-cavées qui n'ont pas bougé.

En se réhydratant le sol gonfle sans forcément retrouver son niveau d'origine. Une pression verticale s'exerce sous les fondations des bâtiments. Ces derniers subissent alors des contraintes inverses qui infligent une poussée vers le haut et de nouvelles déformations (phénomène inverse).

III.2.3 Identification des phénomènes naturels

III.2.3.1 Méthodologie

Diverses approches sont mises en œuvre :

- la cartographie des aléas a été réalisée à dire d'expert sur la base de critères géologiques et géomorphologiques pour les phénomènes de chutes de blocs et de glissements de terrain. Cette méthode consiste à analyser la topographie dans le contexte géologique local, en identifiant et en interprétant des indices de mouvements de terrain caractéristiques. Les phénomènes historiques sont également pris en compte dans cette analyse de terrain. Ils permettent de mieux comprendre le comportement des terrains et les réactions du milieu naturel face aux mouvements de terrain étudiés. Ils servent de phénomènes de référence pour caractériser les autres terrains de la zone d'étude, dont ceux présentant des caractéristiques similaires aux secteurs déjà affectés par des phénomènes naturels ;
- l'analyse du trait de côte et la détermination de l'aléa de mouvement de terrain résultant, répondent au guide méthodologique des Plans de Prévention des Risques Littoraux de mai 2014. Une analyse de l'évolution du trait de côte a été faite à partir de différentes missions de photographies aériennes disponibles (voir la présentation des photographies en annexe 2). Cela a permis d'évaluer un taux annuel moyen de régression du trait de côte et de disposer d'une référence sur les régressions instantanées majeures que subit la côte marine (glissement de terrain du Bouffay) ;
- la cartographie des phénomènes d'effondrements de cavités souterraines s'appuie en partie sur l'information historique disponible qui permet d'appréhender le type de mouvements de terrain auxquels s'attendre. Elle a également consisté à tenir compte de la géologie et la géomorphologie, en s'attachant à identifier les types de terrain potentiellement concernés et à relever des indices de surface rattachables à des mouvements de terrain d'origine souterraine (repérage et témoignage de fontis, affaissements, tassements différentiels, etc.). Enfin, elle s'appuie sur les levés de galeries souterraines effectués par une équipe régionale de spéléologues et sur diverses études techniques recherchant une éventuelle extension du réseau souterrain vers la mer (études géophysiques microgravimétriques, études géologiques et géotechniques, sondages mécaniques, etc.) ;

- les phénomènes de retrait / gonflement des argiles sont étudiés à l'échelle nationale par le BRGM. Pour cela, le BRGM s'est attaché à répertorier les formations argileuses et marneuses de surface à partir des cartes géologiques existantes et des coupes de forages à sa disposition. Puis il a cherché à définir la sensibilité de chaque type de sol au phénomène de retrait / gonflement et a croisé cette information avec les densités de sinistres survenus au sein de chaque formation géologique. La carte des aléas résultante a été établie au 1/50 000 par le BRGM. Cette carte constitue la source d'information officielle pour la problématique du retrait / gonflement des sols argileux.

En plus de sa propre expertise de terrain, le PPR intègre l'ensemble de l'information disponible (témoignages historiques et bibliographie) en y apportant un regard critique pour qualifier les phénomènes et les dissocier entre eux. L'objectif final est de déterminer le plus objectivement possible l'emprise des terrains concernés par des mouvements de terrain, en hiérarchisant les expositions aux mouvements de terrain (phénomènes actifs, et phénomènes potentiels de différents niveaux).

III.2.3.2 Démarches d'identification des phénomènes

Le dire d'expert se base sur des observations systématiques de terrain, l'examen des photographies aériennes disponibles (anciennes et récentes), l'exploitation des données géologiques, la prise en compte de la bibliographie, ainsi que sur des enquêtes menées auprès des collectivités, des services de l'État concernés et de riverains rencontrés au gré des prospections de terrain.

Le levé des cavités, réalisé par les spéléologues, permet de connaître la géométrie précise des galeries karstiques explorées et de les localiser sur le territoire communal. Ce réseau n'a pas fait l'objet de nouvelles reconnaissances de terrain dans le cadre du PPR. L'abondante bibliographie disponible sur le réseau karstique et, plus généralement sur les mouvements de terrain associés aux cavités souterraines, permet de se faire une certaine idée des mécanismes ayant conduit à la plupart des désordres observés sur les deux communes.

Les documents cartographiques ont donc été dressés sur les bases suivantes :

- parcours de l'ensemble de la zone d'étude (reconnaissances systématiques de la bande littorale, des coteaux de l'intérieur des terres, et des secteurs réputés sensibles aux effondrements de terrain et aux tassements différentiels) ;
- exploitation des photographies aériennes disponibles (anciennes et récentes) par photo-interprétation, pour constater l'évolution des versants et plus particulièrement celle du trait de côte ;
- enquêtes auprès des acteurs locaux afin de collecter des informations sur les phénomènes naturels historiques, rassembler la bibliographie disponible et confronter nos observations de terrain avec les connaissances de chacun ;
- exploitation de la bibliographie existante ;
- intégration du relevé du réseau karstique d'Escures réalisé par les spéléologues.

Ce travail a abouti à l'élaboration de deux cartographies techniques :

- la carte informative des phénomènes naturels historiques ;
- la carte des aléas.

III.2.3.3 Fond de plan

Les cartes constituant le PPR ont été établies sur fond de plan cadastral à l'échelle 1/5000 sur l'ensemble des territoires de Port-en-Bessin-Huppain et de Commes.

III.2.3.4 Études techniques disponibles

De nombreuses études techniques relatives aux phénomènes étudiés sont disponibles. Elles traitent plus particulièrement du karst en cherchant à vérifier toute corrélation possible entre sa présence et les nombreux cas de mouvements de terrain enregistrés au sein de la dépression de Commes et du centre-

ville de Port-en-Bessin. Elles tentent également d'éclaircir la relation hydraulique existante entre les pertes de l'Aure et les résurgences de l'avant-port. Ces études sont principalement de type géophysique et géotechnique. Plusieurs ont fait appel à des sondages géologiques et géotechniques, ce qui permet de disposer d'informations sur la nature des terrains et sur leurs caractéristiques mécaniques. D'autres études sont basées sur des expertises terrain à dire d'expert, à la recherche d'indices de présence de cavités.

Parmi ces études, plusieurs soulignent la mauvaise qualité géotechnique du terrain au niveau du centre-ville de Port-en-Bessin et mettent en avant des conditions hydrogéologiques défavorables. Elles expliquent ainsi certains dégâts au niveau du bâti (fissuration). Un niveau de sol compressible est notamment identifié et des circulations d'eau souterraines sont fortement suspectées.

Plusieurs expertises individuelles, menées sur des sinistres liés à des tassements différentiels et des déformations suspectes de bâtiments, ont conclu à des phénomènes de retrait / gonflement d'argile. Ce type de phénomène s'avère ainsi très présent sur la zone d'étude.

Enfin, les glissements de terrain marquants de la rue Torteron (commune de Port-en-Bessin) et du Bouffay (commune de Commes), ainsi que la problématique de l'évolution du trait de côte, sont longuement analysés par plusieurs études spécifiques. Ces dernières constituent une source d'information complémentaire aux observations de terrain réalisées dans le cadre du PPR.

Les études techniques exploitées pour le PPR sont synthétisées en annexe 2.

III.3 Approche historique des phénomènes naturels

La consultation des archives disponibles (mairie et DDTM14 notamment), de la bibliographie, ainsi que les travaux d'enquête menés auprès des municipalités, de divers services (DDTM14, Conseil Départemental, Observatoire national de la mer et du littoral, etc.) et d'habitants rencontrés sur le terrain ont permis de recenser plusieurs événements historiques. Ces événements sont présentés dans les tableaux ci-dessous. Chaque information est localisée le plus précisément possible sur la carte informative, à l'aide d'une numérotation.

Cet inventaire des phénomènes historiques montre que les deux communes sont de longue date confrontées à des instabilités de terrain récurrentes liées à deux problématiques dominantes :

- mouvements de terrain à composante verticale (effondrements de terrain, fontis et tassements différentiels), en lien avec la présence d'une zone karstique, de circulations d'eau souterraines au sein de matériaux meubles, de terrains compressibles dans le centre-ville ancien de Port-en-Bessin-Huppain et de phénomènes de retrait / gonflement d'argile ;
- mouvements de terrain le long des versants du littoral (effondrements de terrain, chutes de blocs et glissements de terrain) entraînant un recul régulier du trait de côte, marqué parfois par des phénomènes majeurs conduisant à de brusques et importantes accélérations du recul (glissement du Bouffay sur la commune de Commes).

L'exposition aux mouvements de terrain des deux communes est donc ancienne. Seuls les mouvements de terrain liés aux retraits / gonflements des argiles semblent plus récents. En effet, ce type de phénomène se constate depuis l'apparition d'épisodes de sécheresses exceptionnelles pour la région, qui ne se manifestaient pas autrefois, ou très rarement.

III.3.1 Phénomènes historiques de la commune de Port-en-Bessin-Huppain

Date	Phénomène	Localisation carte informative	Observations
Entre 1975 et 1981 (date imprécise)	Glissement de terrain / chutes de blocs	P1	Des mouvements de terrain se sont produits sur la bordure littorale du Mont-Castel, en limite communale avec Commes (information commune avec Commes localisée au point C2). Par mesure de sécurité, un blockhaus situé en bordure de falaise a été par la suite démoli, ce dernier menaçant de s'effondrer sur la plage.
Non daté	Glissement de terrain / chutes de blocs	P2, P3	L'examen de photographies aériennes anciennes des années 1960 à 1980 (missions 1964 et 1980 en particulier) montre des signes de mouvements de terrain relativement importants au droit du Mont-castel, avec des reculs du trait de côte pouvant atteindre plusieurs mètres et des volumes de matériaux mobilisés d'apparence très conséquents (voir extraits de photographies aériennes en annexe 1).
Entre 1975 et 1981	Glissement de terrain / chutes de blocs	P4	Des mouvements de terrain se sont produits à l'ouest de l'avant-port de Port-en-Bessin. Par mesure de sécurité, un blockhaus situé en bordure de falaise a été par la suite démoli, ce dernier menaçant de s'effondrer sur la plage.
Non daté	Glissement de terrain / chutes de blocs	P5, P6, P7, P8, P9, P10	L'examen de photographies aériennes anciennes des années 1975 / 1985 (missions 1976 et 1981 en particulier) révèle plusieurs traces de mouvements de terrain de grande superficie entre l'avant-port et la limite communale avec Sainte-Honorine-des-Pertes (ouest de l'avant-port). La plupart de ces phénomènes ne semblent pas avoir entraîné un recul important du trait de côte, d'après les empreintes visibles sur les photographies aériennes. Seul l'un d'entre eux aurait entraîné un recul d'environ 10 mètres du sommet de falaise **(P10)**, d'après des observations du CETE Normandie dans le cadre d'une étude menée pour définir des bandes de retrait du bord de falaise pour l'implantation du chemin du littoral (Étude du sentier du littoral 14 entre Saint-Côme-de-Fresné et Grandcamp-Maisy – Qualification des mouvements de terrain – CETE Normandie Centre – janvier 2013).
1989 / 1990	Glissement de terrain / retrait gonflement des argiles	P11	Une fissure est apparue en 1989 sur la chaussée de la rue du Phare, suite à un été plutôt sec. Elle s'est réactivée l'année suivante pour atteindre 3 à 5 cm de large sur une longueur d'environ 12 mètres. La rue du Phare emprunte le versant dominant l'avant-port de Port-en-Bessin, où s'est déclenché, une dizaine d'années plus tard, un glissement de terrain qui a motivé l'évacuation d'une maison **(photographies 9 et 10)**.
26/12/1999	Glissement de terrain: / coulée boueuse	P12	Des écoulements provenant de la rue du Phare ont raviné un terrain situé à l'aval de cette route (parcelles 182 et 183), entraînant la formation d'une coulée boueuse qui s'est propagée jusqu'à la rue Torteron. Une importante quantité de matériaux s'est accumulée contre une maison de la rue Torteron en endommageant une véranda attenante. Le phénomène a déstabilisé le terrain dominant cette maison (parcelle 182), ce qui a engendré parallèlement un glissement de terrain qui s'est également accumulé contre la façade amont de l'habitation. La propriété a été évacuée et sa propriétaire relogée **(photographies 9 et 10)**. Une autre petite maison située en bordure de la rue du Phare, à l'amont de la maison sinistrée, a

Date	*Phénomène*	*Localisation carte informative*	*Observations*
			également été interdite d'occupation pendant plusieurs années. La propriétaire de la maison sinistrée aurait remarqué quelques jours auparavant des déformations suspectes à la surface de son terrain qui pourraient correspondre à des signes avant-coureurs du glissement de terrain. Le phénomène de ravinement n'aurait alors qu'accéléré le glissement de terrain qui s'était amorcé. Une expertise du CETE réalisée en février 2000 décrit une seconde instabilité de terrain proche de celle qui a endommagé la maison mais indépendante de la zone ravinée. La maison a été vendue et rénovée. Elle est à nouveau habitée depuis 2018.
25 et 26/12/1999 2019 – 2020 Régulièrement	Glissement de terrain	P13	Le versant dominant le chemin piétonnier des Tourettes (prolongement du quai Letourneur) est régulièrement la proie de glissements de terrain superficiels qui atteignent le chemin des Tourettes malgré la présence de murs de soutènement **(photographie 11)**. Les phénomènes affectent plutôt la moitié inférieure du versant. Les murs de soutènement présents calent le pied du versant, mais ils n'empêchent pas la frange supérieure des matériaux en mouvement de le franchir, car leur hauteur est insuffisante (niveau du sommet des murs situé sous celui du haut du versant qu'ils confortent). Les glissements de terrain qui se sont produits vers 2019 – 2020 ont motivé la fermeture au public du chemin des Tourettes et de l'aire de pique-nique située à l'amont, à mi-versant. Le Conseil Départemental avait mis en place des piézomètres pour suivre le niveau des eaux souterraines du versant. Ils ont été détruits par les mouvements de terrain.
Régulièrement	Chutes de blocs	P14	Des blocs de taille variable se détachent régulièrement des falaises côtières inférieures, plus particulièrement à l'ouest de l'avant-port où la mer sous-cave le pied de versant. L'action mécanique de la mer déstabilise la bordure côtière en formant des surplombs qui se détachent ensuite.
Depuis 1936	Affaissement / tassements différentiels	P15	Une maison située 4, rue du Phare penchait de plusieurs degrés (maison dite « la maison qui penche ») **(photographie 13)**. Les premiers mouvements de terrain ont été constatés en 1936 avec l'affaissement du pignon ouest. La maison aurait été reprise en sous-œuvre après la guerre. Des sondages profonds de quelques mètres auraient alors révélé la présence de matériaux peu portants sur les premiers mètres de terrain (dépôts coquilliers emballés dans une argile marine). Les travaux réalisés n'ont pas suffi à stabiliser le bâtiment. Cette maison a été vendue à un particulier qui l'a démolie vers 2018 pour réaliser un parking privé.
Non daté	Tassements différentiels	P16, P17	La disparition de la « maison qui penche » a laissé place à un espace vide qui permet d'observer des bâtiments voisins jusqu'alors en partie masqués. Au moins deux bâtiments présentent d'importantes fissures sur leurs façades qui pourraient être liées à des défauts de portance du sol, (fondations inadaptées aux caractéristiques géotechniques du sol) et à un chaînage insuffisant du bâti **(photographie 14)**.

Date	*Phénomène*	*Localisation carte informative*	*Observations*
			Le chaînage d'un des bâtiments a été repris **(P16)** à l'aide de plusieurs tirants et croix de chaînage (travaux anciens). Le second bâtiment ne semble pas conforté **(P17)**. Il présente des fissures de plus d'un centimètre d'écartement ainsi que des déformations au niveau des ouvertures et d'un pignon (amorce de bombement). Il semble également exercer une traction sur une maison mitoyenne qui présente elle aussi quelques fissures.
Vers 2002	Affaissement / effondrement	P18	Un fontis s'est formé rue du Nord au passage d'un camion de collecte de verre (trou d'environ 1,5 m de profondeur). Un transformateur électrique a été également déstabilisé à proximité. Cette construction présentait une inclinaison de plusieurs degrés vers le nord. Des sondages mécaniques ont révélé en profondeur la présence de matériaux de mauvaise qualité qui peuvent expliquer les mouvements de terrain observés. Le transformateur a été par la suite déplacé par ENEDIS au niveau de la rue Stella vers 2018.
Fin 2004	Affaissement / effondrement	P19	Une petite cavité s'est formée sous un bâtiment situé 13 quai Letourneur, en entraînant quelques désordres (fissuration de la dalle du rez-de-chaussée et décollement de cette dernière de la base des murs, fissuration de murs). Elle s'étendait jusque sous une propriété mitoyenne (n°11 quai Letourneur) en sous-cavant le mur de séparation des deux constructions. Le trottoir du quai a également subi un léger affaissement de quelques centimètres d'amplitude au droit du n°13. Une étude technique a décrit la cavité en signalant la présence d'eau, avec probablement une fuite sur le réseau d'évacuation des eaux usées. Une reprise en sous-œuvre du mur mitoyen des n° 11 et 13 et une réfection de la dalle ont été conseillées.
Non précisée	Affaissement / effondrement	P20	Une cavité s'est formée sous une maison située 11 rue de la Mer, en entraînant des dégâts au niveau de la dalle du rez-de-chaussée, d'une petite terrasse extérieure et des murs du bâtiment (fissuration). Le propriétaire a tenté de combler cette cavité en créant une ouverture dans la dalle du rez-de-chaussée et en injectant du béton. Il a pu constater à cette occasion la présence d'eau dans la cavité. Ce logement a dû être évacué. Un avis technique a préconisé une reprise en sous-œuvre du bâtiment en réalisant des micro-pieux. Une expertise a également indiqué qu'il n'y avait pas de risque d'effondrement imminent compte-tenu des mesures déjà prises pour combler la cavité. Le propriétaire a réalisé les travaux préconisés et a pu réintégrer son logement.
Non daté	Affaissement tassement différentiel	P21	Des doutes sont émis par la mairie sur la portance des terrains de la rue Traversière. Les maisons situées près du carrefour de la rue Traversière et de la rue du Nord ont rencontré des problèmes de stabilité. Une de ces maisons, située à l'angle des rues Traversière et du Nord, a été démolie sous le couvert d'un arrêté de catastrophe naturelle publié au journal officiel le 2/02/2012.
Vers 2007 - 2008	Retrait / gonflement des argiles	P22	Le BRGM a été sollicité en juin 2008 sur le cas de cinq maisons présentant des fissures dans le secteur de la rue Saint-Pierre et Miquelon et l'allée du Grand-Colombier. Les conclusions de l'étude BRGM penchent en faveur de phénomènes de retrait /

Date	*Phénomène*	*Localisation carte informative*	*Observations*
			gonflement d'argile pour expliquer les fissures.
Vers 2007	Retrait / gonflement des argiles	P23	Une maison située 51, avenue du Maréchal de Tourville a vu plusieurs de ses murs se fissurer. Une étude géotechnique a conclu à un phénomène de retrait / gonflement d'argile. On notera qu'un sondage réalisé contre un des murs de cette maison a révélé des fondations peu profondes de l'ordre de 30 cm. L'étude BRGM de juin 2008 réalisée sur 5 propriétés des rues Saint-Pierre et Miquelon et du Grand-Colombier (phénomène P22) s'est également intéressée à cette maison de l'avenue du Maréchal de Tourville. Elle aboutit aux mêmes conclusions.
Entre 2005 et 2008	Mouvements de terrain d'origine diverses	P24	Plusieurs murs de séparation de propriétés présentent des déformations inquiétantes rues Hommet et Pillet-Will. L'un d'eux s'est même effondré en février 2005. Une étude du BRGM a montré que la plupart de ces murs présentaient des malfaçons. Initialement conçus comme des murs de clôtures, ils servent également d'ouvrages de soutènement. Insuffisamment dimensionnés et dépourvus de barbacanes, ils se déforment, voire cèdent, sous la pression du terrain et de l'eau s'accumulant à l'arrière.
Février 2021 et avril 2023	Glissement de terrain	P25	Un glissement de terrain s'est déclenché en tête de coteau du littoral, à proximité de la Tour Vauban **(photographie 12)**. Il s'est réactivé de façon plus discrète en avril 2023. Le phénomène a mobilisé quelques dizaines de mètres cubes de matériaux qui se sont accumulés sur la plage (pied de versant). Le sentier du littoral a été fermé entre la rue du Castel et le sommet de la colline du Mont Castel, le glissement de terrain s'étant déclenché à proximité de celui-ci. Le Conseil Départemental a fait réaliser une étude géotechnique pour l'implantation d'un nouveau sentier du littoral (Sentier du littoral secteur Tour Vauban – Mont-Castel Hydrogéotechnique 10/06/2021). Cette étude conclut à un phénomène a priori plus ou moins superficiel, mais sans exclure une possibilité de phénomènes plus conséquents, que seules des investigations plus poussées pourraient déterminer. Elle attire également l'attention sur une certaine récurrence des mouvements de terrain dans ce secteur. Elle préconise un recul du sentier du littoral de 10 mètres au niveau de la Tour Vauban, puis progressivement de 15 mètres et de 20 mètres au fur et à mesure qu'on s'élève dans le versant.
Février 2021	Glissement de terrain	P26	Un glissement de terrain s'est déclenché à l'est du port, à environ 500 mètres à l'est de la Tour Vauban. Le phénomène a affecté la frange de terrain meuble recouvrant le substratum marno-calcaire du Bathonien. Les matériaux déstabilisés ont atteint la plage.
Non daté	Fissuration de bâti retrait / gonflement d'argile	P27	Une maison située 36, rue de Bayeux (parcelle AN 188) s'est fissurée. La propriétaire a déclaré des fissures sur les 4 murs de sa maison et sur les murs de sa terrasse. Elle a également signalé un affaissement de sa terrasse. Les fissures constatées peuvent être liées à des phénomènes de retrait / gonflement d'argile.
Non daté	Indéterminé	P28	Une personne habitant rue du Nord a signalé à la mairie des problèmes de fermeture avec ses huisseries. La propriété

Date	*Phénomène*	*Localisation carte informative*	*Observations*
			concernée se situe dans un quartier qui a été par ailleurs touché par plusieurs mouvements de terrain liés à la présence de sol compressible.
Non daté	Affaissement Fissuration de bâti	P29	La dépendance d'une propriété située 21, quai Letourneur présente plusieurs fissures sur ses murs. Une étude avec réalisation de sondages a été réalisée en vue de travaux de confortement (étude non disponible).
2019	Affaissement / tassement de terrain	P30	Une propriété située 7, rue Pillet Will s'est fissurée. Le phénomène a plus particulièrement affecté une véranda accolée à l'habitation. Une étude a été menée par le BRGM. Elle explique le phénomène par une probable présence de matériaux remaniés non compactés, sur lesquels a été construite la véranda. Elle n'exclut pas un rejet d'eau non maîtrisé qui aurait pu favoriser le phénomène en jouant un rôle déclencheur. Elle souligne également que les terrains sont argileux et qu'ils sont sensibles aux retraits / gonflements d'argile. Ce phénomène est à rapprocher aux points P23 et P24 précédents qui rapportent des problèmes de stabilité de terrain et de murs de clôture de conception inadaptée.
Juin 2023	Mouvement de terrain alternatif vertical	P31	Un trottoir de la rue de la Maladrerie (4 rue de la Maladrerie) se soulève puis redescend à intervalles réguliers depuis début juin 2023. Le sol semble exposé à un phénomène de pression verticale qui soulève la dalle en béton du trottoir. Des regards de réseau sont installés à ce niveau. Ils ne semblent pas être entraînés par les mouvements du sol. La dalle en béton du trottoir se soulève au-dessus d'eux. En redescendant la dalle de béton ne retrouve pas son niveau d'origine, car elle frotte contre la bordure du trottoir qui n'est pas affectée par le phénomène. La dalle se coince contre la bordure en redescendant. L'amplitude du phénomène est de quelques centimètres. Un lien pourrait exister avec le cycle des marées (soulèvement de la dalle à l'approche du pic de la marée haute et abaissement au moment de la marée basse). Sachant que des circulations d'eau souterraines sont présentes et qu'elles se jettent dans la mer (résurgences importantes visibles sur la plage), il est possible qu'à marée haute la mer bloque les écoulements et entraîne leur mise en charge, ce qui peut se traduire par la manifestation d'une pression verticale dans le sol. Inversement, à marée basse, les écoulements souterrains sont libérés et la pression verticale dans le sol peut disparaître. Seules des hypothèses peuvent être émises pour expliquer ce phénomène, en l'absence d'étude technique spécifique.
Janvier 2024	Présence de cavité souterraine	P32	Une cavité souterraine a été découverte devant le n°14 rue Nationale lors de travaux de réhabilitation du réseau d'assainissement. La cavité a été mise à jour au fond d'une tranchée (pas d'effondrement). D'origine très probablement naturelle, son volume a été évalué à plusieurs mètres cubes. Elle a été comblée à l'aide de béton de tranchée.
27 septembre 2024	Présence de cavité souterraine	P33	Une cavité souterraine d'une taille importante a été découverte au n°21 Quai Letourneur lors d'une visite d'expertise réalisée dans le cadre d'un chantier. Il semblerait qu'elle se situe à

Date	Phénomène	Localisation carte informative	Observations
			cheval entre cette propriété et le n°6 bis rue Torteron. Elle pourrait être liée à un phénomène de suffosion provoqué par des infiltrations d'eaux pluviales non maîtrisées.
01/02/2025	Glissement de terrain	P34	Un nouveau glissement de terrain s'est déclenché à proximité de la Tour Vauban, non loin de ceux de février 2021 et d'avril 2023. Il s'est produit lors d'une période très pluvieuse. Le terrain a cédé en tête de versant, en entraînant la déstabilisation de quelques dizaines de mètres cubes de matériaux qui ont atteint la plage. La Tour Vauban n'a pas été impactée mais sa situation en bordure immédiate de versant la place dans une situation de forte vulnérabilité.

III.3.2 Phénomènes historiques de la commune de Commes

Date	Phénomène	Localisation carte informative	Observations
Avril 1856, février 1910	Glissement de terrain / chutes de blocs	C1	Des mouvements de terrain se seraient produits en falaise au droit du hameau du Bouffay.
Entre 1975 et 1981	Glissement de terrain / chutes de blocs	C2	Des mouvements de terrain se sont produits sur la bordure littorale du Mont-Castel, en limite communale avec Port-en-Bessin (information commune avec Port-en-Bessin localisée au point P1). Par mesure de sécurité, un blockhaus situé en bordure de falaise a été par la suite démoli, ce dernier menaçant de s'effondrer sur la plage.
Février 1978	Chutes de blocs	C3	Des blocs se sont détachés de la falaise côtière du Bouffay.
5 août 1981	Glissement de terrain	C4	Un important glissement de terrain s'est déclenché au droit du hameau du Bouffay, en limite communale avec Longues-sur-Mer, sur une longueur de 350 m pour une largeur maximum d'une cinquantaine de mètres. Le pied de falaise s'est avancé d'environ 25 mètres vers la mer et le platier s'est soulevé par endroits de plusieurs mètres (jusqu'à 7 mètres). Au total, environ 1 500 000 m^3 de matériaux ont été mobilisés. La surface de rupture a été localisée dans les marnes de Port-en-Bessin qui constituent le pied de la falaise **(Photographies et figures 3, 4, 5, 6 et 7)**. Le chemin de ronde a été emporté ainsi que plus de 1,5 hectare de terrains agricoles.
Mars 1997 Vers 2018	Glissement de terrain	C5	En 1997, le chemin de descente à la mer a été emporté au droit du hameau du Bouffay. Vers 2018, un nouveau glissement de terrain qui s'est déclenché à mi-versant a emporté les deux escaliers d'accès à la plage. Le phénomène a mobilisé une couche de terrain d'environ 2 mètres d'épaisseur (photographie 8).
1856	Effondrement de terrain	C6	Un document de 1931 du service vicinal (plan général indiquant le tracé supposé du cours d'eau souterrain - 9 octobre 1931) signale un effondrement de terrain à l'entrée sud du hameau de l'Escure qui se serait produit en 1856 et qui aurait entraîné la

Date	*Phénomène*	*Localisation carte informative*	*Observations*
			perte de deux peupliers.
1927 et 1931	Effondrement de cavité souterraine	C7	Un effondrement de cavité souterraine s'est manifesté à deux reprises sur la chaussée de la RD6 dans le virage du hameau de l'Escures. Cette zone effondrée a permis de découvrir la présence de galeries karstiques empruntées par les pertes de l'Aure **(figures Erreur : source de la référence non trouvée et 16)**. Une chambre d'environ 300 m^3 de volume a été construite à l'emplacement de l'effondrement qui atteignait une quinzaine de mètres de profondeur. Elle donne accès au réseau karstique. On y accède par un regard. Le tracé de la RD6 a été ensuite modifié (virage corrigé), de manière à écarter la chaussée de cette zone de vide.
1991	Fontis	C8	Un fontis d'environ 80 cm de diamètre et de 5 mètres de profondeur s'est formé sur un terrain situé au nord du musée des épaves. Il est apparu au passage d'un tracteur. Le trou s'est ensuite élargi (talutage naturel du terrain). Un tubage a été réalisé en prévision de la création d'un nouvel accès au réseau karstique d'Escures.
Régulièrement	Fontis	C9	Un fontis d'environ 3 ou 4 mètres de diamètre, pour autant de profondeur, se formait régulièrement sur un chemin communal du hameau d'Escures, jusqu'à ce qu'une dalle de béton soit coulée sur la chaussée. Aucun mouvement de terrain n'a été constaté depuis en périphérie de la dalle en béton.
Non daté	Affaissement de terrain	C10	Un document de 1931 du service vicinal (plan général indiquant le tracé supposé du cours d'eau souterrain - 9 octobre 1931) signale un affaissement de 1,5 mètre dans le hameau d'Escures, au niveau d'une ancienne mare remblayée.
Non daté	Affaissement de terrain	C11	Un document de 1931 du service vicinal (plan général indiquant le tracé supposé du cours d'eau souterrain - 9 octobre 1931) signale un affaissement sur un terrain situé à l'entrée sud du hameau d'Escures.
Non daté	fontis	C12	Plusieurs petits fontis de 5 ou 6 m de profondeur se sont produits dans le hameau d'Escures.
Non daté	Fontis	C13	Un fontis d'environ 50 cm de diamètre s'est formé sur un terrain agricole près de la zone de dépôt des boues de curage du port.
Non daté	Fontis / affaissements	C14 C15 C16	Un document établi par le Comité régional de Spéléologie de Normandie en 1990 localise plusieurs autres fontis qui se seraient manifestés dans le hameau d'Escure et à sa périphérie. Ces phénomènes n'ont pas été confirmés par la mairie de Commes et ne peuvent pas être vérifiés car toute trace est effacée. Ils sont indiqués pour information **(C14)**. L'un d'eux apparaît également dans un compte-rendu de terrain du laboratoire des Ponts et Chaussée du 5 juin 1967 qui a réalisé un sondage à la demande de la subdivision de Bayeux **(C15)** Ce même document identifie des dépressions de surface qu'il assimile à de possibles effondrements qui auraient entraîné l'apparition de cuvettes. Ces zones sont également indiquées pour information **(C16)**.
Eté 2006	Affaissement / tassements différentiels / retrait –	C17	Une maison du hameau d'Escures située en bordure du virage de la RD6 s'est fissurée (parcelle 150). Une expertise du BRGM suivie d'une étude ont été menées

Date	Phénomène	Localisation carte informative	Observations
	gonflement d'argile		suite à ce sinistre. L'étude a fait réaliser quatre sondages qui ont confirmé la présence de terrains argileux et ont détecté un vide de 70 centimètres de hauteur à 20 mètres de profondeur. Les conclusions émettent plusieurs hypothèses pour expliquer le phénomène : retrait / gonflement d'argile, présence d'une cavité karstique, terrain remblayé avec des matériaux de mauvaise qualité, défaut de construction. Le retrait / gonflement d'argile semble toutefois le plus plausible pour expliquer les dégâts.
Janvier à août 1996	Retrait / gonflement	C18	Des mouvements de terrain différentiels liés à des phénomènes de retrait / gonflement ont été signalés au hameau du Bouffay.

III.3.3 Arrêtés de catastrophe naturelle

Parallèlement, les communes ont fait l'objet d'un certain nombre d'**arrêtés de catastrophe naturelle** relatifs aux phénomènes étudiés :

III.3.3.1 Commune de Port-en-Bessin-Huppain

- INTE8800136A : glissement de terrain le 25/07/1986 (arrêté publié au journal officiel le 21/04/1988) ;
- INTX9110334A : glissement de terrain le 13/02/1988 (arrêté publié au journal officiel le 27/12/1991) ;
- INTE9900627A : inondations et / ou coulées de boue le 25/12/1999 (arrêté publié au journal officiel le 30/12/1999). La date de cet arrêté correspond avec celle du glissement de terrain qui s'est déclenché entre la rue du Phare et la rue Torteron et qui s'est calé contre la façade d'une maison de la rue Torteron.
- IOCE1202909A : Mouvement de terrain le 1/11/2010 (arrêté publié au journal officiel le 2/02/2012).

La mairie indique que l'arrêté de 2012 a concerné plusieurs rues du bourg de Port-en-Bessin : rues de la Mer, du Nord, de la Croix, du Phare, Traversière, du Hameau Torteron et une partie du Quai Letourneur. Une maison située au carrefour de la rue Traversière et de la rue du Nord a été démolie suite à cet arrêté.

La mairie signale également deux autres arrêtés de catastrophe naturelle qui ne figurent pas sur le site Géorisques :

- Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à des ruissellements en 2008. Cet arrêté concernait les rues Hommet, Pillet-Will, Saint-Pierre-et-Miquelon, du Grand Colombier et du Maréchal de Tourville.
- Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse d'avril 2016 à décembre 2016 (arrêté du 27/09/2017). Cet arrêté concernait le Quai Letourneur et la rue Torteron.

Par ailleurs, deux arrêtés de catastrophe naturelle libellés « chocs mécaniques liés à l'action des vagues » ont été pris sur la commune de Port-en-Bessin-Huppain. Ce type de phénomène peut avoir une influence sur la stabilité des falaises côtières et, par conséquence, sur l'évolution du trait de côte.

- INTE9600301A : chocs mécaniques liés à l'action des vagues le 19/02/1996 (arrêté publié au journal officiel le 4/09/1996) ;
- INTE1316146A : chocs mécaniques liés à l'action des vagues le 11/03/2013 (arrêté publié au journal officiel le 27/06/2013).

III.3.3.2 Commune de Commes

- INTE9800356A : sécheresse ayant débuté le 1/01/1996 (arrêté publié au journal officiel le 3/10/1998).

III.3.4 Illustrations de phénomènes historiques

➔ Le recul du trait de côte sous l'effet de la houle et des glissements de terrain est inévitable. Son évolution se traduit par des régressions irréversibles liées aux mouvements de terrain qui entament le plateau, mais également par des avancées vers la mer liées aux matériaux déplacés. On peut en effet constater une certaine mobilité des pieds de versant, marquée par des mouvements alternatifs d'avancée / recul de leur front, du fait des matériaux qui atteignent la plage puis qui sont lentement repris et évacués par la mer. Un schéma extrait de l'étude d'Olivier Maquaire ; P. Gigot et JL. Ballais (Étude du glissement du Bouffay - Université de Caen) reproduit l'évolution du trait de côte entre 1809 et 1975 au droit des communes de Commes et de Longues-sur-Mer.

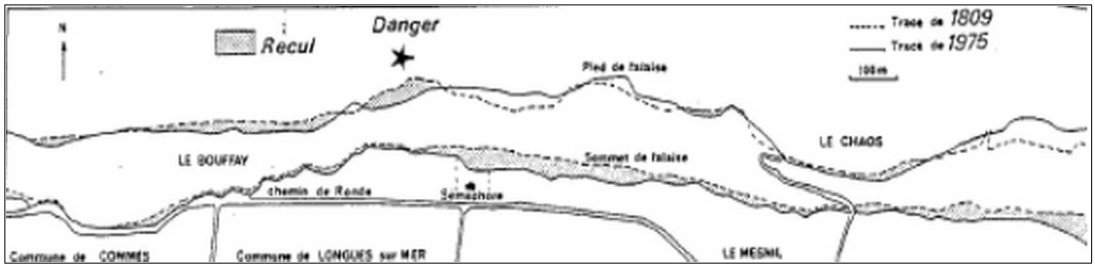


Figure 3: évolution du trait de côte entre 1809 et 1975.

Le glissement de terrain du Bouffay de 1981 est certainement le phénomène de mouvement de terrain le plus marquant ayant frappé la zone d'étude, du fait de sa soudaineté et de son ampleur. La photographie aérienne suivante, prise peu de temps après l'événement, retranscrit l'importance du phénomène. Elle souligne la zone de rupture du mouvement de terrain et l'imposante masse de terrain déplacée.

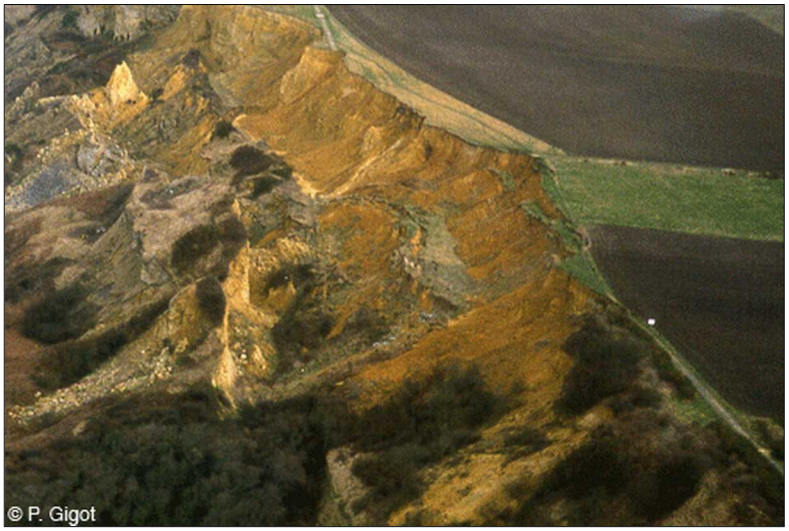


Figure 4: survol du glissement de terrain de 1981 peu de temps après son déclenchement.

Cette autre photographie aérienne prise à la verticale, permet de se rendre compte de l'ampleur du glissement de terrain qui a fortement modifié le profil de la côte. Elle permet d'apprécier l'importante régression de la tête de versant.

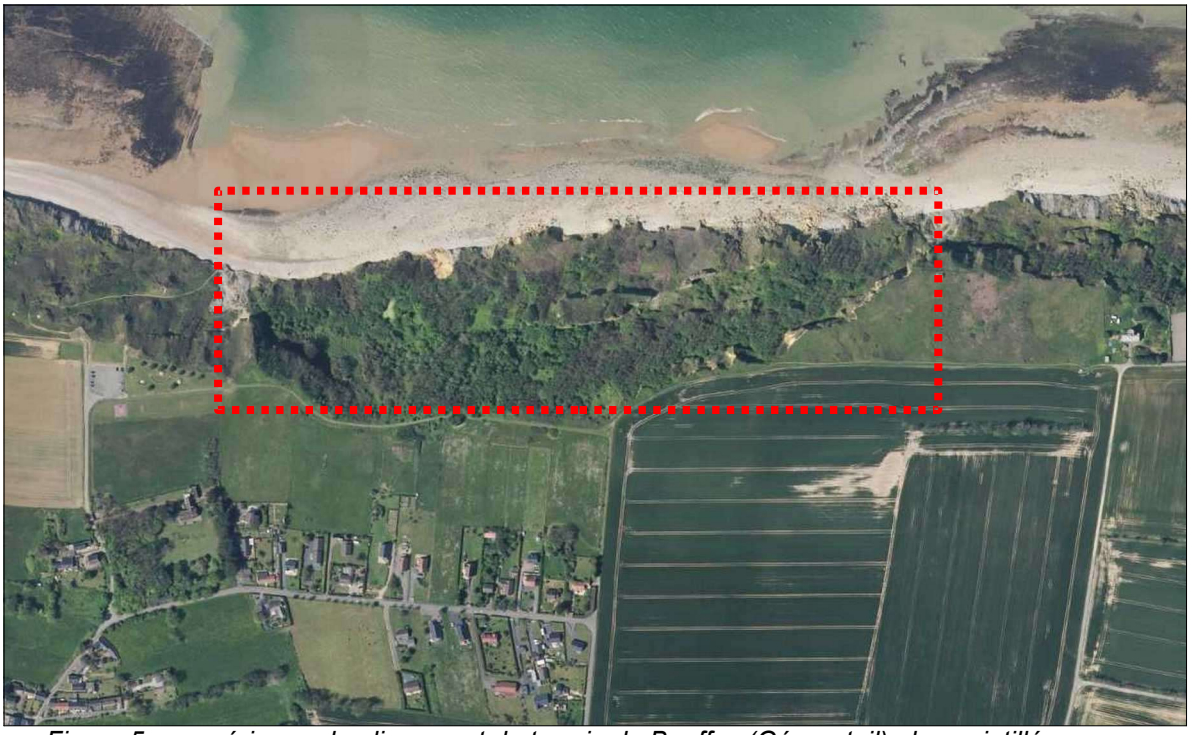


Figure 5: vue aérienne du glissement de terrain du Bouffay (Géoportail) ; les pointillés rouges soulignent l'emprise du retrait de côte engendré par le phénomène.

Le schéma structural suivant, extrait d'une seconde étude d'Olivier Maquaire (le glissement de la falaise du Bouffay - Université de Caen), décrit le chaos résultant du glissement de terrain du Bouffay.

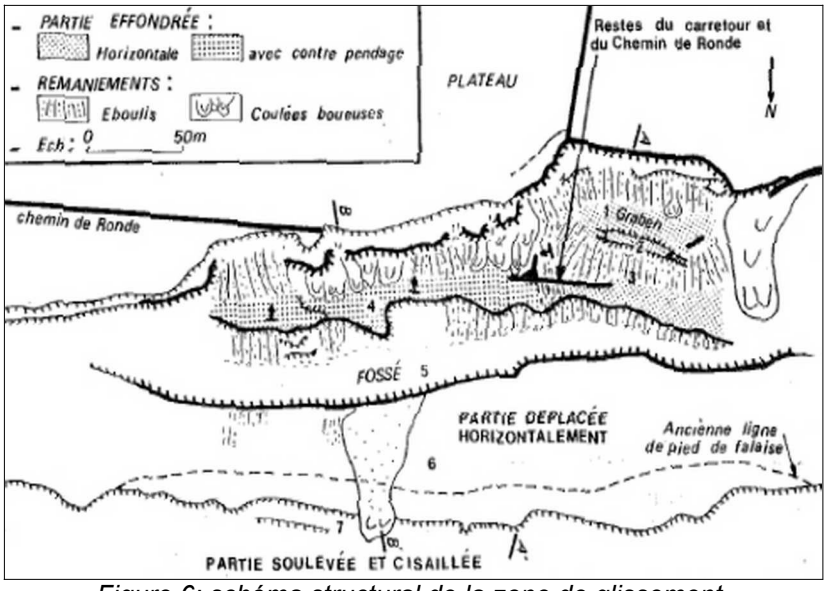


Figure 6: schéma structural de la zone de glissement.

Les traces du glissement de terrain du Bouffay sont toujours visibles malgré la végétation qui a repris ses droits en masquant la plupart des indices.



Figure 7: vue du glissement de terrain du Bouffay depuis le rebord du plateau, on remarquera l'imposante masse déplacée (affleurements rocheux entre autres au centre de la photographie).

Des mouvements de terrain plus localisés et superficiels continuent d'affecter ce secteur qui reste très instable.



Figure 8: glissement du Bouffay de 2018 ayant emporté deux escaliers d'accès à la plage.

De nombreux glissements de terrain plus ou moins superficiels se manifestent sur l'ensemble de la côte rocheuse. Plusieurs ont déjà touché le bourg de Port-en-Bessin et son avant-port.



Figure 9: glissement de terrain de 1999 entre les rues du Phare et Torteron ; le phénomène s'est calé contre une maison de la rue Torteron.



Figure 10: propagation du glissement de terrain de 1999 jusqu'à la rue Torteron.



Figure 11: glissements de terrain superficiels de 1999 ayant atteint le chemin des Tourettes.



Figure 12: glissement de terrain de la Tour Vauban de février 2021.

➔ Les mouvements de terrain différentiels, la présence de cavités souterraines et les phénomènes de retraits / gonflement des sols argileux peuvent entraîner des dommages importants au bâti et nécessiter des reprises en sous-œuvre. Le vieux centre-ville de Port-en-Bessin est ainsi concerné par des sols compressibles, voire fluants, liés à la présence de dépôts quaternaires marins et de colluvions de versant aux mauvaises caractéristiques géomécaniques.



Figure 13: Une maison située au 4, rue du phare présentait d'importants signes d'affaissement : « la maison qui penche » (photographie d'avril 2011). Son pignon ouest portait sur un sol mou pouvant correspondre à des vases marines. Cette maison a été démolie en 2018.



Figure 14: ancien emplacement de la "maison qui penche" devenu un parking (photographie de juin 2023). En arrière plan deux constructions sont sévèrement fissurées.

Un réseau karstique est connu sous le hameau de l'Escures. Accessible depuis un puits aménagé dans le virage d'Escures suite à un effondrement de la RD6, il a été cartographié par une équipe régionale de spéléologues. Ce plan relève également des indices d'affaissement et de fontis en surface.

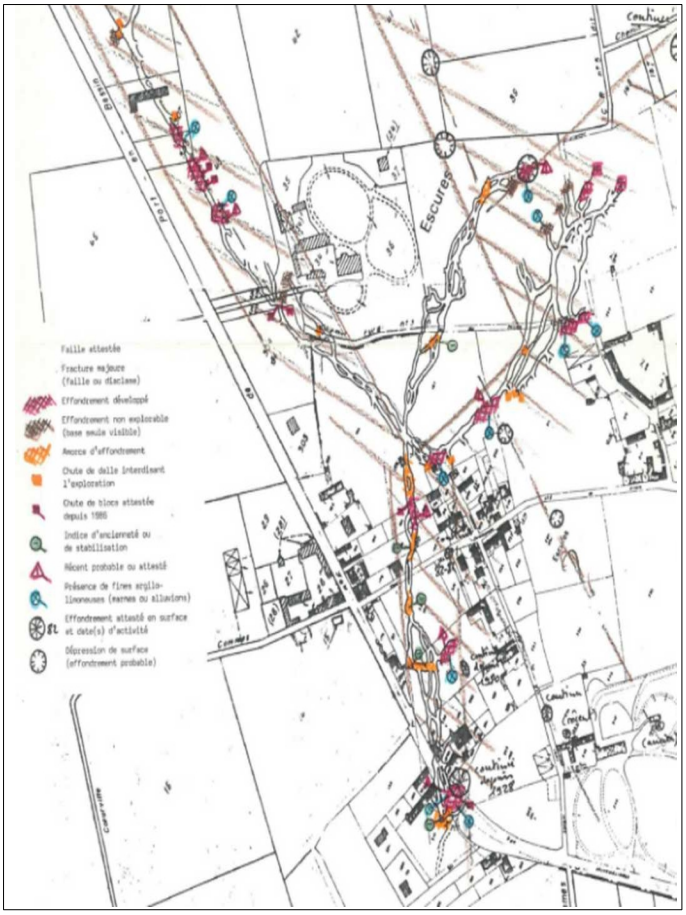


Figure 15: relevé du réseau karstique effectué par une équipe régionale de spéléologues.

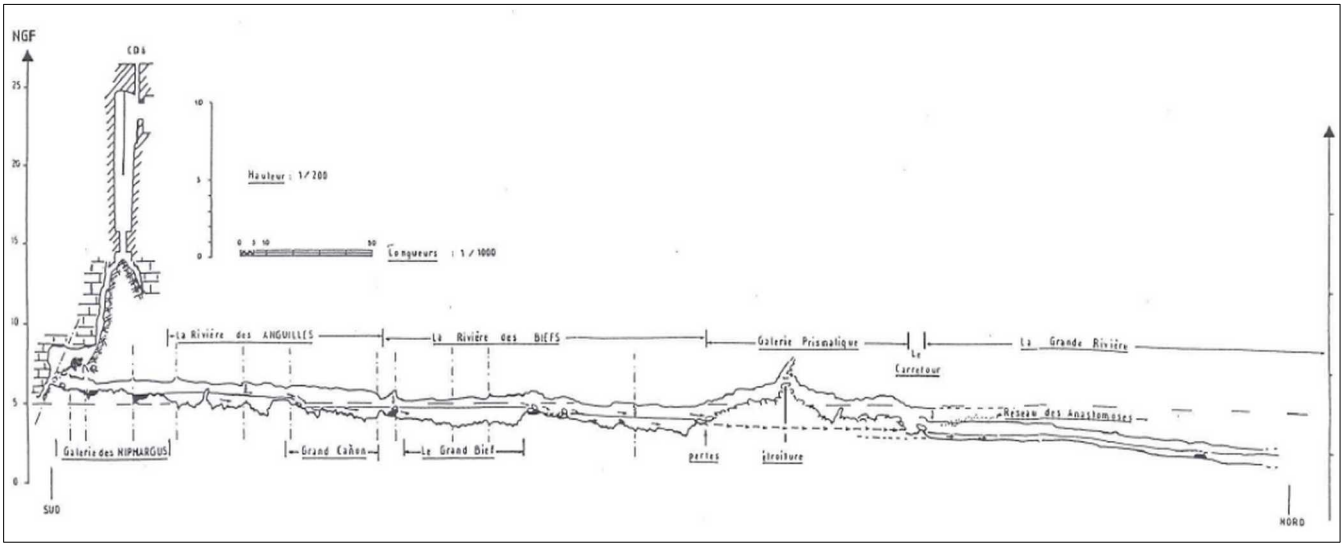


Figure 16: profil en long de la galerie karstique principale, orientée approximativement parallèlement à la RD6 (levé réalisé par une équipe régionale de spéléologues). L'accès est possible depuis un puits aménagé sous la RD6 (partie gauche du profil). L'altitude de la galerie principale se situe à environ+ 5 mNGF au niveau du hameau de l'Escures. Elle plonge régulièrement vers le nord, en direction de la mer.

III.3.5 Falaises du Bessin hors zone d'étude

Les falaises du Bessin sont connues pour leurs instabilités qui ne se limitent pas aux communes de Port-en-Bessin-Huppain et de Commes. D'importants glissements de terrain sont ainsi signalés sur les communes voisines de Longues-sur-Mer et de Manvieux :

- entre 1750 et 1760 un glissement important au droit du hameau de Fontenailles (commune de Longues-sur-Mer) a laissé sur l'estran, en pied de falaise, un bloc de calcaire de 20 mètres de hauteur appelé la « Demoiselle de Fontenailles ». Cette masse rocheuse a disparu lors d'une tempête le 26 avril 1902 alors qu'elle se trouvait à 63 mètres du pied de falaise ;
- un mouvement de terrain est signalé en avril 1856 sans autre précision sur la commune de Manvieux, en limite communale de Longues-sur-Mer ;
- le 25 septembre 1859, un glissement de terrain de 25 mètres de large et 300 mètres de long a entraîné deux chemins de descente à la mer au droit du village de Longues-sur-Mer ;
- en février 1969, un glissement de terrain de 200 mètres de long et d'une trentaine de mètres de large s'est déclenché au niveau du sémaphore de Longues-sur-Mer, emportant une partie du jardin des locataires des lieux ;
- un glissement de terrain est signalé en février 1978, sans autre précision, au droit du village de Longues-sur-Mer.

III.4 Cartes techniques du PPR

III.4.1 Carte informative des phénomènes historiques

La carte informative fournit toute information utile à la compréhension des phénomènes identifiés sur le territoire. Elle retranscrit les événements qui se sont déjà produits et affiche toute autre information technique permettant d'identifier la présence et l'évolution possible des phénomènes naturels. Elle renforce le diagnostic de terrain en apportant la preuve de l'existence de phénomènes naturels actifs.

- Elle localise ainsi les secteurs historiquement touchés par des mouvements de terrain à l'aide d'un étiquetage renvoyant au tableau des phénomènes historiques de la note de présentation.
- Elle souligne le versant côtier en matérialisant le trait de côte supérieur actuel (sommet de versant actuel) et en faisant figurer les anciens traits de côte en remontant le temps à partir de diverses missions de photographies aériennes (évolution chronologique du trait de côte).
- Elle reporte le périmètre du réseau karstique relevé sous le hameau d'Escures par les spéléologues.
- Elle affiche les zones actives de mouvements de terrain, identifiées sur le terrain et / ou par témoignage, en délimitant leurs emprises, ce qui revient à surligner une grande partie du talus littoral et l'emprise des galeries karstiques d'Escures.

On ajoutera que la carte informative des phénomènes naturels revêt un rôle uniquement technique et pédagogique. Elle vient en appui de la carte des aléas. Elle permet de disposer d'événements de référence et d'argumenter les choix de zonage de la carte des aléas.

III.4.2 Carte des aléas

III.4.2.1 Notion d'intensité et de fréquence

L'aléa découle du croisement de la probabilité d'occurrence du phénomène (ou de la prédisposition des terrains aux mouvements de terrain) avec l'intensité du phénomène. L'élaboration de la carte des aléas impose donc de connaître ou, à défaut, d'évaluer ces deux paramètres. Ces derniers sont estimés à partir des expertises de terrain réalisées et des différentes informations techniques à disposition (phénomènes historiques connus, des études techniques spécifiques, relevés, analyses statistiques, etc.).

L'estimation de la probabilité d'occurrence d'un phénomène traduit une démarche statistique qui nécessite de longues séries de mesures ou d'observations du phénomène. Elle s'exprime généralement par une **période de retour** qui correspond à la durée moyenne qui sépare deux occurrences du phénomène. Un phénomène dit décennal se produit **en moyenne** tous les dix ans si l'on considère une période suffisamment longue (un millénaire) ; cela ne signifie pas que ce phénomène se reproduit périodiquement tous les dix ans mais simplement qu'il s'est produit environ cent fois en mille ans, ou qu'il a une chance sur dix de se produire chaque année.

Si certaines grandeurs sont relativement aisées à mesurer et peuvent faire l'objet d'une analyse statistique (le débit des cours d'eau par exemple), d'autres le sont beaucoup moins, soit du fait de leur nature même (surpressions occasionnées par une coulée boueuse), soit du fait du caractère très aléatoire et/ou de la rareté relative du phénomène (mouvements de terrain en général). La notion de probabilité d'occurrence est ainsi mieux adaptée aux phénomènes hydrauliques. Pour les phénomènes de mouvements de terrain, on s'attache plutôt à parler de prédisposition des terrains à subir des mouvements de terrain pour qualifier la probabilité d'occurrence des phénomènes. Cette prédisposition aux mouvements de terrain est alors généralement appréciée à partir des informations historiques et des observations de terrain (dire d'expert).

L'intensité d'un phénomène peut être appréciée de manière variable en fonction de la nature même du phénomène : volume des éléments pour une chute de blocs, importance des déformations du sol pour un glissement de terrain, profondeur des glissements de terrain, etc. L'importance des dommages causés par les phénomènes peut également être prise en compte en considérant différents degrés possibles de destruction par les phénomènes.

III.4.2.2 Affichage de l'aléa

La carte des aléas détermine l'emprise des terrains exposés aux mouvements de terrain, en mettant en avant des secteurs plus fortement concernés que d'autres (hiérarchisation des phénomènes). Elle subdivise ainsi chaque type de phénomène naturel en trois niveaux d'importance : faible, moyen et fort, en s'appuyant sur des grilles de qualification des aléas (une grille de qualification spécifique à chaque phénomène).

L'aléa est cartographié sans tenir compte des ouvrages de protection. Ce principe cartographique permet d'afficher la trace d'origine de l'aléa et de faire figurer ce qu'elle pourrait être à minima en cas de disparition des ouvrages de protection. Les ouvrages de protection peuvent être pris en compte au niveau du zonage réglementaire s'ils sont jugés aptes à remplir leur fonction. Ne pas les prendre en compte dans l'affichage de l'aléa permet également de leur imposer des prescriptions visant à maintenir leur bon état de fonctionnement.

III.5 Description des phénomènes et qualification des aléas

III.5.1 Phénomènes de glissements de terrain

Les glissements de terrain constituent l'un des principaux problèmes d'instabilité des falaises littorales de la zone d'étude. Ils peuvent se manifester sous plusieurs formes :

- glissements affectant le substratum calcaire et marneux du front de mer, profonds de quelques mètres à quelques dizaines de mètres, pouvant mobiliser d'importants volumes de matériaux et modifier brutalement et fortement le trait de côte (plusieurs phénomènes majeurs rencontrés au Bouffay sur la commune de Commes et au niveau du secteur du Chaos sur la commune de Longues-sur-mer) ;
- glissements peu profonds affectant des colluvions et la surface altérée du substratum calcaire et marneux (frange de terrain de quelques décimètres d'épaisseur) ;
- coulées boueuses liées, entre autres, aux résurgences de la nappe des marnes de Port-en-Bessin et des calcaires du Bessin (phénomène également plutôt superficiel).

Dans chaque cas de figure, l'eau joue un rôle de premier ordre dans les mécanismes de glissement de terrain. Cet élément moteur intervient en saturant les sols, en faisant varier les pressions interstitielles et en jouant un rôle de lubrifiant entre couches de différentes natures et au niveau de toute autre surface de rupture pré-existante.

III.5.1.1 Glissements de terrain profonds du versant littoral

Les versants côtiers du Bessin sont réputés pour leur instabilité chronique qui se traduit par des mouvements de terrain brutaux de plus ou moins grande ampleur, quasiment sans signe avant coureur. Les archives rapportent plusieurs phénomènes spectaculaires au cours des trois derniers siècles. Le dernier en date qui remonte à août 1981 s'est produit au droit du hameau du Bouffay (limite communale entre Commes et Longues-sur-Mer). Les autres ont eu lieu sur la commune de Longues-sur-Mer.

Au niveau de la zone d'étude du PPR, des témoignages et l'aspect très chaotique des falaises littorales montrent que le secteur du Bouffay n'est pas le seul site exposé aux mouvements de terrain importants. D'autres phénomènes conséquents, mais de moindre ampleur, semblent s'être produits au niveau du plateau de Mont-Castel et à environ 800 mètres à l'ouest du sémaphore de Huppain. Ce type de phénomène majeur est ainsi possible sur l'ensemble de la façade maritime.

Le recul historique du trait de côte est mis en avant par l'étude du glissement de terrain du Bouffay réalisée par O. Maquaire, P. Gigot et JL. Ballais de l'Université de Caen, à la suite de l'événement de 1981. En superposant divers plans cadastraux, cette étude a estimé, qu'au droit du Bouffay, le trait de côte avait régressé d'environ 20 mètres en 200 ans avant le glissement de terrain de 1981. Elle détermine ainsi un recul d'une dizaine de mètres par siècle, soit en moyenne une dizaine de centimètres par an. Cette valeur de 10 centimètres moyen de régression annuelle du trait de côte est confirmée par l'exploitation des photographies aériennes anciennes faite dans le cadre du PPR (Voir en annexe 2 l'exploitation des photographies aériennes des missions 1947, 1955, 1971, 1980, 2000, 2012 et 2020).

Rapporté à un instant donné, le recul du trait de côte peut varier d'un point à un autre du versant. Il peut être un peu plus important ou un peu plus faible selon où l'on se trouve. Cette valeur de 10 centimètres annuels doit donc bien être considérée comme une moyenne établie sur une longue période de temps et non pas comme ce qui est réellement constaté chaque année ou à chaque mouvement de terrain. De même, cette valeur traduit une lente et régulière régression du trait de côte, telle qu'elle peut être constatée en condition d'érosion normale des versants. En réalité, les falaises côtières sont parfois confrontées à de brusques accélérations du recul, qui se traduisent par le déclenchement de mouvements de terrain spectaculaires, bouleversant en très peu de temps la morphologie de la côte. Ces phénomènes majeurs peuvent ainsi entraîner des régressions du trait de côte, équivalentes à

quelques siècles d'érosion moyenne. Pour mémoire, le phénomène du Bouffay a emporté une partie du plateau sur une largeur comprise entre 50 et 60 mètres, soit plus de 500 ans d'érosion moyenne.

Les phénomènes affectant les falaises sont donc de vitesse variable. Ils évoluent plutôt lentement et régulièrement en période normale (érosion moyenne progressive et régulière), peuvent connaître des accélérations brutales accompagnées de mouvements de terrain majeurs, puis entrent dans une nouvelle phase végétative d'érosion lente et continue avant la prochaine accélération (phénomène cyclique).

Le profil type des falaises côtières se présente sous la forme d'un ressaut rocheux inférieur, suivi d'une pente intermédiaire fortement inclinée puis d'un second ressaut rocheux sommital. Ce profil est dicté par les couches géologiques composant la côte (marno-calcaire et calcaire plus ou moins argileux à la base, marnes de Port-en-Bessin intermédiaires et calcaire marneux au sommet). Les glissements de terrain peuvent affecter individuellement chacun de ces trois niveaux géologiques ou concerner l'ensemble simultanément (cas du glissement de terrain du Bouffay).



Figure 17: Profil type de la côte rocheuse avec deux ressauts rocheux à sa base et son sommet.

- **Partie supérieure seule du versant côtier :**

Les glissements de terrain qui se déclenchent en tête de versant, en n'affectant que le ressaut rocheux supérieur, peuvent entraîner une régression comprise entre 10 ou 15 mètres de large, comme peuvent le montrer les photographies aériennes prises à différentes dates. Les matériaux glissant du rebord supérieur ont tendance à s'accumuler sur la partie intermédiaire du versant lorsque cette dernière est suffisamment marquée pour pouvoir contenir les matériaux. Dans le cas contraire, ils atteignent la plage.



Figure 18: exemple de mouvement de terrain affectant uniquement le ressaut supérieur du versant côtier (près du Mont-Castel).

Ceux touchant le ressaut rocheux inférieur du versant atteignent systématiquement la plage. Dans les deux cas, les matériaux atteignant la plage s'accumulent en pied de versant puis ils sont plus ou

moins rapidement repris par le cycle des marées. Le tracé du trait de côte inférieur (pied de falaise) est ainsi très peu impacté puisque les matériaux disparaissent rapidement.



Figure 19: régression du trait de côte entre le Mont-Castel et le Bouffay (marnes et niveau calcaire supérieurs touchés).



Figure 20: glissement de terrain au niveau de la Tour Vauban (niveau de marne concerné).

- **<u>Partie intermédiaire du versant côtier</u> :**

Les mouvements de terrain observés uniquement au niveau de la partie intermédiaire du versant côtier sont uniquement de type superficiel. Nous n'avons pas remarqué de phénomène affectant profondément et uniquement cette partie du versant, ce qui ne signifie pas que cela soit impossible.

- **<u>Versant côtier sur toute sa hauteur</u> :**

Les mouvements de terrain de grand ampleur touchant le versant côtier sur toute sa hauteur infligent de plus graves régressions sur le plateau. Ils sont plus rares, ce qui accentue leur caractère dangereux car notre mémoire a tendance à les oublier. Ils s'accompagnent d'un effet de surprise lorsqu'ils se manifestent, ce qui peut avoir de graves conséquences si on ne s'est pas préparé à y faire face.

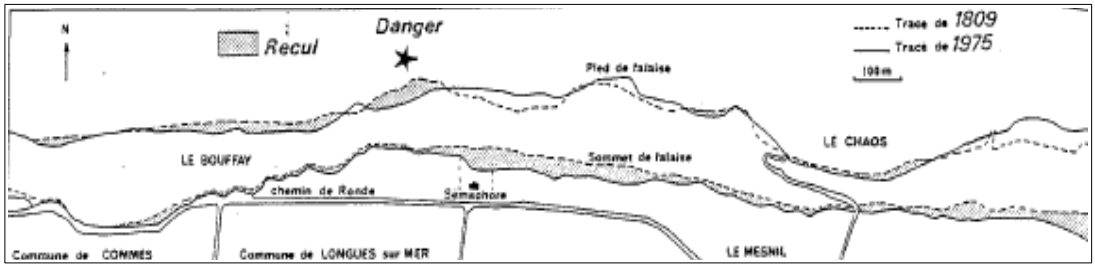


Figure 21: évolution du trait de côte entre 1809 et 1975.

Ces mouvements de terrain majeurs modifient profondément le profil de la côte, mais peuvent également affecter plus ou moins durablement le trait de côte inférieur (pied de versant) et la topographie du platier. Le phénomène de 1981 survenu au Bouffay a ainsi entraîné une surélévation locale du platier, en plus du bourrelet imposant de matériaux qui s'est avancé sur la plage. Un schéma présentant l'évolution du trait de côte entre 1809 et 1975 montre à quel point le pied de versant peut être mobile avec des avancées vers la mer concomitantes aux mouvements de terrain du versant (Figure 21). L'évolution des falaises littorales se caractérise ainsi par un recul définitif du trait de côte supérieur (crête de falaise) et une certaine mobilité du trait de côte inférieur, où des périodes de gain sur la mer s'intercalent parfois dans la dynamique générale de régression de la côte.Mis à part deux maisons situées rue du Phare, à l'amont de l'avant-port de Port-en-Bessin (une en tête de versant l'autre en pied), et la Tour Vauban, les mouvements de terrain importants du

rebord côtier concernent uniquement des zones naturelles ou agricoles, qui sont cependant fréquentées (présence du sentier du littoral, fréquenté bien qu'il ait été interdit au public par arrêté préfectoral, descente à la mer également fréquentée bien que l'accès ait été interdit par arrêté municipal, aire de parapente, pêcheurs à pied, véloroute, et terrains cultivés). On rappellera que l'heure tardive du déclenchement du glissement de terrain du Bouffay (vers 20h00) a probablement évité un bilan humain, le sommet de versant et la plage étant désertés à cette heure-ci.

L'étude du glissement de terrain du Bouffay par Olivier Maquaire de l'Université de Caen explique le processus naturel du phénomène. Il démontre que le mouvement de terrain correspond à un déplacement très volumineux de matériaux vers la mer, lié à la fracturation des calcaires du Bessin (toit du substratum) et à un plan de glissement horizontal qu'il situe vers la base des marnes de Port-en-Bessin (formation sous-jacente aux calcaires du Bessin). Pour cela, il s'appuie sur des levés de terrain qui montrent que la base de la falaise s'est par endroit avancée d'environ 25 mètres en créant un soulèvement du platier de plusieurs mètres. Il explique, à l'aide d'essais de laboratoire, que les marnes présentent des propriétés mécaniques très médiocres et indique que leur base est en permanence noyée par la nappe, ce qui les affaiblit un peu plus. Il démontre que le mouvement de terrain du Bouffay n'est pas lié à l'effondrement sur place du plateau, suite à la rupture du toit de vastes chambres karstiques, comme d'autres auteurs l'ont avancé.



Figure 22: Vue générale de la zone chaotique du glissement de terrain du Bouffay.

Le glissement de terrain du Bouffay, spectaculaire par son ampleur, n'est pas unique dans la région, puisque d'autres événements de ce type ont affecté les falaises du Bessin, notamment sur la commune voisine de Longues-sur-Mer (voir chapitre des phénomènes historiques). Par conséquent, il est pertinent de retenir ces glissements de terrain historiques comme événement de référence pour l'expertise de tout le linéaire de falaises côtières.

Les coupes de terrain suivantes expliquent schématiquement le phénomène.

- **<u>Extrémité ouest du glissement de terrain</u> :**

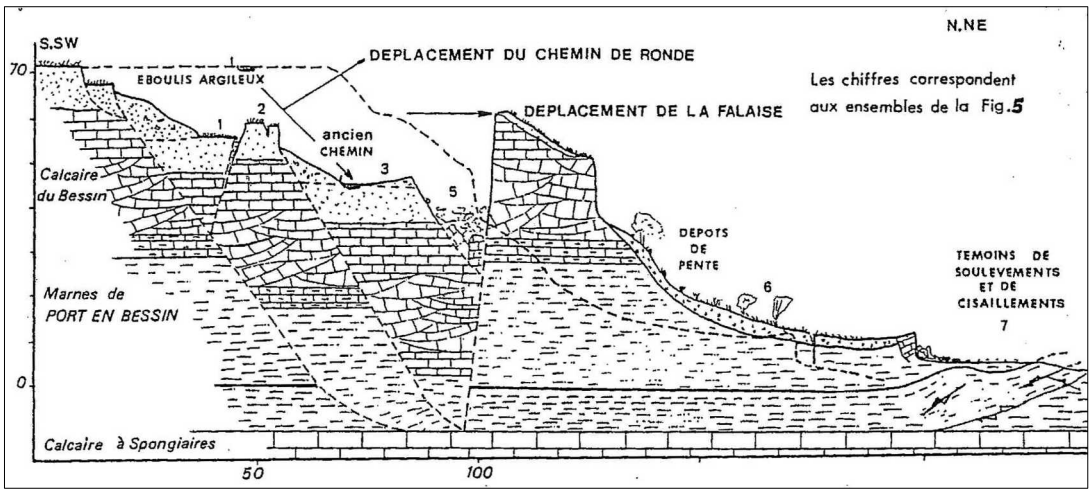


Figure 23: extrémité ouest du glissement de terrain (partie occidentale).

Dans la partie occidentale du glissement de terrain, les matériaux déplacés ont conservé leur pendage horizontal. La partie avant s'est déplacée selon un plan de glissement horizontal sous l'effet de la poussée de la masse arrière.



Figure 24: vue de la partie ouest du glissement de terrain du Bouffay.

- **<u>Extrémité est du glissement de terrain</u> :**

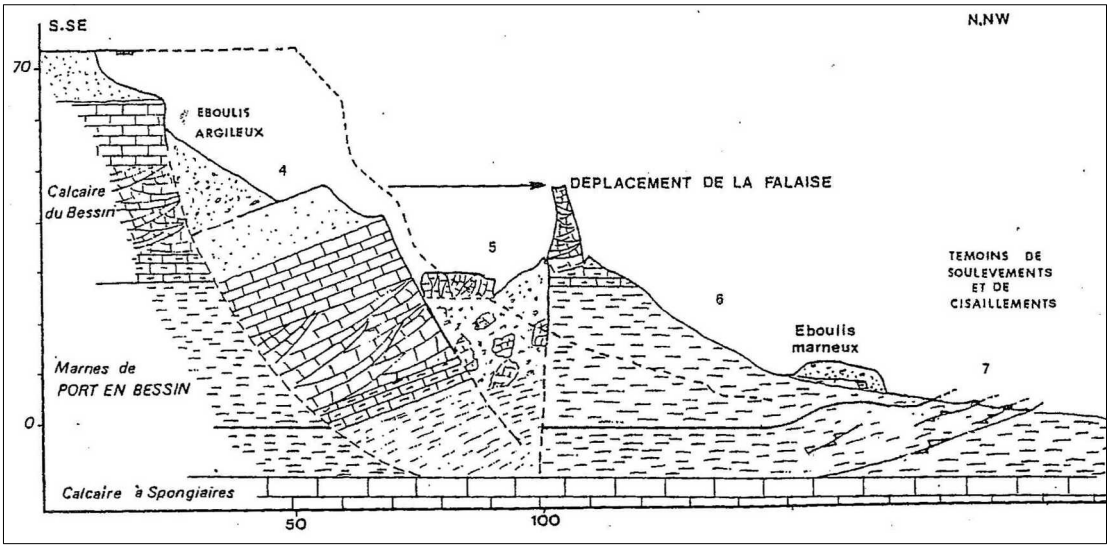


Figure 25: extrémité est du glissement de terrain (partie orientale).

Dans la partie orientale du glissement de terrain, le mécanisme est le même mais la masse arrière du glissement a légèrement pivoté, créant un contre pendage de quelques degrés.



Figure 26: vue de la partie est du glissement de terrain du Bouffay.

Suite au glissement de terrain du Bouffay, l'Université de Caen s'est intéressée de façon générale au versant côtier et ses falaises en prospectant par des techniques géophysiques la bordure des plateaux dominant la côte (Reconnaissance par sismique réfraction de la décompression et de l'instabilité des falaises vives du Bessin - Olivier Maquaire, Patrick Gigot - 1988). Cette étude menée entre Grandcamp-Maisy et Arromanches-les-Bains, soit 28 kilomètres de côte, a permis de mettre en évidence une certaine décompression du toit du substratum (calcaires du Bessin) sur des largeurs variant entre 10 et 95 mètres (voir bibliographie). Elle remarque également que la largeur des terrains décomprimés tend à augmenter lorsque la base du versant est constituée de marnes (cas du glissement de terrain du Bouffay). Cette étude déduit une formule reliant la largeur de terrain décomprimé en tête de versant à la hauteur de versant sommital (corniche constituée des calcaires du Bessin) :

$LD = 0,8\ HC^{1,6}$
(LD : largeur décomprimée et HC : hauteur de corniche).

Ramenée à la zone d'étude, cette formule permet d'estimer la bande de terrain potentiellement décomprimée en tête de versant à environ 95 mètres, en retenant une hauteur moyenne de falaise sommitale de 20 mètres (ressaut vertical en tête de versant). Le col de la Goulette, d'altitude moins élevée, et les extrémités de versant au droit du port de Port-en-Bessin montrent probablement une largeur de terrain décomprimé moindre. Cette largeur de terrain décomprimée est une estimation qui ne signifie pas que l'ensemble peut glisser soudainement. Cela permet de juger de l'affaiblissement de la bordure côtière.

La manifestation prochaine de glissements de terrain est plus facile à appréhender lorsque l'on a affaire à des phénomènes affectant uniquement la partie supérieure des versants. L'aspect érodé du rebord de versant et la présence de zones surplombantes permet en effet de se faire une idée plutôt précise sur l'évolution à plus ou moins court terme du terrain.

Elle est beaucoup plus difficile à prévoir dans le cas des mouvements de terrain de grande ampleur qui affectent les versants sur toute leur hauteur. En effet, il est quasiment impossible de détecter l'état de décompression réel des terrains, tel que l'a étudié l'Université de Caen, sans faire appel régulièrement à des campagnes de prospections géophysiques. A défaut de telles études spécifiques, seule une inspection de la bordure côtière (recherche de déformations suspectes à la surface du terrain de type fissures et crevasses), sur une bande d'une cinquantaine de mètres de largeur, peut permettre d'alerter

sur l'apparition prochaine d'un mouvement de terrain et conduire à mettre en place une surveillance spécifique.

Un tronçon côtier pourra faire l'objet d'une telle surveillance (suivi topographique par exemple), au droit du hameau de Villiers, quelques centaines de mètres au nord-ouest du sémaphore de Huppain. Lors de nos prospections de terrain, de petits effondrements rapprochés et alignés sensiblement parallèlement à la côte ont été remarqués non loin de la bordure du versant côtier, ce qui rend ce secteur suspect. Ce type d'accident géologique peut traduire une certaine fragilisation existante du terrain et esquisser une future ligne de rupture de la bordure de versant. Ces ouvertures dans le sol favorisent très certainement des infiltrations d'eau concentrées (ruissellements du plateau), en les injectant en profondeur.



Figure 27: Petits effondrements de terrain observés en bordure de versant au droit du hameau de Villiers.

Bien qu'aucun nouveau signe de déstabilisation de terrain n'ait été constaté au droit des zones d'éboulements historiques du Bouffay (commune de Commes) et de la colline de Mont-Castel (communes de Commes et de Port-en-Bessin Huppain), lors des prospections de terrain réalisées dans le cadre du PPR, une surveillance spécifique identique de la bordure côtière (suivi topographique) pourra également être mise en place sur ces deux autres secteurs.

III.5.1.2 Glissements de terrains peu profonds et coulées boueuses du versant littoral

Le talus côtier est également très affecté par des glissements de terrain superficiels qui remanient perpétuellement les terrains de couverture. Il s'agit de phénomènes généralement peu profonds (quelques décimètres à quelques mètres) qui affectent les couches de terrains meubles de surface (colluvions et surface altérée du substratum) et se développent sur des superficies plus ou moins importantes (quelques mètres carrés à quelques milliers de mètres carrés) :

- des glissements de terrain superficiels se produisent en tête du versant côtier, à en juger par les nombreuses traces d'arrachements plus ou moins fraîches visibles le long de la bordure côtière. Ils affectent le ressaut rocheux sommital très altéré composé de calcaire marneux et de marne. Ils sont moins spectaculaires que les phénomènes de grande ampleur qui s'attaquent plus profondément au substratum, car ils infligent une régression plus progressive. Ils sont très récurrents et traduisent l'extrême fragilité du rebord du trait de côte supérieur ;

- la partie médiane de la zone côtière est particulièrement concernée par des glissements superficiels. Le caractère argileux des marnes de Port-en-Bessin est très favorable au phénomène. Elle l'est d'autant plus du fait d'une exposition aux ruissellements et de la présence de sources qui fragilisent les terrains de recouvrement. L'eau peut même être abondante à en juger par les nombreux écoulements visibles dans le tiers inférieur du versant, y compris en période de météorologie plutôt sèche. Le terrain peut ainsi être saturé, ce qui peut conduire à l'apparition de coulées boueuses.

  Aucun mouvement de terrain profond n'a été observé dans la partie intermédiaire du talus côtier. Les phénomènes adoptent comme surface de glissement le toit du substratum (marnes de Port-en-Bessin). Malgré leur faible profondeur, ces mouvements de terrain peuvent mobiliser d'importants volumes de matériaux selon les superficies impactées.

  Les glissements de terrain de la partie intermédiaire du versant côtier contribuent également au recul de la frange littorale en modifiant son profil. Leur action est toutefois beaucoup moins prépondérante dans l'évolution du trait de côte, car les phénomènes n'atteignent pas directement la tête de versant et ne s'attaquent pas réellement au substratum. Ce dernier est moins agressivement affecté qu'en

cas de phénomène se déclenchant en tête de versant. Il peut être mis à nu et sa surface subit alors une nouvelle phase d'altération relativement longue, en produisant une nouvelle couche de matériaux meubles. Le processus de recul de la côte est donc a priori plus lent lorsque les glissements de terrain sont strictement limités à la partie intermédiaire du versant côtier.



Figure 29: glissement de terrain superficiel sur la partie intermédiaire du versant côtier.



Figure 28: vue générale du talus côtier à l'ouest du port de Port-en-Bessin. On distingue des mouvements de terrain de la partie sommitale et des glissements de terrain superficiels de la partie intermédiaire.



Figure 30: matériaux se propageant jusqu'à la plage.

On ajoutera que la mer peut également jouer un rôle important en période de tempête dans le mécanisme des glissements de terrain. Des cartes postales anciennes (non datées) montrent que les vagues se brisant contre le versant peuvent éroder le recouvrement meuble de la tête de falaise inférieure, en plus des chocs mécaniques encaissés par cette dernière. Les périodes de tempêtes peuvent ainsi accélérer le recul du trait de côte inférieur et favoriser les glissements de terrain de la partie intermédiaire du versant.



Figure 31: exemple d'érosion possible par les vagues lors de tempête (au-dessus de la falaise inférieure).

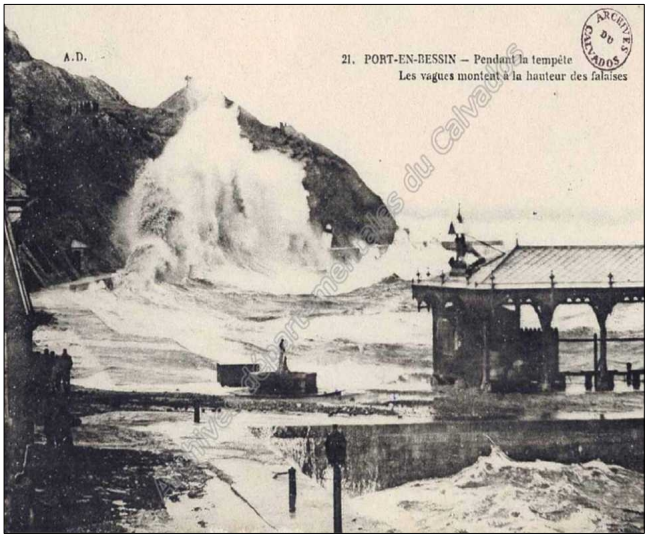


Figure 32: vagues en période de tempête (archive départementales).

Les abords du centre-ville de Port-en-Bessin sont concernés par les glissements de terrain superficiels de la partie intermédiaire du versant côtier, en particulier au droit du chemin des Tourettes (prolongement du Quai Letourneur) et entre la rue du Phare et la rue Torteron ;

- le chemin des Tourettes, peut être atteint par les glissements de terrain malgré la présence de murs de soutènement. Les matériaux glissent par-dessus les ouvrages qui sont insuffisamment élevés ou qui ont vu leur garde progressivement se combler par des mouvements de terrain successifs. De nouveaux glissements de terrain survenus vers 2020 ont poussé la commune à prendre un arrêté d'interdiction de fréquentation du chemin des Tourettes et des terrains le dominant ;



Figure 33: vue du chemin des Tourettes et des murs de soutènement le bordant.



Figure 34: chemin des Tourettes atteint par un glissement de terrain.

- entre la rue du Phare et la rue Torteron, un glissement de terrain superficiel s'est déclenché à l'amont d'une maison suite à un ravinement provoqué par des écoulements divagants (décembre 1999). D'après une expertise du CETE, le phénomène s'est déroulé en deux temps : ravinement d'un terrain, puis déstabilisation d'un talus. Il a mobilisé plusieurs mètres cubes de matériaux qui se sont accumulés contre la façade amont de l'habitation en endommageant une véranda et se sont propagés jusqu'à la rue Torteron. Ce secteur apparaît naturellement sensible aux glissements de terrain compte-tenu de sa pente et des terrains meubles présents en surface. Cette impression est renforcée par le fait que la propriétaire de l'époque de la maison sinistrée avait remarqué, quelques

jours auparavant, des déformations suspectes à la surface de son terrain, avant que le ravinement ne se manifeste.

Il est à noter qu'une petite maison situé à l'aplomb du glissement de terrain, en bordure de la rue du Phare, n'a subit aucun dommage, bien que le phénomène se soit déclenché à proximité.

La propriété sinistrée a finalement été vendue. Le terrain a été remis en état et la maison est à nouveau habitée.



Figure 36: Glissement de terrain entre les rues du Phare et Torteron ; en 2011 on distinguait encore la zone d'arrachement.



Figure 35: terrain remis en état et maison réhabilitée en 2023.

III.5.1.3 Exposition aux glissements de terrain des autres versants

Aucun glissement de terrain actif n'a été détecté sur les versants de l'intérieur des terres. Quelques coteaux présentent très localement des pentes soutenues, mais a priori stables en l'état. Les terrains présentent une couverture de terrain meuble plus ou moins argileux correspondant à des colluvions de plateau et / ou à l'altération du substratum. Le risque de glissement de terrain n'est donc pas absent, malgré une apparente stabilité des versants. Sur ce type de relief d'apparence stable au premier abord, il est nécessaire de prendre toutes les dispositions géotechniques nécessaires pour bien veiller à ne pas modifier cet état d'équilibre des terrains (terrassements inconsidérés, travaux de déblais / remblais, infiltrations d'eau, etc.) et ainsi éviter de conduire à des situations dangereuses.

Sur ce dernier point, on peut attirer l'attention sur le projet de lotissement du versant occidental du Mont-Castel qui a conduit à terrasser dans la formation des marnes de Port-en-Bessin. Un talus relativement redressé a été réalisé avec création d'un fossé de drainage à l'amont pour intercepter les écoulements superficiels. Une étude géotechnique du projet souligne que ce fossé peut en réalité favoriser les infiltrations du fait d'une pente insuffisante pour l'évacuation de l'eau, ce qui peut fragiliser le talus. De même, la plateforme d'accueil du lotissement est en partie remblayée ce qui peut entraîner une surcharge sur le terrain naturel en place. Cet exemple montre à quel point il est nécessaire d'être prudent dans la réalisation de travaux sur versant.



Figure 37: projet de lotissement sur le versant occidental du Mont-Castel ; on notera le talus terrassé dans les marnes.



Figure 38: projet de lotissement du versant occidental du Mont-Castel ; on notera les dépôts de terre en bordure aval de la zone de projet.

Les versants de l'intérieur des terres sont également potentiellement exposés à des phénomènes lents de fluage (lente déformation plastique du sol sous l'effet de la pesanteur, sans réelle zone d'arrachement) qui peuvent modifier au fil du temps le profil des terrains. Ce type lent et continu de mouvements de terrain peut entraîner certains dommages au niveau des biens et équipements présents, selon leur conception (fondation inadéquates, réseaux enterrés, etc.). Cet aspect des mouvements de terrain, souvent imperceptible, car de nature très discrète, est également à prendre en compte pour s'assurer de ne pas en subir les conséquences.

III.5.2 Aléa de glissement de terrain

III.5.2.1 Critères de détermination de l'aléa de glissement de terrain

Le tableau suivant propose une grille de critères d'identification reprenant les cas de figure les plus fréquents en matière de glissements de terrain. Il constitue une base de repères pour classifier l'aléa glissement de terrain en trois niveaux d'intensité.

Aléa	Indice	Critères	Exemples de formations géologiques sensibles
Fort	G3	• Glissements actifs dans toutes pentes avec de nombreux indices de mouvements (niches d'arrachement, fissures, bourrelets, arbres basculés, rétention d'eau dans les contre-pentes, traces d'humidité) et dégâts au bâti et/ou aux axes de communications ; • Bande de sécurité autour de ces glissements, y compris en zone d'arrêt des glissements. Pour les falaises côtières, cette bande de sécurité est calée sur le recul moyen du trait de cote et sur l'ampleur des phénomènes de régression instantanés de grande ampleur connu sur la zone d'étude ou sur des secteurs voisins en conditions identiques (glissement de référence du Bouffay pour la zone d'étude) ; • Zone d'épandage des coulées boueuses ; • Glissements anciens ayant entraîné de fortes perturbations du terrain.	• Marnes et calcaires argileux • Couverture d'altération des marnes, calcaires argileux et autres calcaires • Colluvions • Remblais anciens

Aléa	Indice	Critères	Exemples de formations géologiques sensibles
Moyen	G2	• Situation géologique identique à celle d'un glissement actif et dans les pentes fortes à moyennes (de l'ordre de 20 à 70 %) avec peu ou pas d'indices de mouvement (indices estompés) ; • Auréole de sécurité autour de l'aléa fort ; • Topographie légèrement déformée liée à du fluage de faible importance sur pente > 35 % ; • Glissement d'aspect actif de type fort fluage dans les pentes faibles (<20 % ou inférieure à l'angle de frottement interne théorique des matériaux) sans indice important en surface.	• Marnes et calcaires argileux • Couverture d'altération des marnes, calcaires argileux et autres calcaires • Colluvions • Remblais anciens
Faible	G1	• Glissements potentiels (pas d'indice de mouvement) dans les pentes moyennes à faibles (de l'ordre de 20 à 35 %) dont l'aménagement (terrassement, surcharge, etc.) risque d'entraîner des désordres compte tenu de la nature géologique du site.	• Couverture d'altération des marnes, calcaires argileux et autres calcaires • Colluvions • Remblais anciens

III.5.2.2 Qualification des phénomènes en aléa de glissement de terrain

Les nombreux glissements de terrain actifs affectant le versant du littoral imposent l'affichage d'un aléa fort généralisé de glissement de terrain sur l'ensemble de la bordure côtière, dès lors qu'un relief marqué se présente. Cela concerne la quasi-totalité de la façade côtière à l'exception de la zone portuaire de Port-en-Bessin située au niveau de la mer.

L'aléa de glissement de terrain lié à la régression du trait de côte répond aux **directives du guide méthodologique des Plans de Prévention des Risques Littoraux** (Guide méthodologique Plan de prévention des risques littoraux – Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie – mai 2014).

Ce guide instaure l'affichage de bandes d'aléa à l'arrière du trait de côte actuel pour traduire l'évolution prévisible (ou possible) de celui-ci à l'horizon de 100 ans, en précisant que le niveau d'aléa doit être systématiquement fort (un seul niveau d'aléa possible).

La largeur des bandes est calculée en tenant compte du recul annuel moyen du trait de côte et des phénomènes majeurs connus qui ont déjà affecté la côte (phénomènes de référence). La règle de calcul de cette largeur d'aléa supplémentaire correspond à la somme de 100 fois le taux de recul annuel du trait de côte et de la valeur du recul maximum instantané connu du trait de côte (phénomène de référence).

La formule de calcul est la suivante :

$$Lr = 100\ Tx + Lmax$$

Avec :

- **Lr** : largeur de la bande d'aléa en mètres (m) ;
- **Tx** : taux de recul annuel en mètres par an (m/an) ;
- **Lmax** : valeur du recul du trait de côte en mètres (m) dû à un événement brutal majeur.

Le taux de recul annuel du trait de côte **Tx** est estimé à 10 centimètres. Cette valeur est évaluée dans la bibliographie, dont les études réalisées par Olivier Maquaire et l'Université de Caen suite au glissement de terrain du Bouffay de 1981. Elle a été confirmée par l'analyse réalisée sur les photographies

aériennes historiques et que nous avons interprétées dans le cadre du PPR. Les années exploitées sont : 1947, 1955, 1971, 1980, 2000, 2012 et 2016 (photographies aériennes présentant une qualité satisfaisante pour l'étude du trait de côte - voir les photographies en annexe 2).

Cette même analyse de photographies aériennes a également permis de mesurer un recul instantané voisin de 60 mètres pour le glissement de terrain du Bouffay de 1981.

Le glissement de terrain du Bouffay est l'événement connu le plus important sur la zone d'étude. D'autres phénomènes identiques se sont produits sur la commune voisine de Longues-sur-Mer. Il est donc représentatif dans la région.

Les autres phénomènes de mouvements de terrain importants ayant touché le littoral ont entraîné des reculs instantanés du trait de côte moins marqués, qui peuvent être estimés à une dizaine de mètres, voire légèrement plus. Sur le reste de la côte des deux communes, rien ne permet d'exclure la possibilité d'autres phénomènes aussi importants que celui du Bouffay. La géologie et les conditions géomorphologiques sont en effet identiques. Seule une légère différence se remarque entre la côte à l'est du port de Port-en-Bessin et celle à l'ouest. À l'est, le pied de versant semble être constitué des marnes de Port-en-Bessin (matériaux présentant des caractéristiques mécaniques médiocres, donc une moindre résistance aux poussées du versant). À l'ouest le versant est supporté par le calcaire à spongiaires d'aspect plus massif qui peut laisser penser à un meilleur calage du pied de versant. Mais ce dernier est très souvent sous-cavé, sans qu'on sache sur quelle profondeur, ce qui réduit fortement ses propriétés mécaniques et fragilise très certainement son pouvoir de calage du versant côtier.

L'étude du glissement de terrain du Bouffay a montré que le phénomène s'était déclenché selon un plan de glissement situé dans le niveau des marnes de Port-en-Bessin reposant sur le platier. La base calcaire sous-cavée du versant à l'ouest du port de Port-en-Bessin est certainement un point faible à partir duquel on ne peut pas exclure le développement de plans de glissement du même ordre qu'au Bouffay. Sans autre élément d'appréciation plus précis à notre disposition, nous retenons donc la même valeur de 60 mètres de recul instantané **Lmax**, comme phénomène majeur possible à l'ouest du port de Port-en-Bessin.

La largeur Lr de la bande d'aléa fort (G3) de glissement de terrain affichée à l'arrière du trait de côte actuel est donc égale à 100 fois 10 centimètres de taux de recul annuel majorée de 60 mètres de recul instantané possible, soit une bande de 70 mètres.

La largeur de cette bande d'aléa fort de retrait du trait de côte doit toutefois être adaptée à la topographie de la côte. En effet, le phénomène de référence de 60 mètres est constaté ou niveau d'un plateau sommital d'environ 70 mètres d'altitude (zone la plus élevée de la côte). L'importance d'un tel phénomène majeur diminue forcément proportionnellement avec l'abaissement du versant côtier, si l'on tient compte du fait que les phénomènes se développent selon des angles et des plans de glissement identiques. Le recul du trait de cote devrait donc être moins important lorsque le versant s'abaisse.

La bande d'aléa fort (G3) de glissement de terrain de 70 mètres de large affichée sur les plateaux, à l'arrière du trait de côte actuel, est donc progressivement réduite lorsque la hauteur de versant diminue. Cette réduction se fait proportionnellement à la hauteur de versant (secteur du col de la Goulette et limite communale avec Aure-sur-Mer, ainsi qu'au niveau du port de Port-en-Bessin où le versant s'efface). Le recul de 70 mètres a été identifié dans un secteur où le talus côtier présente une hauteur de 70 mètres plus ou moins 10 mètres, ce qui correspond en fait à l'application d'un angle à 45° projeté vers le plateau depuis le pied de versant. La proportionnalité de la bande d'aléa fort a donc été calculée en application de cet angle à 45° dans les secteurs où la hauteur de versant diminue significativement (secteur du col de la Goulette, limite communale avec Aure-sur-Mer et port de Port-en-Bessin).

On précisera qu'à l'ouest immédiat du port de Port-en-bessin, la plateforme intermédiaire située entre deux zones très pentues du versant côtier est traduite en **aléa fort (G3) de glissement de terrain** car comprise entre une zone active de glissement de terrain d'évolution incertaine atteignant le chemin des Tourettes et un talus amont très redressé potentiellement décomprimé. On rappellera que cette zone de plateforme a fait l'objet d'une interdiction d'accès par arrêté communal suite aux glissements de terrain qui ont atteint le chemin des Tourettes.

En dehors de la zone littorale, les versants sont à considérer avec prudence, compte-tenu de la présence de matériaux meubles à leur surface. Aucun glissement de terrain actif n'a été remarqué. Ils sont uniquement potentiellement exposés aux phénomènes de glissement de terrain.

Cet aspect conduit à les traduire en **aléa moyen (G2)** et en **aléa faible (G1) de glissement de terrain**. Le critère pente différencie ces deux niveaux d'aléas. L'aléa faible prédomine, car les versants sont souvent peu marqués. L'aléa moyen qui est moins fréquent souligne certaines pentes plus redressées. Il est notamment présent sur le talus créé en amont du projet de lotissement du versant ouest du Mont-Castel.

Enfin, au niveau du centre-ville de Port-en-Bessin le glissement de terrain qui s'est produit entre les rues du Phare et Torteron est traduit en **aléa fort (G3) de glissement de terrain**. Deux zones d'**aléa moyen (G2) de glissement de terrain** sont également affichées. L'une enveloppe cette zone d'aléa fort. La seconde est présente au niveau de la Tour Vauban où un ouvrage de soutènement conforte la butte de terrain supportant la tour.

III.5.3 Phénomènes de chutes de blocs

Les phénomènes de chutes de blocs se rencontrent exclusivement au niveau des falaises côtières où le substratum affleure sous la forme de petites falaises et d'affleurements rocheux. Ils se superposent aux glissements de terrain qui affectent également le talus côtier. Les deux phénomènes peuvent se manifester indépendamment ou simultanément en mobilisant un mixte de matériaux meubles et rocheux.

Les mouvements de terrain de grande ampleur que connaît le littoral du Bessin (le Bouffay par exemple) sont également, en quelque sorte, une combinaison des deux phénomènes. Les terrains déstabilisés sont un ensemble de matériaux terreux et de masses rocheuses. Mais dans ce cas de figure, le caractère de glissement de terrain prend le dessus compte tenu des volumes importants de matériaux de toute nature mobilisés et de leur dynamique de déplacement selon des plans de glissement définis.

Les falaises côtières inférieures et supérieures sont régulièrement le siège de chutes de blocs (plusieurs par an) d'intensité très variable selon les formations géologiques d'où elles se détachent. Ainsi, les niveaux très fissurés et altérés de calcaire ont plutôt tendance à libérer de petits blocs d'un volume de quelques dizaines de litres, voire centaines de litres. C'est souvent le cas au niveau des zones sommitales du versant côtier. Les zones très fissurées peuvent également entraîner la chute de pans de matériaux qui se fragmentent très rapidement pour former des éboulis. Cela est également plutôt visible en tête de versant.



Figure 39: exemple de falaise inférieure.



Figure 40: exemple d'affleurement rocheux sommital ; on notera son état très fissuré.

Les blocs sont généralement beaucoup plus volumineux lorsque le rocher en place montre un aspect relativement massif (plus faiblement fissuré). Leur volume peut alors atteindre quelques mètres cubes. La falaise inférieure est plutôt concernée par ce type de blocs, bien que très stratifiée et fissurée.

Les blocs issus de la falaise inférieure atteignent systématiquement la plage. Ils se détachent et tombent sensiblement à l'aplomb de leur point de départ. Ceux provenant de la zone sommitale du versant côtier sont soumis au profil de ce dernier, notamment de sa partie intermédiaire qui forme une cassure dans la topographie. Tous les blocs ne peuvent pas atteindre la plage, car la partie intermédiaire présente parfois des replats et des creux qui peuvent en piéger une partie. Il n'est toutefois pas possible de définir très précisément les secteurs qui sont ainsi à l'abri de trajectoires jusqu'à la plage, car la topographie de la partie intermédiaire du versant côtier est souvent très chahutée, donc difficile à interpréter sans erreur. Il est donc préférable de considérer une exposition homogène aux chutes de blocs de l'ensemble du versant dès que des zones de départ sont identifiées en tête de versant.

Les blocs atteignant la plage s'accumulent généralement près du pied de versant. On ne note pas de propagation très importante sur la plage. La planéité de la plage réduit en effet significativement les propagations vers la mer. Quasiment seuls des blocs provenant des affleurements sommitaux peuvent acquérir suffisamment d'énergie et, sous l'effet de rebonds favorables, dépasser ce seuil du pied de versant.

Ainsi, au niveau de la zone d'étude, les trajectoires maximales ne semblent pas se propager à plus d'une quinzaine de mètres du pied de versant. Des blocs sont parfois plus éloignés que cela du pied de versant. Ils semblent alors correspondre à l'érosion de la côte qui a laissé sur place des blocs témoins des anciens traits de côte.

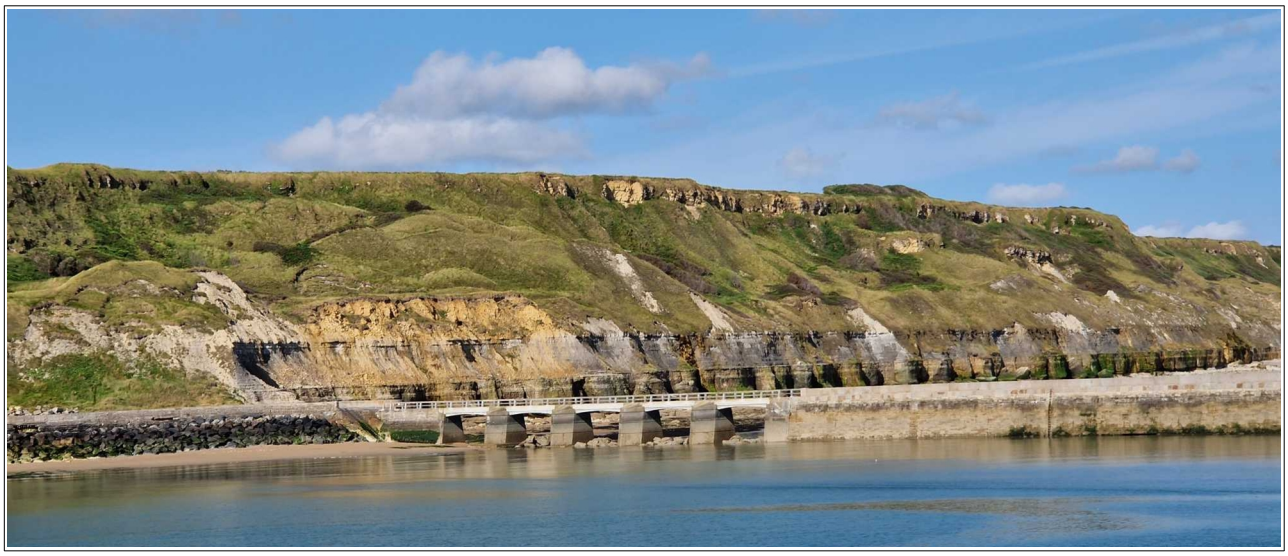


Figure 41: vue générale de la côte à l'ouest du port de Port-en-Bessin ; on distingue le système de petites falaises inférieures et supérieures et d'affleurements rocheux qui composent la côte.

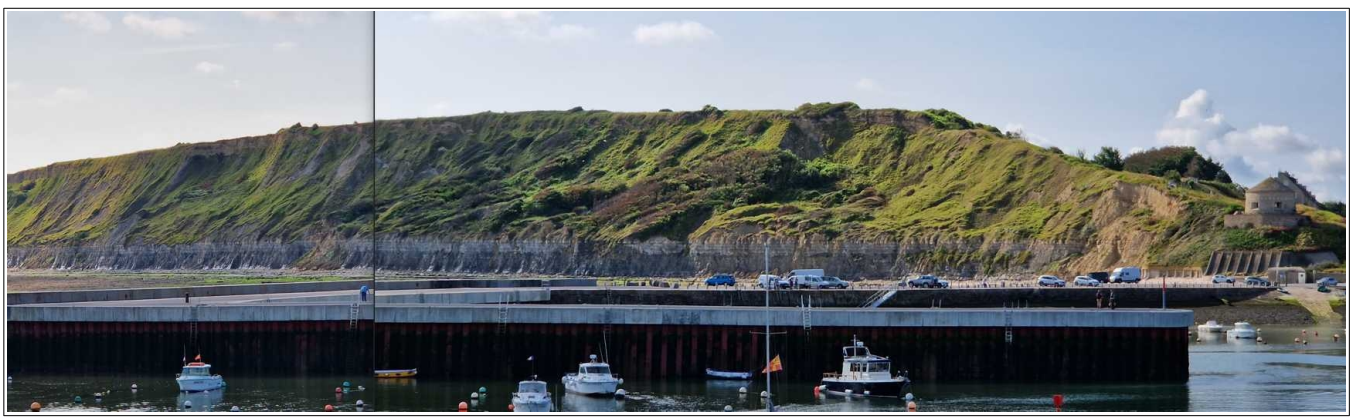


Figure 42: même vue générale de la côte à l'est du port de Port-en-Bessin.

Pour information, le profil de la côte diffère en limite communale entre Commes et Longues-sur-Mer, avec la présence d'une falaise imposante plongeant quasiment dans la mer. Les distances d'arrêt peuvent être plus importantes à ce niveau du fait de cette configuration escarpée. Ce secteur, qui se situe essentiellement sur la commune de Longues-sur-Mer, entre les glissements du Bouffay et du sémaphore de Longues-sur-Mer, ne concerne pas ou très peu le périmètre d'étude du présent PPR.

Deux mécanismes favorisent les chutes de blocs depuis les falaises côtières :

- le premier est lié à la fissuration et à la décompression du rocher, auxquelles s'ajoutent des agents extérieurs telles que les infiltrations d'eau qui exercent des pressions interstitielles dans les fissures et favorisent ainsi leur écartement. L'érosion provoquée par le ruissellement joue également un rôle non négligeable en favorisant le déchaussement des blocs déjà fragilisés. Ce mécanisme de dégradation de la roche agit sur l'ensemble des falaises et des affleurements rocheux du versant côtier.

  La roche se délite selon ses plans de stratification et de fissuration. Des éléments massifs peuvent également se libérer de ces zones très fissurées. Ils tendent à se fractionner au premier impact selon leur degré de fissuration interne et au final produisent un éboulis de petits éléments rocheux.



Figure 43: affleurement rocheux très décomprimé en tête du versant côtier.

La fréquence des chutes de blocs peut être élevée, si on juge le nombre important de blocs en pied d'affleurement. Elle l'est d'autant plus au niveau des affleurements des marnes de Port-en-Bessin et des calcaires du Bessin qui sont particulièrement fissurés et altérés.



Figure 44: chutes de blocs au niveau de la falaise inférieure composée de marnes (marnes de Port-en-Bessin).

Des éboulements massifs peuvent également se manifester au droit de quelques falaises très marquées. Les degrés de fissuration et de décompression de la roche en place dictent de la même façon l'ampleur des phénomènes possibles. C'est notamment le cas au niveau de la zone de glissement de terrain du Bouffay qui voit se dresser d'imposants affleurements rocheux ;



Figure 45: falaise d'aspect imposant au droit du Bouffay d'où des éboulements massifs sont possibles. Les blocs au premier plan sont issus de l'érosion du pied de versant.

- le second mécanisme de chutes de blocs, complémentaire au premier, se manifeste plus spécifiquement à l'ouest du port de Port-en-Bessin. La mer, qui atteint systématiquement la falaise inférieure du versant à marée haute, sape progressivement sa base en la sous-cavant (choc mécanique des vagues). De petites cavités profondes de plusieurs mètres, suivies de possibles fissures étroites, se créent ainsi. Des fissures verticales se développent également et s'élargissent progressivement en isolant des écailles rocheuses du reste du massif. A cela s'ajoutent des ruissellements qui accélèrent probablement ce processus en s'infiltrant dans les fissures.



Figure 46: Sous-cavage du pied de falaise par le choc mécanique des vagues.

De grosses masses rocheuses se retrouvent ainsi « accrochées » et suspendues au reste du massif en place, sans appui à leur base. Ce processus d'érosion accélère la décompression de la roche affleurante et finit par libérer des pans de matériaux plus au moins volumineux qui s'affaissent sur eux-mêmes ou qui basculent vers l'avant. Les masses rocheuses qui se détachent n'emmagasinent quasiment pas d'énergie du fait des faibles hauteurs de chute, ce qui se traduit par un arrêt très rapide des blocs. Dans le meilleur des cas, la bande de terrain impactée à l'aval est égale à l'épaisseur du pan rocheux qui s'affaisse sur lui-même ou à la hauteur du pan rocheux qui bascule vers l'avant, soit l'équivalent de la hauteur

de falaise en général. Elle peut toutefois être supérieure si l'on considère que les pans de matériaux qui se décrochent peuvent se fractionner en projetant des éléments en avant.

Ce mécanisme de sape par la mer, couplé à la décompression de la roche en place, agit uniquement sur la falaise inférieure. Il accélère le recul du trait de côte inférieur, en entraînant une régression plus marquée et plus spectaculaire qu'un mécanisme de décompression seul, du fait de l'épaisseur des pans rocheux qui peuvent se détacher du versant.

Des monolithes rocheux imposants sont parfois temporairement épargnés par l'érosion. Ils se découpent sur la plage en témoignant des empreintes anciennes du trait de côte. Soumis aux assauts de la mer, ils finissent par disparaître à leur tour après avoir résisté plus ou moins longuement.



Figure 47: blocs effondrés sur eux-mêmes et blocs basculés en avant en pied de versant.



Figure 48: monolithe rocheux épargné par l'érosion témoignant du tracé ancien de la côte (photographie d'avril 2011).



Figure 49: le monolithe rocheux a disparu suite aux assauts de la mer (photographie de juin 2023).

La mer agit également sur le pied de versant à l'est de l'avant-port, mais avec un impact différent. La mer n'atteint pas systématiquement la base du versant. Elle le sollicite donc moins fréquemment. De plus, le pied de versant est plutôt composé de marne (formation géologique des marnes de Port-en-Bessin). Ce type de matériaux plus tendre de par sa composition s'effrite plutôt sur toute sa hauteur d'affleurement sous l'effet du choc mécanique des vagues, en libérant régulièrement des éléments plus ou moins grossiers (particules de sols, blocs). On ne note pas de sous-cavement de la base du versant côtier à l'est du port de Port-en-Bessin, comme on l'observe à l'ouest.

III.5.4 Aléa de chutes de blocs

III.5.4.1 Critères de détermination de l'aléa de chutes de blocs

La détermination de l'aléa de chutes de blocs s'appuie sur la méthode MEZAP qui prend en compte plusieurs paramètres pour qualifier l'aléa résultant. Cette qualification est basée sur l'appréciation de l'intensité du phénomène et d'une probabilité d'atteinte qui, elle-même, correspond à la combinaison de la probabilité de départ des blocs et de leur probabilité de propagation.

III.5.4.1.1 Intensité des blocs

L'intensité est qualifiée à partir du volume des blocs de référence, selon les critères proposés par la méthode MEZAP.

Volume	Indice d'intensité
V ≤ 0,05 m³	*Très faible*
0,05 < V ≤ 0,25 m³	*Faible*
0,25 < V ≤ 1,0 m³	*Moyen*
1 < V ≤ 10 m³	*Fort*
V > 10 m³	*Très fort*

Définition de l'intensité en fonction du volume du bloc de référence (MEZAP 2022).

III.5.4.1.2 Probabilité de départ des blocs

La probabilité de départ traduit l'**activité de la zone de départ**. Elle est évaluée par une estimation du nombre de masses rocheuses de référence pouvant être produites par la zone de départ sur la période de référence (100 ans). Ces masses rocheuses correspondent au scénario de référence retenu pour le site.

Indice d'activité par zone d'homogène	Description (pour un linéaire de 100 m de zone de départ)	Probabilité de départ annuelle
Faible	De l'ordre d'un bloc correspondant à l'aléa de référence tous les 100 ans	10^{-2}
Moyen	De l'ordre d'un bloc correspondant à l'aléa de référence tous les 10 ans	10^{-1}
Fort	De l'ordre d'un bloc correspondant à l'aléa de référence tous les ans	1

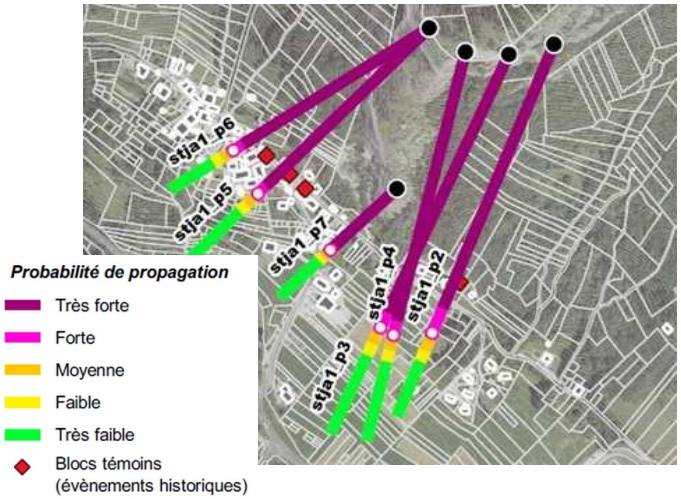
Détermination de l'activité des zones de départ (MEZAP 2022).

III.5.4.1.3 Probabilité de propagation des blocs

La probabilité de propagation d'un bloc dépend de multiples facteurs qui conditionnent sa capacité à dévaler sur le versant. Il s'agit notamment de :

- la pente ;
- la nature des terrains constituant le versant, qui absorbe plus ou moins l'énergie des blocs et facilite ou limite les rebonds ;
- la présence d'obstacles divers susceptibles d'intercepter les blocs.

Qualification de la propagation	Quantification de la propagation
Extrêmement forte	> 10^{-2}
Très forte	10^{-3} à 10^{-2}
Forte	10^{-4} à 10^{-3}
Moyenne	10^{-5} à 10^{-4}
Faible	10^{-6} à 10^{-5}
Très faible	< 10^{-6}



Qualification et quantification des probabilités de propagation (MEZAP 2022) et exemple de probabilité de propagation de chutes de blocs matérialisé selon des profils définis.

La probabilité de propagation des blocs peut être déterminée en réalisant des profils trajectographiques simulant les chutes de blocs. Dans le cas présent, les chutes de blocs concernent uniquement des zones naturelles. Elles atteignent la plage et le domaine maritime. La configuration des lieux ne laisse quasiment aucun doute sur une propagation possible des chutes de blocs jusqu'à la plage. Le paramètre probabilité de propagation des blocs peut ainsi être estimé à dire d'expert sans faire appel à la réalisation de profils trajectographiques (pas de mise en œuvre de modélisation).

III.5.4.1.4 Probabilité d'atteinte des blocs

La probabilité d'atteinte des blocs est déterminée en croisant leur probabilité de départ et leur probabilité de propagation selon le tableau ci-dessous.

Probabilité de départ (Indice d'activité)		**Probabilité de *propagation***					
		Très faible	**Faible**	**Moyenne**	**Forte**	**Très forte**	**Extrêmement forte**
		10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	
Faible (1/100 ans)	10^{-2}	*Très faible*			*Faible*	*Moyenne*	*Forte*
Moyen (1/10 ans)	10^{-1}	*Très faible*		*Faible*	*Moyenne*	*Forte*	*Très forte*
Fort (1/ an)	1	*Très faible*	*Faible*	*Moyenne*	*Forte*	*Très forte*	*Très forte*

Détermination de la probabilité d'atteinte des blocs (MEZAP 2022).

III.5.4.1.5 Détermination de l'aléa de chutes de blocs

L'aléa de chutes de blocs est déterminé en croisant les paramètres d'intensité et de probabilité d'atteinte selon le tableau ci-dessous.

			Indice d'intensité				
			V ≤ 0,05 m³	0,05 < V ≤ 0,25 m³	0,25 <V ≤ 1 m³	*1* <V ≤ 10 m³	V > 10 m³
			Très faible	**Faible**	**Moyen**	**Fort**	**Très fort**
Probabilité d'*atteinte*	Très faible	10^{-6}	Nul à négligeable				
	Faible	10^{-5}	*Faible*	*Faible*	*Moyen*	*Fort*	*Fort*
	Moyenne	10^{-4}	*Faible*	*Faible*	*Moyen*	*Fort*	*Fort*
	Forte	10^{-3}	*Faible*	*Moyen*	*Fort*	*Fort*	Très fort
	Très forte		*Moyen*	*Fort*	*Fort*	*Très fort*	Très fort

Détermination de l'aléa de chutes de blocs (MEZAP 2022).

III.5.4.2 Qualification des phénomènes en l'aléa de chutes de blocs

L'expertise de terrain montre que la côte est d'une façon quasiment généralisée exposée aux chutes de blocs. Aucun enjeu n'est toutefois exposé au phénomène, mis à part les promeneurs longeant le pied du versant côtier. Du fait de l'absence d'enjeux menacés et compte-tenu du profil uniforme de la côte avec des zones d'arrêt des blocs systématiquement dans le domaine maritime, l'évaluation de l'aléa de chutes de blocs s'est basée sur une mise en application à dire d'expert de la méthodologie MEZAP. Il n'a pas été fait appel à des modélisations qui seraient apparues inutiles et inadaptées au contexte.

Le volume des blocs peut être variable. Les éléments rocheux visibles sur la plage, qui proviennent du versant, montrent qu'il peut dépasser 1 m³, ce qui induit une **intensité forte** conformément au tableau du § III.5.4.1.1.

De nombreux blocs sont visibles en pied de versant. Tous ne se sont pas propagés jusqu'à la plage depuis le versant. Un certain nombre est issu de l'érosion du pied de versant qui a laissé sur place des blocs témoins. On peut toutefois penser qu'une grande quantité provient des hauteurs du versant. Il n'est pas possible d'identifier tous les points de départ et ainsi de définir des fréquences de chutes de blocs sur des profils trajectographiques précis. Les traces des phénomènes s'effacent rapidement et il existe une multitude de zones de départ possibles. De ce fait, il est considéré un **indice d'activité** (ou probabilité de départ) uniforme sur l'ensemble du versant côtier qui est qualifiée de **moyen à fort** conformément au tableau du § III.5.4.1.2.

Le nombre de blocs présents sur la plage montre qu'une grande quantité d'éléments rocheux atteint le pied de versant. Ceux se détachant de la falaise inférieure l'atteignent systématiquement, alors qu'une partie de ceux de la falaise supérieure peut s'arrêter avant, plus ou moins en amont de la falaise inférieure. Ce constat montre qu'au final quasiment tout le versant est concerné par une **probabilité de propagation** relativement identique que l'on peut qualifier de **forte à très forte** conformément au tableau du § III.5.4.1.3. Couplé à un indice d'activité (probabilité de départ) moyen à fort, on en déduit une **probabilité d'atteinte moyenne, forte ou très forte** conformément au tableau du § III.5.4.1.4. Une **probabilité d'atteinte forte est retenue.**

Il est donc retenu une intensité forte et une probabilité d'atteinte forte, ce qui impose un **aléa fort (P3) de chutes de blocs**, conformément au tableau du § III.5.4.1.5.

L'aléa fort (P3) de chutes de blocs se superpose systématiquement avec de l'aléa fort (G3) de glissement de terrain.

III.5.5 Phénomènes d'effondrement de cavité souterraine, de suffosion et sol compressible

Les deux communes sont confrontées à des problèmes de mouvements de terrain souterrains de différentes natures. Certains ont probablement des origines communes, mais ils se manifestent selon des mécanismes différents. Tous entraînent des mouvements de terrain à composante verticale avec des conséquences plus ou moins graves en surface :

- un lien avec les **galeries karstiques** présentes sous le hameau d'Escures a pu être établi pour certains cas d'effondrement de terrain (virage d'Escures) ;
- des **cuvettes** ont été identifiées sur certains terrains ; il semblerait qu'elles évoluent en présentant des tassements lents et réguliers au niveau de leur partie centrale. Elles sont apparentées à des dolines par certains auteurs ;
- des **effondrements de terrain localisés et des affaissements de terrain** plus ou moins marqués se sont produits en plusieurs points du territoire. Le hameau d'Escures, une partie de la dépression de Commes et le vieux centre-ville de Port-en-Bessin semblent plus particulièrement exposés. Plusieurs études ou expertises ont été réalisées pour expliquer ces phénomènes. Elles incriminent la présence d'un karst plus développé qu'on ne le connaît, sans toutefois parvenir à l'identifier, la nature du sous-sol et des circulations d'eau souterraines peu profondes pour expliquer ces phénomènes.

III.5.5.1 Cavité souterraine d'origine karstique

Un réseau de galeries karstiques est connu sous le hameau d'Escures. Il draine une partie des pertes de la rivière l'Aure qui disparaît en limite communale sud de Commes (La Fosse du Soucy). Ses eaux ressortent en partie dans l'avant-port de Port-en-Bessin après un parcours souterrain de quelques kilomètres. Ce lien hydraulique a été établi par traçage à la fluorescéine.



Figure 50: pertes de l'Aure à la Fosse du Soucy sur la commune de Maisons au sud de Commes.

Le réseau karstique a été découvert par hasard, suite à des effondrements de terrain survenus dans le virage d'Escures (RD 6) dans les années 1930. Cette zone d'effondrement a été confortée en construisant une vaste chambre d'une quinzaine de mètres de profondeur qui a également permis de créer un accès vertical au réseau karstique.

Des spéléologues ont exploré le karst en dressant un plan topographique des parties accessibles. Environ 5 300 mètres de galeries plus ou moins étroites ont pu être parcourus. La zone s'est avérée être un dédale de galeries complexes.

Le plan des spéléologues montre une galerie principale orientée sud-ouest - nord-est qui démarre au niveau de la chambre d'accès. Elle se dirige vers le nord en direction de la mer. Elle ne présente pas d'extension franche vers le sud en direction de la Fosse du Soucy où se perd l'Aure (sud du hameau d'Escures). En bordure nord du hameau d'Escures, cette galerie se partage en trois conduits distincts.

L'un orienté vers le nord se dirige en direction du port de Port-en-Bessin, quasiment parallèlement à la RD 6. les deux autres, qui sont séparés de plusieurs dizaines de mètres, adoptent une direction sensiblement identique dirigée vers le nord-est. L'ensemble du réseau est accompagné de ramifications plus ou moins sinueuses et complexes. Les spéléologues se sont heurtés à des éboulements de terrain et/ou à des resserrements et/ou à des zones ennoyées à chaque extrémité de galerie, qui interdisent toute progression supplémentaire. Le plan topographique présente le réseau karstique tel qu'il est visitable.

Ce document a été réalisé au distance-mètre et à la boussole. Il ne s'agit donc pas d'un levé de géomètre réalisé au théodolite. Les précisions de levé et de calage ne sont pas indiquées. Seule une étude géophysique réalisée par le BRGM en 1997 donne quelques indications (Reconnaissances par géophysique d'un réseau karstique à Port-en-Bessin). Cette étude a bien détecté la galerie karstique cartographiée parallèlement à la RD 6 par les spéléologues, en constatant une différence de localisation de quelques mètres. Nous ne disposons pas d'autre information telle que celle-ci pour juger la précision du reste du relevé du réseau karstique. L'indication de l'étude BRGM de 1997 laisse toutefois penser que nous sommes en possession d'un plan plutôt correctement réalisé, avec une marge d'erreur de localisation a priori relativement faible. Cette marge d'erreur peut être prise en compte en élargissant l'emprise du karst cartographié. Elle a été intégrée en la fusionnant aux règles habituelles de détermination de l'aléa d'effondrement de cavité souterraine (voir § III.5.6.2).

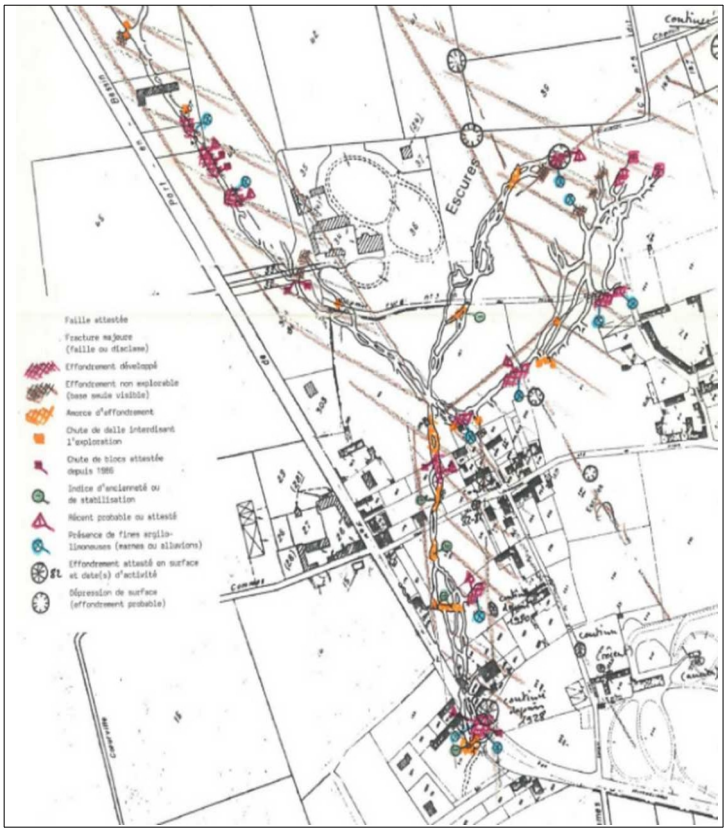


Figure 51: Plan topographique du réseau karstique.

Le levé des galeries et une coupe de terrain résultante montrent un lien quasiment certain entre les deux effondrements du virage d'Escures des années 1930 et le karst. Les phénomènes se sont en effet déclenchés à son aplomb, ce qui a permis de le découvrir. La coupe en long établie au niveau de la galerie principale représente cette communication entre le karst et la zone effondrée (extrémité gauche de la coupe).

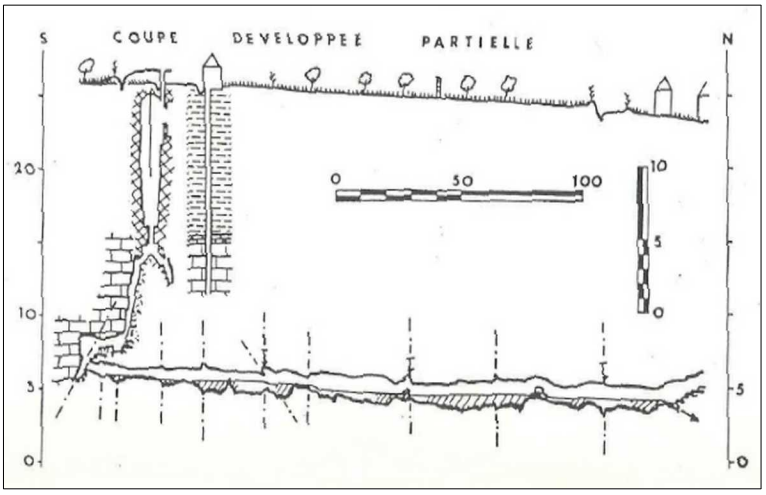


Figure 52: coupe en long de la galerie karstique parallèle à la RD6 passant par la chambre d'accès au réseau.

Pour information, le puits vertical étroit représenté, à droite de la chambre d'accès au karst (figure ci-contre), correspond à un forage réalisé au niveau d'un affaissement de terrain, pour tenter de l'expliquer. Ce forage n'a révélé rien d'autre que des matériaux durs sans signe d'effondrement.

D'autres tentatives d'exploration du karst ont été réalisées : accès depuis la mer en élargissant les points de résurgence d'eau douce, exploration de puits chez des particuliers, forages, etc. Toutes ont avorté en ne parvenant pas à trouver des galeries comparables à celles présentes sous le hameau d'Escures. De même, des campagnes de prospection par photo-interprétation, sondages et méthodes géophysiques ont été menées entre le hameau d'Escures et la mer sans résultat probant.

Parmi les prospections entreprises, une étude géophysique du BRGM attire l'attention, car elle tend même à écarter la présence d'un karst important dans le centre-ville de Port-en-Bessin, au-delà du réseau connu (Reconnaissance par géophysique d'un réseau karstique à Port en Bessin - BRGM - décembre 1997). Ses conclusions penchent plutôt vers une probable absence de cavité dans le prolongement nord de la galerie du karst d'Escures parallèle à la RD 6. Cette étude qui a conduit à réaliser plusieurs profils microgravimétriques répartis entre l'extrémité nord de cette galerie et la mer n'est pas parvenue à identifier de vides significatifs. Elle démontre l'absence de cavité à la hauteur du rond-point Montgomery et, entre ce dernier et la mer, elle hésite entre la présence d'un substratum fissuré en profondeur et de réels conduits karstiques, car les anomalies enregistrées sont faibles.

Plusieurs investigations géotechniques individuelles sont également riches d'informations quant au prolongement ou non de galeries karstiques en direction de la mer. Plusieurs sondages mécaniques ont ainsi été réalisés en centre-ville, à proximité des effondrements localisés qui se sont produits. Ils ont montré invariablement des matériaux de très mauvaise qualité mécanique sur les premiers mètres de profondeur. Des vases marines suivies d'alluvions fluviatiles ont ainsi été identifiées, le tout reposant sur un calcaire décrit comme altéré. Ces sondages traduisent donc bien la nature mécaniquement très dégradée du sous-sol d'une partie de la ville de Port-en-Bessin. Aucun n'a rencontré de cavité. Seule une anomalie a été enregistrée par l'un d'eux à une douzaine de mètres de profondeur (donc très au-dessous du niveau de la mer), ce qui peut entretenir une certaine incertitude. Cette anomalie s'est traduite par une avance rapide de l'outil et une perte d'eau de forage (rencontre possible d'un vide d'emprise limitée).

Les nombreuses tentatives pour identifier un éventuel prolongement des galeries karstiques d'Escures jusqu'à la mer se sont donc avérées infructueuses. Les études et les opérations d'exploration n'ont pas permis d'établir une telle communication souterraine entre Escures et la mer. L'explication actuellement la plus probable, pour comprendre le lien hydraulique existant entre l'Aure et la mer, est l'existence d'une fissuration diffuse et plus ou moins ouverte au sein du substratum. Après avoir emprunté les galeries karstiques, l'eau s'écoule probablement par ce réseau de fissuration, comme le laissent penser de nombreux sondages qui décrivent une roche très altérée.



Figure 53: résurgences dans l'avant-port de Port-en-Bessin.

D'autres points importants tendent à conforter cette hypothèse :

- en période de crue de l'Aure, le karst tend à se mettre en charge et peine à évacuer les eaux de la rivière, y compris à marée basse lorsque l'effet barrage de la mer ne se fait plus sentir. Il semblerait donc que son débit soit limité à l'aval par une réduction de sa section, donc de sa capacité d'écoulement. Le passage d'un conduit large de quelques mètres à un réseau de fissures peut expliquer ce frein hydraulique ;
- une étude du CETE de mars 1998 sur les risques naturels de mouvements de terrain s'intéresse à l'altitude et à la pente des galeries karstiques d'Escures. Elle souligne qu'en extrapolant la pente des galeries d'Escures jusqu'à la mer, la sortie du karst apparaîtrait sur l'estran à environ - 7 mètres d'altitude. Or, les résurgences se situent à l'altitude 0 dans l'avant-port. Ce dernier point fait dire au CETE qu'il est peu probable qu'elles proviennent d'une galerie aussi large que celles de l'amont, car sa pente serait alors quasiment nulle et ne permettrait pas à l'eau de sortir sous pression dans l'avant-port. Le CETE penche alors plutôt pour une eau souterraine sous pression dans les fissures et fractures de la roche ;
- les travaux des second et troisième bassins du port de Port-en-Bessin ont été confrontés à d'importantes arrivées d'eau. Aucune galerie karstique n'a été signalée au cours de ces chantiers. De tels vides auraient forcément été mentionnés s'ils avaient été recoupés. Ces venues d'eau sont plus probablement attribuables à la fissuration du substratum.

En conséquence, si l'existence de conduits karstiques sous le hameau d'Escures est bien réelle, rien ne permet d'affirmer que ces derniers se prolongent sous la ville de Port-en-Bessin. Les connaissances actuelles soulignent plutôt le contraire en montrant qu'une partie des pertes de l'Aure rejoint la mer via la fissuration du substratum. Cette hypothèse est d'autant plus plausible qu'on remarque que les résurgences sont relativement nombreuses et dispersées sur le front de mer. Aucun rejet concentré, de débit comparable à celui des pertes de l'Aure, n'est visible. On ajoutera que le substratum contient certainement un aquifère dont le trop-plein est probablement drainé vers la mer via le même réseau de fissuration. Cet autre apport d'eau se mélange certainement aux résurgences de l'Aure.

III.5.5.2 Fontis et cuvette de la dépression de Commes

De légères dépressions de terrain sont signalées à la surface du sol entre Escures et l'entrée de ville de Port-en-Bessin. Certaines ont été repérées par photo-interprétation, par le CETE qui signale également des traces d'humidité au niveau de plusieurs d'entre elles. D'autres sont visibles depuis le sol, lorsqu'elles sont suffisamment prononcées. L'une d'elle aurait été remarquée près du hameau d'Escures. Selon des dires, elle évoluerait lentement en se creusant légèrement. Enfin, plusieurs fontis (effondrements localisés) se sont déjà manifestés dans le hameau d'Escures et à proximité. Le karst est souvent mis en avant pour expliquer ces déformations et mouvements de terrain, en suspectant des effondrements profonds remontant vers la surface.



Figure 54: dépression visible au sud du hameau d'Escures, 300 mètres au sud du rond-point Montgomery.

La plupart des dépressions de terrain observées par photo-interprétation sont invisibles depuis le sol pour diverses raisons. Leur amplitude est trop faible, l'occupation du sol les masque (pour les plus faiblement marquées d'entre elles), le terrain a pu être remodelé par les agriculteurs et les propriétaires, etc. La confirmation de leur présence et toute interprétation à leur sujet sont donc rendues difficiles, voire impossible.

Pour information, un forage a été réalisé au niveau d'une de ces dépressions observées en bordure de la RD6, à l'est du virage d'Escures, pour vérifier s'il s'agissait d'un effondrement profond en relation avec un conduit karstique. Il n'a pas permis de confirmer cette hypothèse. Il a plutôt rencontré des couches de terrain dures et compactes jusqu'à 15 mètres de profondeur, sans signe d'effondrement (voir Figure 52 § III.5.5.1).

La présence de circulations d'eau souterraines au sein des terrains meubles de surface explique probablement la formation de dépressions de terrain et de fontis. Cette eau peut entraîner une déstructuration du terrain en soutirant progressivement des particules de sol. Les matériaux soutirés sont ensuite entraînés par les écoulements souterrains à travers les niveaux drainants du sol, jusqu'à atteindre un exutoire de surface ou en profondeur attirés par la fissuration du substratum.

Ce mécanisme peut créer des cavités souterraines s'élargissant progressivement au fur et à mesure du processus de soutirage en cours. Les cavités progressent ainsi vers la surface, puis leur toit finit par céder naturellement ou par surcharge du terrain (passage d'un véhicule par exemple) lorsqu'il s'est trop aminci.

Le phénomène peut également se traduire par un affaissement du terrain au fur et à mesure que le soutirage de matériaux s'exerce. La surface du terrain s'abaisse quasiment en temps réel, proportionnellement au volume de matériaux soutirés (phénomène très lent sans formation de cavité).

Ce type de phénomène, qui est également appelé suffosion, affecte uniquement les terrains meubles de surface. Il n'est pas forcément conditionné à l'existence d'un karst. Il peut se développer seul ou être complémentaire avec la présence d'un karst lorsque les eaux souterraines rejoignent des galeries de celui-ci et qu'une sorte de « phénomène d'aspiration » se développe. Les fissures et les galeries du substratum sont en effet des axes parfaits d'évacuation d'eau et de matériaux lorsque les écoulements parviennent à les rejoindre, car elles constituent des espaces vides très drainants.

Les nombreux mouvements de terrain signalés au niveau du hameau d'Escures et plus rarement dans le reste de la dépression de Commes sont probablement liés à des phénomènes de soutirage de ce type. On ne peut toutefois quasiment jamais établir de relation certaine avec le karst, faute de moyen technique pour le vérifier. Des études et des forages ont parfois été entrepris suite à des mouvements de terrain. Certains disculpent la présence du karst dans la manifestation d'affaissement de terrain, d'autres ne permettent pas de se prononcer catégoriquement. Les seuls liens certains entre des

effondrements et le karst sont uniquement les deux événements du virage d'Escures survenus dans les années 1930.

Sur la base des connaissances actuelles, il n'est donc pas possible de rattacher tous les mouvements de terrain observés à la surface de la dépression de Commes au réseau karstique profond existant. Une partie y est probablement liée mais pas tous. Il ressort de cette analyse que quelle que soit l'origine des phénomènes, les impacts en surface et les conséquences sont les mêmes. Il convient donc de considérer la quasi-totalité de la dépression de Commes comme exposée à l'apparition d'affaissements de terrain et à la formation de fontis liés à des phénomènes de soutirage en lien ou non avec un réseau karstique. Le périmètre d'exposition, qui se dégage de cette analyse globale et des nombreux cas de mouvements de terrain signalés, couvre un secteur compris entre le hameau d'Escures, le village de Commes, la RD 6, le pied de la colline du Mont-Castel et le port de Port-en-Bessin.

III.5.5.3 Effondrement et tassement différentiel du vieux centre-ville de Port-en-Bessin

Les mouvements de terrain affectant la vieille ville se concentrent sur un périmètre restreint compris entre les rues du Phare, de la Mer, Torteron, du Nord, Traversière, ainsi que le quai Letourneur. Deux types de désordres se rencontrent :

- Effondrement de petites cavités (rues de la Mer et Torteron, ainsi que le quai Letourneur) ;
- Forts tassements différentiels accompagnés, ou non, de basculements de bâtiments (rues du Nord et du Phare).

Les dégâts occasionnés par ces phénomènes sont variables selon les événements. Quasiment toutes les constructions concernées ont subi une fissuration plus ou moins grave de leurs façades, de leur dalle de rez-de-chaussée et au niveau de cloisons intérieures. Des trous sont parfois apparus au sol au sein même des constructions ou en bordure immédiate. Une maison (« maison qui penche ») et un transformateur électrique situés respectivement rue du Phare et rue du Nord se sont affaissés en basculant de quelques degrés. Si certains bâtiments ont pu être sauvés à l'aide de travaux en sous-œuvre (réalisation de micro-pieux et comblement des vides apparus), d'autres ont fait l'objet de démolitions. C'est ainsi le cas de la « maison qui penche » (rue du Phare), d'une autre maison située rue Traversière et du transformateur électrique de la rue du Nord qui a été déplacé (voir § III.3.1 page 27).



Figure 55: formation d'une cavité sous la maison du 11 rue de la Mer avec effondrement au niveau de sa terrasse (maison confortée en sous-œuvre).

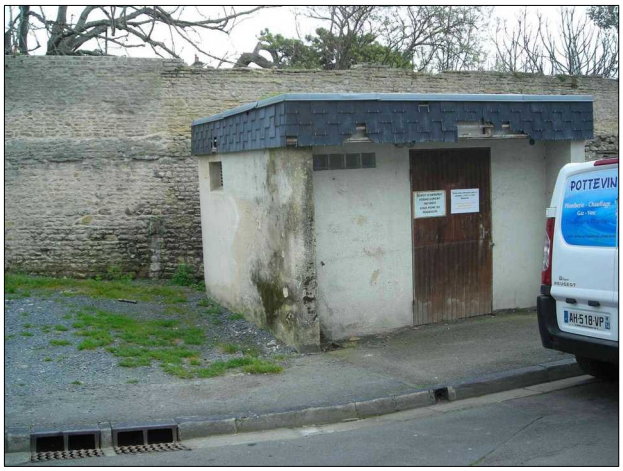


Figure 56: ancien transformateur électrique incliné de la rue du Nord (construction depuis déplacée).

Certains auteurs pointent du doigt le karst pour expliquer les mouvements de terrain du centre-ville. Plusieurs études, assorties de sondages, ont été réalisées pour expertiser les bâtiments sinistrés. Toutes soulignent les mauvaises propriétés mécaniques du sous-sol. Elles identifient des dépôts fluviatiles et des vases marines décrites comme étant fluantes. Aucune n'a vraiment trouvé de cavités.

Les forts tassements différentiels semblent donc être liés à de graves défauts de portance, le sol étant compressible.

De plus, des circulations d'eaux souterraines, issues du plateau d'Huppain, sont connues ou fortement suspectées et des infiltrations d'eaux pluviales sont dites très probables en centre-ville. Ces eaux s'écoulent à travers les niveaux drainants naturels du sous-sol. Elles sont également suspectées d'emprunter préférentiellement d'anciennes tranchées d'enfouissement de réseaux qui concentreraient ainsi des écoulements souterrains. Une certaine activité hydrogéologique se manifeste donc dans le sous-sol du centre-ville. Elle contribue très probablement à l'affaiblir en le déstructurant de la même manière que les phénomènes de soutirage décrits dans la dépression de Commes (voir § III.5.5.2). Enfin, un cours d'eau couvert est signalé en centre-ville. Des fuites le long de son ouvrage de couverture ne sont pas exclues, ce qui représenterait un point supplémentaire de fragilisation du terrain.

Une combinaison entre phénomènes de soutirage et présence d'un sol compressible est ainsi probablement à l'origine des mouvements de terrain du centre-ville de Port-en-Bessin. Elle expliquerait les tassements différentiels, les basculements de construction et la formation de cavités qui peuvent se manifester seuls ou simultanément.

Les suspicions qui planaient sur la présence de galeries karstiques en centre-ville ne sont pas confirmées par les nombreuses études réalisées. Ces dernières tendent même à écarter cette éventualité. Seul le caractère fissuré, voire très altéré, du toit du substratum calcaire a été mis en avant par divers sondages. Cette fracturation peut jouer un rôle complémentaire aux mécanismes décrits ci-dessus, en favorisant notamment les phénomènes de soutirage et en affaiblissant localement la résistance mécanique du substratum.

III.5.6 Aléa d'effondrement de cavité souterraine, de suffosion et sol compressible

III.5.6.1 Critères de détermination de l'aléa d'effondrement de cavité souterraine, de suffosion et sol compressible

Le guide méthodologique Plan de Prévention des Risques Naturels cavités souterraines abandonnées de 2012 décrit les critères d'identification et de qualification de l'aléa d'effondrement pour les cavités anthropiques abandonnées. En introduction, ce guide précise au sujet des cavités d'origine naturelle, que « même si l'aléa diffère quelque peu pour les cavités d'origine naturelle (karst, dissolution d'évaporites, etc.), ses recommandations, notamment dans sa partie réglementaire, sont également valables ».

Les cavités présentes au sein de la zone d'étude sont exclusivement d'origine naturelle (karst). On ne note pas de cavité anthropique (carrière souterraine ou autre excavation souterraine). L'aléa relatif à leur présence tient compte des directives du guide méthodologique. Il est défini sur la base de critères adaptés au contexte de la zone d'étude. Ces critères sont liés à l'existence avérée ou suspectée des cavités karstiques, à leur évolution prévisible dans le temps et à leur rôle possible dans le développement de phénomènes annexes tels que la suffosion (phénomène de soutirage).

Le tableau suivant propose une grille de critères d'identification de l'aléa d'effondrement de cavités souterraines en intégrant donc les phénomènes de suffosion, liés ou non au karst, et la problématique des sols compressibles. Ces trois aspects de mouvements de terrain à composante verticale conduisent à des conséquences relativement identiques en surface (tassements différentiels, affaissements de terrain, effondrements de terrain). Ils ne peuvent pas être précisément distingués entre eux sur le terrain. En effet, il s'agit de phénomènes dont l'origine est cachée, car située enfouie dans le sous-sol. Sauf à disposer d'une cartographie précise du sous-sol inventoriant la totalité des cavités, ainsi que d'explications précises sur les origines de chaque mouvement de terrain, il n'est pas possible de différencier des secteurs uniquement exposés au karst et / ou à la suffosion et / ou aux terrains compressibles. On peut seulement déterminer un vaste secteur potentiellement exposé aux

mouvements de terrains à composante verticale, en identifiant approximativement des zones plus sujettes à l'un ou l'autre des phénomènes.

Aléa	Indice	Critères
Fort	**F3**	• Présence de cavité avérée avec prise en compte d'une bande d'influence périphérique à déterminer • Zone de présence de cavités avérée par sondage à une profondeur < 20 m et auréole de sécurité d'environ 30 m autour du point de sondage • Effondrement existant (fontis) • Zone tampon autour des fontis, d'environ 10 m en contexte de suffosion (cône d'influence) • Tassement différentiel et / ou affaissement existant avec mise en pente > 3%, pouvant provoquer des désordres incompatibles avec la fonctionnalité d'un bâtiment (cas notamment des terrains compressibles) • Zone de suffosion avérée dans les matériaux meubles de surface avec formation de fontis (soutirage de matériaux par des circulations d'eaux souterraines), avec désordres apparents ou historiques en surface
Moyen	**F2**	• Zone d'extension possible du karst déterminée en fonction de ses ramifications visibles mais non explorables, de ses ramifications suspectées, de son développement supposé à partir d'informations techniques disponibles et d'observations, etc. • Zone tampon élargie autour des fontis connus au-delà de l'aléa fort (largeur déterminée au cas par cas selon le contexte géologique, la configuration du terrain, etc.) • Tassement différentiel et / ou affaissement existant très localisé, avec une mise en pente < 3% pouvant provoquer des désordres légers, sans atteinte aux fonctionnalités d'un bâtiment (cas notamment des terrains compressibles) • Phénomène de suffosion potentiellement élevé (conditions géologiques, géomorphologiques et hydrogéologiques potentiellement réunies avec phénomènes connus dans un environnement proche) • Affaissement local (dépression topographique souple) à juger au cas par cas
Faible	**F1**	• Configuration de terrain compatible avec une extension du karst (formations géologiques et contexte géomorphologique favorables) • Karst, avec très faible probabilité d'effondrement (galerie de faibles dimensions (non explorables), fissuration et fracturation de la roche) • Phénomène de suffosion potentiel (conditions géologiques et géomorphologiques et hydrogéologiques potentiellement réunies) • Présence potentielle de terrain compressible (terrain non identifié mais potentiellement présent compte tenu de la géomorphologie des lieux et des connaissances acquises sur la localisation des formations géologiques compressibles) • Affaissement local (dépression topographique souple) à juger au cas par cas

III.5.6.2 Qualification des phénomènes pour l'aléa d'effondrement de cavité souterraine, de suffosion et sol compressible

Le **réseau karstique** cartographié sous le hameau d'Escures a été systématiquement classé en **aléa fort (F3) d'effondrement de cavité souterraine**. Quelques signes d'effondrement ont été repérés par les spéléologues au niveau des voûtes. La formation de cloches de fontis progressant vers la surface n'est donc pas à exclure.

L'impact en surface d'un effondrement karstique peut varier selon la profondeur initiale de la cavité et le foisonnement des matériaux. En s'éboulant les matériaux se décompriment et occupent un volume plus important. En progressant vers le haut, le vide initial voit donc son volume se réduire progressivement sous l'effet du foisonnement et peut se combler avant d'atteindre la surface. Cet auto-comblement de la zone de vide peut toutefois varier selon l'activité hydraulique du karst. En effet, les écoulements souterrains peuvent entraîner avec eux une partie des matériaux effondrés et amortir ainsi l'auto-comblement, provoquant de nouveaux éboulements de matériaux. Donc, selon le volume du vide initial, sa profondeur, le foisonnement des matériaux et l'activité hydraulique du karst, une cloche de fontis peut soit déboucher en surface, soit créer une simple dépression de terrain, soit ne pas avoir d'impact en surface. Sans observation précise des cavités, ni d'analyse géotechnique, il n'est pas possible de fixer des seuils de profondeur permettant de déterminer les impacts possibles en surface. La formation de fontis au droit du karst est donc jugée possible en tous points.

L'aléa fort est élargi par rapport à l'emprise réelle des galeries pour tenir compte, d'une part des imprécisions du levé topographique et du calage des plans, et d'autre part de l'impact que peuvent avoir les effondrements en périphérie des galeries. En s'effondrant, le sol peut céder sous un certain angle d'influence, puis à long terme chercher une pente d'équilibre en grignotant du terrain sur la bordure d'effondrement. En cas de rupture en bordure d'une cavité, l'impact en surface du mouvement de terrain peut donc empiéter au-delà de l'emprise réelle de la cavité (impact collatéral de l'effondrement).

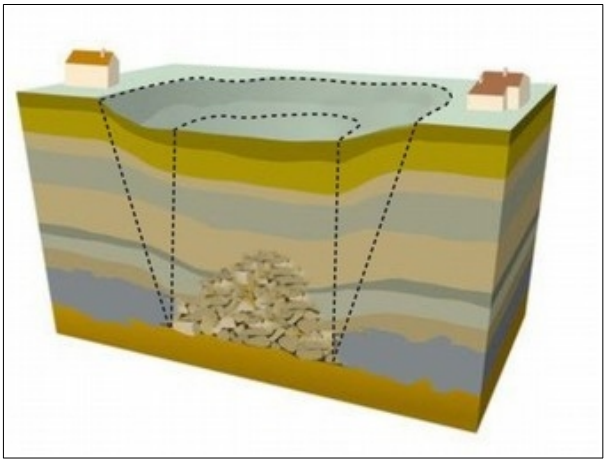


Figure 57: schéma de l'angle d'influence.

Faute d'événement de référence sur la zone d'étude, nous avons déterminé une valeur d'angle d'influence en tenant compte de la présence d'une épaisseur de quelques mètres de matériaux meubles de couverture et en considérant que le toit du substratum abritant le karst est probablement altéré. A cela nous avons pris en compte de possibles erreurs de relevé topographique du karst que l'on a estimées à 5 mètres en tenant compte des résultats d'une étude géophysique du BRGM de 1997. Rappelons que cette dernière a constaté un écart de quelques mètres entre les résultats de ses investigations géophysiques et la représentation du karst.

Si dans une roche calcaire l'angle d'influence est a priori relativement élevé (15 à 20°), il tend à s'ouvrir dans les matériaux meubles, ces derniers disposant d'un angle de frottement interne plus faible. On ne connaît pas exactement l'épaisseur de terrain meuble en surface. D'après la carte géologique locale et des sondages, on peut l'estimer à 2 ou 3 mètres (valeur moyenne).

Dans ce contexte, et en tenant compte des erreurs de relevé du karst, la prise en compte d'un angle d'influence de 45° apparaît acceptable pour définir l'emprise totale de l'aléa fort. Ainsi, une cavité profonde de N mètres se verra appliquer en surface une bande d'aléa périphérique supplémentaire (Bande d'Influence BI) de largeur équivalente à sa profondeur (BI = N x tg45°).

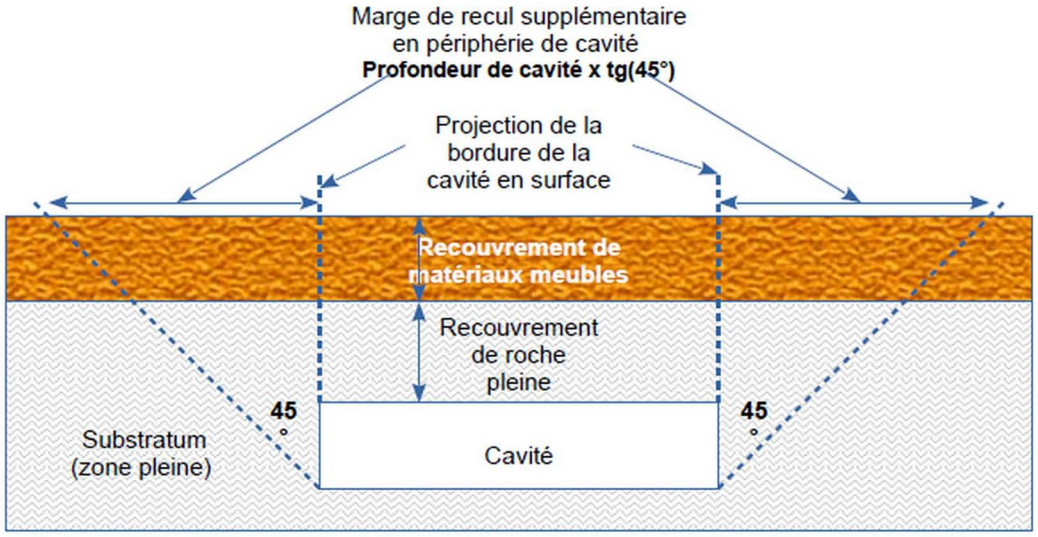


Figure 58: angle d'influence et emprise de l'aléa résultant en surface.

Le karst se situe à une profondeur comprise entre 15 et 25 mètres (25 mètres au niveau du hameau d'Escures) d'après les informations disponibles. Une profondeur moyenne de 20 mètres est retenue, ce qui implique des bandes d'aléa périphériques supplémentaires de 20 mètres pour représenter l'emprise de l'**aléa fort (F3) d'effondrement de cavité souterraine**.

Pour information, les galeries présentent une hauteur sous plafond maximum de 2 mètres. En retenant une couverture de terrain meuble d'environ 3 mètres, l'épaisseur moyenne de recouvrement rocheux (calcaire et marne) du karst peut donc être estimée comprise entre 10 et 15 mètres, dont une partie est probablement altérée (approche approximative).

Un **aléa moyen (F2) d'effondrement de cavité souterraine** enveloppe systématiquement l'aléa fort. Il s'étend également au nord et au sud des galeries karstiques identifiées, pour prendre en compte certains mouvements de terrain localisés connus (fontis, cuvette et divers mouvements verticaux du sol) et des ramifications supposées du karst.

Précisons qu'au nord, l'aléa moyen s'étire jusqu'aux portes du centre-ville de Port-en-Bessin, bien qu'une étude BRGM instaure un doute sur une éventuelle extension du karst à ce niveau (étude microgravimétrique entre le rond-point Montgomery et la mer de 1997). Un mouvement de terrain vertical alternatif constaté dans ce secteur, au niveau d'un trottoir du chemin de la Maladrerie, pousse à l'affichage de cet aléa moyen. Le trottoir se soulève et s'abaisse à intervalles réguliers sous l'effet d'une probable mise sous pression souterraine. Un lien avec le cycle des marées et la nature du sous-sol est possible pour expliquer ce phénomène. Le sous-sol peut répondre aux pressions exercées par le marnage, par le biais de la fissuration du substratum et de la présence de terrains non stabilisés, et les transmettre jusqu'en surface.

Enfin, un **aléa faible (F1) d'effondrement de cavité souterraine** occupe une grande partie du reste de la dépression de Commes jusqu'au port de Port-en-Bessin. Il revêt la même signification que l'aléa moyen en caractérisant toutefois des terrains moins impactés d'un point de vue historique et en mettant plus l'accent sur la problématique suffosion en lien ou non avec une présence karstique.

Les tassements différentiels du vieux centre-ville de Port-en-Bessin liés à de possibles phénomènes de suffosion et surtout à la présence de terrain compressibles sont classés en **aléa fort (F3)** et en **aléa moyen (F2) d'effondrement de cavité souterraine**. L'aléa fort enveloppe les cas de mouvements de terrain les plus graves qui ont entraîné de graves dommages au bâti et dont certains ont nécessité des démolitions de bâtiments. L'aléa moyen occupe le reste du vieux centre-ville en remontant jusqu'à l'aire de camping-car. Un **aléa faible (F1) d'effondrement de cavité souterraine** est affiché dans la partie sud de la ville de Port-en-Bessin dans le prolongement de l'aléa moyen. Il s'étend jusque dans la dépression de Commes.

Le sommet des vases marines à l'origine des problèmes de portance n'est pas clairement identifié. Il a été constaté localement à une altitude d'environ 7 mètres par une étude réalisée en centre-ville. Ailleurs, on ne connaît pas exactement sa position. Nous supposons que ces vases se sont déposées au sein d'une petite baie marine qui devait être présente à l'emplacement du port et du vieux centre-ville et qui pouvait s'avancer jusqu'au nord de la dépression de Commes. A partir de cette supposition et en tenant compte des différents sondages qui ont pu être réalisés dans le secteur, nous avons délimité un secteur qui aurait pu être ainsi occupé par la mer. Il en ressort une enveloppe épousant approximativement la courbe de niveau 10 mètres. Cette enveloppe ne signifie pas que toute cette zone est occupée par un niveau de vase marine. Elle souligne un secteur qui aurait pu être parcouru par des chenaux soumis au marnage et à des dépôts de vase. Seule une campagne de sondages menés selon un maillage précis permettrait de mieux connaître l'existence de ces dépôts et de définir un zonage plus précis.

Les zones d'aléa en lien uniquement avec le karst et des phénomènes de suffosion sont identifiées à l'aide d'un sous-indice « a » (F3a, F2a et F1a). La présence de terrain compressible est a priori exclue à leur niveau.

Les zones d'aléa en lien avec une présence supplémentaire, avérée ou éventuelle, de vases marines sont identifiées à l'aide d'un sous-indice « b » (F3b, F2b, F1b). En plus de qualifier des terrains potentiellement compressibles, ces zones d'aléa intègrent également une présence potentielle de karst (qui ne peut être exclue), une probable fissuration plus ou moins marquée du substratum et de possibles phénomènes de suffosion.

III.5.7 Phénomènes de retrait / gonflement des sols argileux

Les phénomènes de retrait / gonflement des sols argileux ont été étudiés par le BRGM sur la base d'un cahier des charges national. Cette mission a été menée dans le cadre d'une opération de service public commandée par le Ministère en charge de l'environnement.

Leur identification se base sur le **croisement de la susceptibilité** des formations géologiques au phénomène de retrait / gonflement **avec le facteur densité de sinistres rapporté à 100 km²** d'affleurement urbanisé.

Une première étude datée de mars 2008 a conduit à la réalisation d'une carte des aléas de retrait / gonflement des sols argileux sur le territoire départemental du Calvados (Cartographie de l'aléa retrait – gonflement des sols argileux dans le département du Calvados – BRGM/RP-56219-FR – mars 2008). Ce travail réalisé à l'échelle du 1/50 000 a permis d'identifier quatre sensibilités de sols : sols exposés à un aléa fort, moyen, ou faible de retrait / gonflement de sol argileux ou sol non exposé.

Dans le cadre de l'article 68 de la loi Elan, ce document de 2008 a fait l'objet d'une révision en août 2019 pour être transposé en carte d'exposition au retrait / gonflement des sols argileux. Ce nouveau document a été établi dans le but d'identifier les zones exposées aux phénomènes de retrait / gonflement des sols argileux où doivent s'appliquer les dispositions réglementaires introduites par l'article 68 de la loi Elan.

Cette nouvelle carte remplace l'ancien document de 2008. Elle requalifie l'exposition de certains territoires aux phénomènes de retrait / gonflement des sols argileux, en déterminant parfois des niveaux d'exposition plus élevés et en identifiant de nouveaux secteurs exposés au phénomène. Cette requalification a été essentiellement effectuée en actualisant et en homogénéisant la sinistralité observée.

Cette étude représente le document de référence à prendre en compte pour les phénomènes de retrait / gonflement des sols argileux. Le PPR l'intègre pour information, sans valeur ajoutée ni introduction de nouvelle réglementation. Il convient de se reporter au document du BRGM pour l'application de la réglementation en vigueur (voir https://www.georisques.gouv.fr/articles-risques/etude-geotechnique/recommandations-et-reglementations).

Les deux communes sont très concernées par cette problématique, à en juger par les nombreux sinistres signalés et les nombreuses expertises géotechniques qui concluent à ce type de phénomène (voire § III.3.1 et III.3.2 et la carte des phénomènes historiques). La nature géologique des terrains de couverture (présence de marnes et de colluvions de nature plus ou moins argileuse) l'explique en grande partie.

III.5.8 Critères de détermination de l'exposition aux phénomènes de retrait / gonflement des sols argileux

Trois niveaux d'exposition (faible, moyen, fort) sont définis en tenant compte de la susceptibilité du territoire au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux et de la sinistralité :

EXPOSITION		SINISTRALITÉ		
		Faible inf. à 2 sinistres au km²	Moyenne entre 2 et 10 sinistres au km²	Forte sup. à 10 sinistres au km²
SUSCEPTIBILITÉ	Faible	Faible	**Moyenne**	**Moyenne**
	Moyenne	Moyenne	Moyenne	**Forte**
	Forte	Forte	Forte	Forte

Voir https://www.georisques.gouv.fr/articles-risques/retrait-gonflement-des-argiles/exposition-du-territoire-au-phenomene

III.5.8.1 Susceptibilité des formations

La susceptibilité s'attache à identifier des formations de nature argileuse a priori sujettes aux phénomènes de retrait / gonflement. Elle est déterminée sur la base de trois critères :

- **nature lithologique** des formations géologiques : proportion d'argiles, épaisseur et continuité des couches,
- **composition minéralogique** des argiles présentes : composition des argiles en minéraux plus ou moins sensibles,
- **comportement géotechnique** des formations géotechniques : propriétés mécaniques.

Chaque critère est traduit selon une échelle de classement de quatre classes : faible, moyenne, forte ou très forte. La susceptibilité des formations géologiques est ensuite elle-même traduite en trois classes : faible, moyenne ou forte, en fonction des niveaux obtenus pour chacun des critères.

III.5.8.2 Sinistralité observée

Les données de la sinistralité observée sont issues de la base des Sinistres Indemnisés Liés aux Événements Climatiques (SILECC). La sinistralité est rapportée à la densité de sinistre au km² urbanisé.

- **sinistralité faible** : densité de sinistre au km² urbanisé inférieure à 2,
- **sinistralité moyenne** : densité de sinistre au km² urbanisé comprise entre 2 et 10,
- **sinistralité forte** : densité de sinistre au km² urbanisé supérieure à 10.

III.5.9 Qualification de l'exposition aux phénomènes de retrait / gonflement des sols argileux

Une exposition moyenne et une exposition forte prédominent dans la dépression de Commes. Elles concernent les deux communes.

La zone d'exposition forte s'étire jusqu'à la mer en intégrant une très large partie du centre-ville de Port-en-Bessin. Elle inclut également le village de Commes et le hameau d'Escures et elle englobe la quasi-totalité des versants des deux communes.

La zone d'exposition moyenne est limitée à la partie centrale de la dépression de Commes.

Les plateaux sont plutôt concernés par une exposition faible.

III.6 La carte des enjeux, inventaire et analyse des enjeux communaux

III.6.1 Méthodologie et représentation

La carte des enjeux permet d'identifier les biens et les équipements vulnérables aux aléas de mouvements de terrain. La typologie de l'occupation du sol permet de distinguer les zones urbanisées, les zones dites de loisirs (camping, équipements sportifs, etc.), les voies de communication et les réseaux humides enterrés.

- ➔ Les zones urbanisées sont différenciées en trois catégories :
  - ➢ l'urbanisation dense (centre-ville) ;
  - ➢ l'urbanisation lâche (périphérie urbaine, zones pavillonnaires, villages, hameaux, bâti isolé) ;
  - ➢ les zones d'activité économique (caractère commercial et industriel dominant au sein de zones pouvant accueillir également du bâti à usage d'habitation) ;

  À cela sont ajoutés, pour information uniquement, les secteurs constructibles classés aux plans locaux d'urbanisme (PLU) de Port-en-Bessin-Huppain et Commes, mais non encore bâtis (secteurs dits « autres zones constructibles du PLU »).
- ➔ Les voies de communication sont différenciées en trois catégories :
  - ➢ les routes départementales (routes principales) ;
  - ➢ les routes communales (voirie secondaire) ;
  - ➢ les pistes cyclables.
- ➔ Les réseaux humides regroupent :
  - le réseau d'eau potable ;
  - le réseau d'assainissement d'eau usée ;
  - le réseau d'assainissement d'eau pluviale.

En complément, les enjeux opérationnels (mairie, gendarmerie, etc.), certains bâtiments publics, établissements recevant du public et autres aménagements ou équipements divers sont localisés à l'aide d'un étiquetage.

Le PPR prend uniquement en compte les enjeux existants. Les enjeux futurs tels que ceux définis par les documents d'urbanisme ne sont pas retenus par le PPR, à l'exception des projets déjà autorisés (dotés d'un permis de construire ou de toute autre autorisation d'urbanisme) en attente de construction. Les secteurs dits « autres zones constructibles du PLU » sont donc uniquement affichés pour mémoire et dans le but de connaître leur situation vis-à-vis des aléas de mouvements de terrain.

La carte des enjeux est élaborée sur l'intégralité des territoires de Port-en-Bessin - Huppain et de Commes, y compris sur les secteurs où aucun aléa n'est identifié. Cela permet d'avoir une vision globale de l'organisation des communes et de cerner tous les impacts directs et indirects des phénomènes naturels. Des secteurs situés hors zone d'aléa peuvent notamment être indirectement concernés par des phénomènes naturels, en voyant par exemple leur desserte perturbée, leurs raccordements aux réseaux enterrés coupés, etc. Des secteurs ainsi vulnérables peuvent être identifiés, ce qui peut conduire, le cas échéant, à la prise de mesures spécifiques (par exemple dans le plan communal de sauvegarde des communes).

III.6.2 Les enjeux vulnérables aux aléas de mouvements de terrain

Les enjeux exposés aux aléas de mouvements de terrain sont des biens vulnérables aux phénomènes naturels. L'aléa fait courir un risque à ces derniers. Le niveau de risque varie en fonction du type d'enjeux et du niveau d'aléa. Matériellement parlant, il est plus fort en présence d'enjeux bâtis et d'un niveau d'aléa élevé.

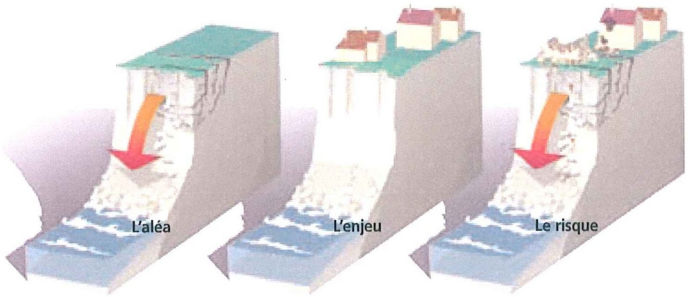


Figure 59: notion de risque (croisement d'un enjeu donné et d'un niveau d'aléa donné).

Pour mémoire, il est rappelé que la totalité du territoire des deux communes est exposée aux phénomènes de retrait / gonflement des argiles. L'exposition des enjeux à ce type de mouvements de terrain n'est pas traitée par le PPR (phénomène non prescrit au PPR). Elle n'apparaît donc pas comme un risque dans le PPR. Elle est prise en compte par ailleurs dans le cadre de l'article 68 de la loi Elan.

III.6.2.1 Commune de Port-en-Bessin-Huppain

III.6.2.1.1 Centre-ville de Port-en-Bessin

Le centre-ville de Port-en-Bessin occupe le centre d'une ancienne vallée encadrée par deux plateaux élevés d'une soixantaine de mètres. Il est concerné par deux catégories d'aléas.

➔ La partie basse de la ville, située quasiment au niveau de la mer, est exposée à des phénomènes d'effondrements et de forts tassements différentiels (mouvements de terrain à composante verticale) de deux origines principales :

- l'une est liée à la manifestation de phénomènes de suffosion, qui semblent en partie dus à des circulations d'eau souterraines et à la présence d'un micro-karst actif drainant les pertes de l'Aure et par lequel peuvent s'échapper toutes autres eaux souterraines. Cette activité hydrogéologique entraîne avec elle des matériaux du sol meuble de surface en créant des zones de vide qui finissent par s'effondrer ;
- des niveaux de matériaux compressibles, composés de vase marine, sont présents en sous-sol. Peu résistants, ils entraînent de graves défauts de portance qui peuvent provoquer de sévères fissures au bâti, voire le basculement de constructions.

Aucune des études géotechniques et géophysiques réalisées en centre-ville n'a permis de détecter des cavités importantes au sein du substratum rocheux (ce qui ne veut pas dire qu'il

n'en existe pas compte tenu de la complexité que peuvent adopter les conduits karstiques). Seule une fissuration importante de celui-ci, avec parfois des conduits d'ouverture pluri-décimétriques, a pu être mise en avant (micro-karst actif). Parmi tous les cas de mouvements de terrain recensés dans le centre-ville, aucun ne semble dû au seul fait de cette fissuration du substratum et de son éventuelle dégradation. Les connaissances actuelles montrent plutôt que la fissuration du substratum intervient en association avec l'activité hydrogéologique et la nature des terrains de recouvrement.

La présence de ce micro-karst doit toutefois être prise en compte, bien qu'il ne semble pas agir seul dans la problématique des mouvements de terrain du centre-ville.

Ces phénomènes de mouvements de terrain verticaux sont traduits en aléas fort, moyen et faible d'effondrement. Le centre-ville ancien est plus particulièrement concerné par des aléas moyen et fort.

➔ Les flancs est et ouest du centre-ville s'appuient sur les versants supportant les deux plateaux bordant la zone urbaine. Ils occupent des pentes modérées à fortes traduites en aléa fort, moyen et faible de glissement de terrain. Cet affichage est basé sur la nature géologique des terrains et sur la connaissance de phénomènes actifs qui permettent de disposer de phénomènes de référence et de juger le comportement géotechnique des versants. Hormis les falaises côtières, sans enjeux, les secteurs de la Tour Vauban, ainsi que des rues Torteron et du Phare sont les plus affectés par l'aléa de glissement de terrain, puisqu'ils sont en partie concernés par des niveaux moyen et fort de ce phénomène.

III.6.2.1.2 Faubourgs de Port-en-Bessin

Les faubourgs plus récents du centre-ville (trois-quart sud de la zone urbaine), situés au sein de la dépression de Commes, sont en partie exposés aux mêmes types de phénomènes de mouvements de terrain verticaux qu'en centre-ville (suffosion, présence possible de terrain compressible et micro-karst). L'aléa faible prédomine toutefois. Seule une langue d'aléa moyen s'avance jusqu'à la RD 514, voire la dépasse. Cette zone d'aléa moyen se situe dans le prolongement d'une des galeries principales du karst d'Escures. Elle traduit une zone inaccessible du karst (resserrement des conduits empêchant toute progression d'exploration), où une plus forte densification de la fissuration du substratum est possible (zone de fissuration plus dense pouvant accompagner le rétrécissement progressif de la galerie). De plus, dans ce secteur, une étude géophysique du BRGM laisse apparaître quelques incertitudes sur des anomalies constatées, notamment au niveau du rond-point Montgoméry (Reconnaissance par géophysique d'un réseau karstique à Port en Bessin - BRGM - décembre 1997).

En marge de la zone urbaine, deux secteurs pavillonnaires s'étendent sur le versant sud – sud-ouest du Mont-Castel. L'un est entièrement exposé à un aléa faible de glissement de terrain avec une zone d'aléa moyen qui vient l'effleurer. Le second est partiellement classé en aléa faible de glissement de terrain.

III.6.2.1.3 Autres secteurs de Port-en-Bessin - Huppain

Les autres enjeux bâtis de la commune, dont le village de Huppain, se situent en marge ou en dehors des zones d'aléa actuellement connues.

III.6.2.2 Commune de Commes

III.6.2.2.1 Village de Commes

Le village de Commes est calé contre le coteau ouest du plateau du Bouffay. Quelques-unes de ses habitations sont exposées à un aléa faible ou moyen de glissement de terrain.

III.6.2.2.2 Hameau d'Escures

Le hameau d'Escures est sous-cavé par plusieurs galeries d'origine karstique qui assurent l'évacuation des pertes de l'Aure en direction de la mer (karst actif). La présence de ce karst génère un aléa fort d'effondrement de cavité souterraine qui peut se manifester sous la forme de fontis de quelques mètres de diamètre (effondrements localisés). Cet aléa fort est matérialisé en tenant compte d'une zone périphérique d'incidence (application d'un angle d'influence traduisant les impacts latéraux possibles des effondrements). Plusieurs maisons du hameau d'Escures sont englobées par cet aléa fort.

Le reste du hameau est exposé à un aléa moyen et à un aléa faible d'effondrement de cavité souterraine.

L'aléa moyen est prédominant dans le hameau d'Escures. Il traduit de possibles ramifications du karst en périphérie des galeries connues. Il délimite également un secteur plus particulièrement touché par des fontis localisés qui semblent liés à des phénomènes de suffosion identiques à ceux constatés en centre-ville de Port-en-Bessin (même lien possible avec des circulations d'eau souterraine et une forte fissuration du substratum (présence d'un micro-karst actif), mais absence de vases marines (terrain compressible)).

L'aléa faible qui couvre une large partie de la dépression de Commes, concerne les bordures est et ouest du hameau d'Escures. Il correspond à un vaste secteur potentiellement propice aux phénomènes de suffosion du fait de sa configuration. Quelques rares cas de fontis s'y sont produits et de légères dépressions de terrain visibles en surface peuvent faire suspecter de discrets mouvements de terrain verticaux.

III.6.2.2.3 Autres secteurs de Commes

Les autres enjeux bâtis de la commune de Commes se situent en dehors des zones d'aléa actuellement connues.

Précisons que le hameau du Bouffay, en bordure duquel s'est produit un important mouvement de terrain le 5 août 1981, est situé en dehors de la bande d'aléa fort (bande de régression) qui frappe la bordure du littoral.

IV.Plan de zonage réglementaire et règlement

Le plan de zonage réglementaire et le règlement représentent respectivement la pièce cartographique et la pièce écrite opposables du PPR. Ces deux documents sont indissociables. Le premier délimite l'emprise des zones soumises à une réglementation par le PPR. Le second stipule la réglementation applicable au sein de ces zones.

IV.1 Traduction des aléas en zonage réglementaire

IV.1.1 Zonage réglementaire

Le plan de zonage réglementaire résulte du croisement de la carte des aléas et de la carte des enjeux. Il correspond à la traduction réglementaire des aléas. Il définit des zones inconstructibles dites **zones rouges R** et des zones constructibles, mais soumises à prescriptions, dites **zones bleues B**.

Les zones rouges R sont des zones inconstructibles au sens large du terme. Elles peuvent toutefois accorder exceptionnellement certains aménagements / constructions ou réaménagements / reconstructions en tenant compte des situations particulières rencontrées.

À l'inverse, les zones bleues, constructibles au sens large du terme, peuvent restreindre certains aménagements jugés trop sensibles du fait de leur nature, de leur destination et de l'aléa au sein duquel ils seraient implantés.

Le caractère constructible (zone bleue) ou inconstructible (zone rouge) d'un terrain est établi en fonction du type d'enjeu présent, du type de phénomène naturel identifié et du niveau d'aléa affiché.

Dans la mesure du possible, la carte de zonage réglementaire tient compte des enjeux existants, afin de permettre une poursuite du développement des quartiers qui les accueillent. Par contre, elle cherche à limiter toute nouvelle installation en zones dépourvues d'enjeux et très exposées aux mouvements de terrain (aléas moyen et fort), pour éviter toute nouvelle situation à risque. Pour ces deux raisons, en présence d'un même type de phénomène et à niveau d'aléa égal, un secteur déjà urbanisé peut être traduit en zone bleue alors qu'un secteur non urbanisé le sera en zone rouge.

Les grandes règles de traduction réglementaire suivantes sont appliquées :

- les **zones rouges R** (**zones inconstructibles**[1]) regroupent respectivement les zones d'aléa fort, quelle que soit l'occupation du sol, et les zones d'aléa moyen non urbanisées. Au sein de ces zones, certains aménagements tels que les ouvrages de protection ou les infrastructures publiques qui n'aggravent pas l'aléa, peuvent cependant être autorisées. Certains aménagements ou certaines transformations peuvent également être permis sur les enjeux existants, selon le contexte urbain présent et les nécessités rencontrées (voir règlement) ;
- les **zones bleues B** (**zones constructibles**[1] **sous conditions)** regroupent des zones d'aléas moyen urbanisées et plus généralement des zones d'aléa faible, quelle que soit l'occupation du sol. Leur constructibilité est soumise à des conditions de conception, de réalisation, d'utilisation, d'entretien et de non-aggravation de l'aléa.

[1] ***Remarque :*** Les termes « inconstructibles » et « constructibles » sont réducteurs au regard du contenu de l'article L562-1 du code de l'environnement. Il paraît néanmoins judicieux de porter l'accent sur l'aspect essentiel de l'urbanisation : la construction. Les autres types d'occupation du sol seront également pris en compte. Ainsi, dans une zone rouge (inconstructible) certains aménagements, exploitations... pourront être autorisés. Inversement, dans une zone bleue (constructible sous conditions) certains aménagements, exploitations... pourront être interdits.

Un troisième type de zone, la zone blanche, apparaît lorsqu'aucun aléa n'est identifié (zones d'aléa négligeable). Le PPR ne les réglemente pas. Sur leur emprise, les projets doivent être réalisés dans le respect des règles de l'art et des autres réglementations éventuellement en vigueur.

Le tableau ci-dessous synthétise les différents cas réglementaires rencontrés sur la zone d'étude en fonction des aléas (type et niveau d'importance) et des enjeux présents.

Aléa	Fort			Moyen		Faible
Enjeux	**Non urbanisé**	**Urbanisation lâche**	**Urbanisation dense**	**Non urbanisé**	**Urbanisation lâche / dense**	**Tout type d'enjeux**
Glissement de terrain	**RG**	**RG**	**RG**	**RG**	**BG2**	**BG1**
Chute de pierres et de blocs	**RP**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Effondrement de cavité souterraine - origines karst, suffosion	**RF3a**	**RF3a**	**-**	**RF2a**	**BF2a**	**BF1a**
Effondrement de cavité souterraine - origines karst, suffosion, sol compressible	**-**	**-**	**RF3b**	**RF2b**	**BF2b**	**BF1b**

Grille de traduction réglementaire de l'aléa

IV.1.2 Les prescriptions et mesures obligatoires

Le règlement accompagne le zonage réglementaire en détaillant les interdictions et les autorisations s'appliquant à chaque type de zone réglementaire.

Les autorisations accordées par le règlement sont assorties de prescriptions, dont la mise en œuvre est obligatoire, qui fixent les conditions de réalisation des projets. Les prescriptions sont adaptées à chaque type de phénomène présent. Elles sont destinées à prévenir la survenance des phénomènes, donc à protéger les biens et les équipements et, indirectement, les occupants des biens et les utilisateurs d'équipements.

Le règlement définit également des mesures obligatoires portant sur les biens existants. Celles-ci sont définies pour corriger des aménagements et / ou des conceptions techniques incompatibles avec les phénomènes naturels identifiés, qui pourraient aggraver l'aléa.

Les interdictions, prescriptions et mesures obligatoires fixées par le règlement du PPR sont à respecter sous peine de sanctions (article L562-5 du Code de l'environnement, article L480-4 du Code de l'urbanisme, article L125-6 du Code des assurances).

Les prescriptions sur les projets et les mesures obligatoires portant sur les biens existants peuvent être d'ordre individuel ou collectif. En règle générale :

- les prescriptions ou mesures obligatoires individuelles s'appliquent à des projets dont la mise en sécurité peut se faire à partir de mesures prises à l'échelle de la parcelle (pas besoin d'intervenir au-delà de la parcelle du projet) ;
- les prescriptions ou mesures obligatoires collectives s'appliquent lorsque les mesures à prendre dépassent le cadre de la parcelle, comme la protection d'un quartier entier, la surveillance d'un secteur, ou parce qu'elles s'appliquent à des infrastructures de grande échelle telles que des réseaux, etc. ;
- les mesures obligatoires sont assorties d'un délai maximal de mise en œuvre ;

- les prescriptions portant sur les projets sont à appliquer au moment de la réalisation des projets : réalisation des études techniques demandées avant le dépôt des demandes d'autorisation d'urbanisme de sorte que les projets soient adaptés aux aléas présents, respect des directives techniques fixées par les études et des autres prescriptions techniques du règlement durant la réalisation des travaux, etc.

Des recommandations peuvent également être formulées par le règlement. Il s'agit alors de mesures de bon sens dont la mise en œuvre n'est pas obligatoire. Il est uniquement fortement conseillé de les respecter.

Les prescriptions portant sur les projets peuvent être d'ordre constructif ou d'urbanisme. La mise en œuvre des dispositions constructives relève de la seule responsabilité des maîtres d'ouvrages. Les études techniques préalables qui sont imposées par le règlement sont destinées à adapter les projets au contexte géotechnique en présence, afin de s'installer en toute sécurité (sur la base des connaissances de terrain jusqu'alors acquises). Une attestation certifiant la conformité des études demandées et l'engagement du maître d'ouvrage à respecter les directives définies par ces études sont à joindre aux demandes d'autorisation de projet.

Les mesures obligatoires individuelles sont à la charge des propriétaires des biens.

Les mesures obligatoires collectives (dispositions nécessitant des investigations et / ou des surveillances et / ou un entretien périodique) sont à la charge des collectivités ou des gestionnaires de réseaux. Elles sont de nature très variée (contrôles et suivis périodiques de sites à risque : surveillance des falaises côtières, diagnostic et suivi du bâti fissuré, contrôles périodiques des réseaux humides, mesure d'information sur le risque par implantation de panneaux).

Les mesures obligatoires permettent de prévenir et de limiter la probabilité d'apparition des mouvements de terrain, et / ou leur intensité, donc de limiter les risques induits.

IV.1.3 Nature des mesures de prévention et de protection

Les dispositions réglementaires dépendent de la nature et de l'intensité des phénomènes générant l'aléa, de la nature des enjeux et de leur vulnérabilité vis-à-vis des phénomènes – c'est-à-dire du risque – et des objectifs d'aménagement et de gestion du territoire.

Les paragraphes suivants présentent les **principes** et les grandes lignes des mesures réglementaires liés aux divers phénomènes pris en compte par le PPR. Dans la pratique, il convient de se référer au règlement spécifique de la zone dans laquelle se trouve le projet à instruire pour l'application du PPR.

IV.1.4 Mesures générales de prévention

- Pour limiter le risque au sein des zones les plus exposées aux mouvements de terrain, la création d'*établissements sensibles* est proscrite en zone rouge « R » et au niveau de certaines zones bleues (voir le règlement).

- L'eau joue un rôle essentiel dans l'apparition et le développement des mouvements de terrain. Toute infiltration en zone sensible doit être évitée. Il s'agit notamment :
  - de contrôler les réseaux de collecte et d'adduction d'eau pour éviter les fuites.
  - d'adapter la gestion des eaux pluviales en zone rouge « R » et en zone bleue « B » (interdiction des infiltrations d'eau concentrées dans le sol, maîtrise des rejets d'eau). ;
  - d'adapter la gestion des eaux usées en zone rouge « R » et en zone bleue « B » (interdiction des dispositifs d'assainissement individuel avec solution d'infiltration) ;

  La gestion des rejets d'eaux pluviales et usées peut se heurter à des difficultés techniques. En dernier recours, sans autre solution possible, un rejet non concentré des eaux pluviales peut être

admis à la surface des terrains ou à très faible profondeur par le biais de drains superficiels (frange superficielle de terre végétale). Cette solution d'infiltration devra être définie par une étude spécifique qui précisera la faisabilité d'un tel système, au regard du sous-sol, et toutes les modalités de sa réalisation.

IV.1.5 Mesures géotechniques spécifiques aux risques induits par les mouvements de terrain

L'intensité que peuvent atteindre les phénomènes de mouvements de terrain implique que les zones concernées soient très strictement réglementées.

La mesure la plus restrictive porte sur l'interdiction de projet en présence de risque fort, sauf en zone rouge RF3b (voir § IV.1.6 point « zone rouge RF3b).

Lorsque qu'un projet est autorisé, les principales mesures à mettre en œuvre portent sur son adaptation au contexte du sous-sol (renforcement des fondations et des structures, fondations spéciales, création de radiers, gestion des rejets d'eau, etc.).

L'adaptation des aménagements doit impérativement s'appuyer sur des études techniques détaillées en lien avec la nature des phénomènes identifiés (investigations pour confirmer ou infirmer la présence de cavités, investigations pour déterminer la stabilité d'un terrain situé sur un versant, investigations face à la présence de sol compressible, etc.), ainsi qu'avec le projet lui-même (renforcement des structures par exemple).

Face aux mouvements de terrain à composante verticale (terrain décomprimé, sol compressible, secteur exposé au karst et à la suffosion), un traitement du sol par injection, en vue de son compactage, et / ou la réalisation de fondations spéciales (micropieux par exemple) peuvent être proposés par les études géotechniques prescrites. Dans tous les cas de figure, les études techniques devront tenir compte de l'incidence des solutions proposées sur l'activité hydrogéologique et certifier que les écoulements souterrains ne seront pas gravement perturbés, déviés, bloqués avec mise en charge, etc.

Une attention très particulière devra notamment être portée aux circulations souterraines de l'Aure et à ses résurgences dans le port de Port-en-Bessin. Les écoulements souterrains ne doivent en aucun cas être impactés par des injections de coulis, ou de tout autre produit, qui pourraient pénétrer dans les conduits karstiques et les colmater. Les écoulements souterrains doivent être préservés et conservés tel qu'ils existent avant travaux. Toute fondation dans le substratum calcaire, pouvant recouper des conduits karstiques, devra donc être réalisée dans des conditions de parfaite étanchéité vis-à vis du milieu les accueillant, afin d'éviter toute fuite de produit.

De plus, certains produits injectés pour compacter le sol peuvent développer de fortes pressions et conduire à des déformations de terrain. C'est notamment le cas des matériaux expansifs telles que les résines. Sous l'effet de leur expansion et des pressions associées, ces produits peuvent entraîner des dégâts sur les réseaux enterrés, en déformant des canalisations par exemple, ce qui peut provoquer des fuites, voire des ruptures. Ils peuvent également impacter les aménagements de surface en exerçant des pressions sur les fondations des constructions et sous les infrastructures de voirie. Le bâti léger, telles que des murs de clôture et de petites constructions, peut alors se fissurer et le profilage des voiries peut se déformer.

Les études géotechniques proposant ce type de solution d'injection pour conforter le sol devront tenir compte de cet autre aspect, en plus des conséquences hydrogéologiques, en analysant finement la situation de chaque projet et leur environnement.

Ajoutons que cette mise en garde est fondée sur un cas concret constaté par la mairie de Port-en-Bessin - Huppain lors de travaux de confortement à proximité du Quai Letourneur. Une partie du trottoir du Quai Letourneur s'est soulevé de quelques centimètres sous l'effet de la pression développée par un produit expansif injecté dans le sol.

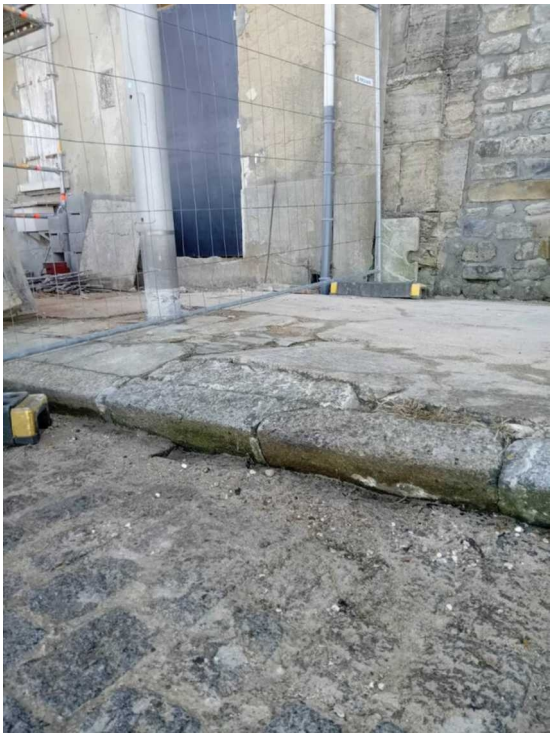


Figure 60: soulèvement de quelques centimètres du trottoir du Quai Letourneur lors de travaux d'injection dans le sol.

IV.1.6 Principes de traduction réglementaire retenus pour chaque zone

La traduction réglementaire des aléas tient compte de critères liés aux phénomènes naturels (actifs et potentiels) ainsi qu'au contexte urbain et humain du territoire (organisation et développement actuel du territoire) avant la réalisation du PPR. Les principes de traduction réglementaire retenus cherchent à concilier au mieux, dans la mesure du possible et dans les meilleures conditions de sécurité possibles, le développement futur du territoire et les phénomènes naturels identifiés.
L'application de ces principes conduit à une traduction réglementaire différente pour un même type d'aléa (même phénomène et même niveau d'importance) selon les conditions urbaines et humaines présentes.

- **Zone rouge RP** : elle traduit réglementairement les phénomènes de chutes de blocs qui touchent le littoral. L'aléa est toujours fort et il se manifeste uniquement en zone naturelle dépourvue d'enjeux. Ce type de phénomène est généralement très destructeur lorsqu'il se manifeste. Les techniques de protection nécessitent des travaux importants (constructions d'ouvrages pare-blocs, etc.) sans garantie absolue de sécurité. Il est incompatible avec toute nouvelle urbanisation.
- **Zone rouge RG :** elle traduit réglementairement les zones d'aléa fort quelle que soit l'occupation du sol, ainsi que les zones d'aléa moyen non urbanisées. Elle correspond à des phénomènes importants et potentiellement très destructeurs contre lesquels des moyens conséquents, en termes de technicité et de superficie de terrain à traiter (traitement à l'échelle du versant, donc bien au-delà du cadre de la parcelle), sont nécessaires pour se protéger. Les mesures de protection à mettre en œuvre face aux phénomènes pourraient s'avérer démesurées et il n'est pas souhaitable de créer de nouvelles zones vulnérables aux glissements de terrain et ainsi d'avoir à gérer de nouvelles situations de crise. Par conséquent, cette zone est jugée incompatible avec toute nouvelle urbanisation. Y sont cependant autorisés des travaux et projets limités n'augmentant pas la vulnérabilité et permettant au bâti existant de perdurer.

- **Zone rouge RF3a :** elle traduit réglementairement l'aléa fort d'effondrement de cavité souterraine lié au karst connu. Elle s'affiche au droit de cavités identifiées et localisées qui peuvent évoluer sans signe précurseur détectable depuis la surface. Des effondrements se sont déjà produits au droit du karst avec pour conséquence la formation de fontis (virage d'Escures dans les années 1930 notamment). Les mesures de protection à prendre face au karst demandent de lourds moyens d'investigation et de confortement qui peuvent dépasser largement le cadre de la parcelle individuelle, ce qui est incompatible avec tout nouveau développement urbain. De plus, le karst doit être impérativement conservé, car il constitue l'exutoire de la rivière l'Aure. Y sont cependant autorisés des travaux et projets limités n'augmentant pas la vulnérabilité et permettant au bâti existant de perdurer. À la différence de la zone RG, les extensions limitées des biens existants sont autorisées. Cette différence se justifie par le caractère moins étendu, en termes de superficie, de l'impact des phénomènes d'effondrements de cavités souterraine (fontis généralement de quelques mètres de diamètre ayant un impact plutôt localisé donc moins destructeur vis-à-vis du bâti) par rapport aux glissements de terrain qui peuvent affecter de plus larges superficies de terrain.
- **Zone rouge RF2a :** elle traduit réglementairement l'aléa moyen d'effondrement de cavité souterraine en grande partie dû au karst (ramifications possibles du karst). Cette zone est affichée uniquement en zone non bâtie. Elle enveloppe l'aléa fort d'effondrement du karst identifié et englobe un vaste secteur où de petits effondrements localisés et dispersés se sont déjà produits et où des anomalies souterraines ont déjà été détectées par des études géophysiques. Il convient de conserver ces secteurs libres de toute nouvelle urbanisation afin de ne pas créer de nouvelles zones vulnérables aux effondrements de cavités souterraines. S'agissant d'une présence d'aléa moyen, la construction de bâtiments agricoles et forestiers y est toutefois autorisée sous certaines conditions afin de permettre le maintien d'activités rurales sans interférer dans leur organisation. Les ateliers et bâtiments de stockage nécessaires à l'activité économique existante liée au port sont également autorisés. De même, les créations d'aires de camping et de caravaning sont permises, car elles sont considérées comme étant des installations mobiles légères non permanentes. Leur présence est jugée compatible avec l'aléa présent, car leur impact est quasiment négligeable et elles n'entraînent pas d'augmentation de vulnérabilité.
- **Zone rouge RF2b :** elle traduit réglementairement l'aléa moyen d'effondrement de cavité souterraine en partie lié à la présence suspectée de sol compressible. Cette zone est affichée en zone non urbanisée. La présence de sol compressible nécessite des mesures techniques complexes pour se protéger (fondations spéciales notamment) et une mise en œuvre soignée et réfléchie pour, notamment, ne pas modifier l'état naturel du sous-sol (modification des circulations d'eau souterraines notamment). Il convient de conserver ces secteurs libres de toute nouvelle urbanisation afin de ne pas créer de nouvelles zones vulnérables aux mouvements de terrain et préserver l'état naturel du sous-sol. S'agissant d'une présence d'aléa moyen, la construction de bâtiments agricoles et forestiers y est toutefois autorisée sous certaines conditions afin de permettre le maintien d'activités rurales sans interférer dans leur organisation. Les ateliers et bâtiments de stockage nécessaires à l'activité économique existante liée au port sont également autorisés. De même, les créations d'aires de camping et de caravaning sont permises, car elles sont considérées comme étant des installations mobiles légères non permanentes. Leur présence est jugée compatible avec l'aléa présent car leur impact est quasiment négligeable et elles n'entraînent pas d'augmentation de vulnérabilité.
- **Zone rouge RF3b :** elle traduit réglementairement l'aléa fort d'effondrement de cavité souterraine en centre-ville ancien. Elle est en partie liée à la présence de sol compressible. Cette zone RF3b est plus permissive que les autres zones rouges en autorisant certains projets de construction (extensions limitées de biens existants, démolition/reconstruction de biens existants). En effet, la zone RF3b est localisée au sein d'un cœur de ville, concerné par un contexte particulier de bâti dense existant. Le zonage réglementaire se doit d'en tenir compte par nécessité, afin de permettre autant que possible :
  - un maintien du centre urbain sans grave perturbation de son organisation ni défiguration de celui-ci.
  - des projets de renouvellement urbain ou de remplacement de bâti vétuste.

De plus, contrairement aux phénomènes de glissements de terrains (RG), chutes de blocs (RP) ou effondrement lié à la présence de galeries karstiques (RF3a et RF2a), des techniques de protection et de confortement face à l'aléa présent en zone RF3b peuvent être appliquées à l'échelle de la parcelle, au droit des bâtiments. Il est toutefois précisé que la présence de sol compressible nécessite des mesures techniques complexes (fondations spéciales notamment) et une mise en œuvre soignée et réfléchie pour ne pas modifier l'état naturel du sous-sol (modification des circulations d'eau souterraines notamment).

Pour les mêmes raisons qu'évoquées ci-dessus, la reconstruction des biens sinistrés par un sinistre lié aux phénomènes de mouvements de terrains réglementés par le PPR est autorisée en zone rouge RF3b et en zone bleue BFb2, alors que cela est interdit pour les autres zones réglementaires. Le caractère « urbain dense » de ces zones réglementaires et les techniques de construction applicables à l'échelle de la parcelle pour parer les phénomènes de mouvements de terrain justifient cette autorisation.

- **Zones bleues BG2, BF2a et BF2b :** elles traduisent réglementairement les aléas moyen de glissement de terrain (BG2), d'effondrement de cavité souterraine en grande partie lié au karst (BF2a) et d'effondrement en grande partie lié à la présence de sol compressible (BF2b). A la différence des mêmes aléas moyens de mouvements de terrain, classés par ailleurs en zones rouges, ces zones sont affichées au niveau de secteurs déjà urbanisés ou en passe de l'être, car des projets de construction sont déjà définis avec accord administratif. Ces zones bleues sont identifiées sur l'emprise stricte de l'urbanisation existante ou des projets futurs déjà accordés. Elles permettent un développement « intra-muros » de l'urbanisation existante tel que la construction des « dents creuses » et tout projet de renouvellement urbain. Ces zones sont également définies en sachant que des solutions individuelles de protection et de confortement sont possibles à l'échelle de la parcelle pour prévenir le risque. Des restrictions subsistent toutefois vis-à-vis de certains projets. La construction de nouveaux ERP est notamment interdite en zone BG2 et BF2a car ces établissements sont jugés incompatibles avec les types d'aléa présents, du fait notamment des moyens qui seraient à mettre en œuvre en cas de gestion de crise.

  Pour les mêmes raisons qu'évoquées ci-dessus pour les zones rouges RF3b, la reconstruction des biens sinistrés par un effondrement de cavité souterraine est autorisée en zone bleue BFb2 (et en zone rouge RF3b), alors que cela est interdit pour les autres zones réglementaires. Le caractère « urbain dense » de ces zones réglementaires et les techniques de construction applicables à l'échelle de la parcelle pour parer les phénomènes de mouvements de terrain permettent cette autorisation.

- **Zones bleues BG1, BF1a et BF1b :** elles traduisent réglementairement les aléas faible de glissement de terrain (BG1), d'effondrement de cavité souterraine en partie lié à la présence de karst (BF1a) et d'effondrement en partie lié à la présence de sol compressible (BF1b). Ces types d'aléas représentent des phénomènes de faible probabilité d'apparition et / ou de faible intensité. Ils sont compatibles avec un développement de l'urbanisation du fait de leur faible importance. De plus il est possible de s'en protéger à l'aide de techniques relativement abordables. Des mesures de protection et de confortement à l'échelle de la parcelle suffisent pour les prévenir.

Outre les différences relatives aux projets et travaux autorisés dans les zones définies par le règlement, les prescriptions techniques à respecter diffèrent également d'une zone à une autre, selon l'aléa présent. À titre d'exemple, les solutions de renforcement du sol (compactage du sol par injection) sont réglementées dans certaines zones du PPR (et peuvent être interdites dans certains cas particuliers) afin notamment de prévenir tout risque de colmatage de galeries karstiques et tout impact sur les circulations d'eaux souterraines.

Concernant les mesures obligatoires, à mettre en œuvre sur les biens existants :

- les mesures portant sur la gestion de l'eau (suppression des dispositifs d'infiltration dans le sol, contrôle de l'étanchéité des réseaux) concernent toutes les zones réglementées du PPR. En effet, l'eau joue un rôle essentiel dans l'apparition et le développement des mouvements de terrain. Toute infiltration en zone d'aléa doit être évitée ;

- la réalisation d'une étude de dangers pour les gestionnaires de certains ERP concernent les zones réglementées du PPR correspondant aux aléas moyen et fort. Ces études permettent d'améliorer la sécurité des occupants de cess établissements.
- les autres mesures sont plus localisées, car elles répondent chacune à un contexte spécifique en termes d'aléas et/ou d'enjeux. À titre d'exemple, un diagnostic et une surveillance du bâti sont prescrits pour les zones RF3b et BF2b, au sein de laquelle des habitations sont vétustes et affectées par des désordres (fissures, maisons qui s'affaissent, apparition de cavités) probablement associés aux mouvements de terrain identifiés dans le centre-ville de Port-en-Bessin.

IV.2 Bases légales des mesures réglementaires

Outre les pièces constitutives d'un PPRN énoncées par l'article R562-3 du Code de l'environnement (voir § I.1 page 8), les articles R562-4 et R562-5 du code de l'environnement fixent les bases légales des mesures réglementaires.

Article R562-4

I. - En application du 3° du II de l'article L 562-1, le plan peut notamment :

1° Définir des règles relatives aux réseaux et infrastructures publics desservant son secteur d'application et visant à faciliter les éventuelles mesures d'évacuation ou l'intervention des secours ;

2° Prescrire aux particuliers ou à leurs groupements la réalisation de travaux contribuant à la prévention des risques et leur confier la gestion de dispositifs de prévention des risques ou d'intervention en cas de survenance des phénomènes considérés ;

3° Subordonner la réalisation de constructions ou d'aménagements nouveaux à la constitution d'associations syndicales chargées de certains travaux nécessaires à la prévention des risques, notamment l'entretien des espaces et, le cas échéant, la réalisation ou l'acquisition, la gestion et le maintien en condition d'ouvrages ou de matériels.

II. - Le plan indique si la réalisation de ces mesures est rendue obligatoire et, si elle l'est, dans quel délai.

Article R562-5

I. - En application du 4° du II de l'article L 562-1, pour les constructions, les ouvrages ou les espaces mis en culture ou plantés, existant à sa date d'approbation, le plan peut définir des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.

Toutefois, le plan ne peut pas interdire les travaux d'entretien et de gestion courants des bâtiments implantés antérieurement à l'approbation du plan ou, le cas échéant, à la publication de l'arrêté mentionné à l'article R562-6, notamment les aménagements internes, les traitements de façade et la réfection des toitures, sauf s'ils augmentent les risques ou en créent de nouveaux, ou conduisent à une augmentation de la population exposée.

II. - Les mesures prévues au I peuvent être rendues obligatoires dans un délai de cinq ans pouvant être réduit en cas d'urgence.

III. - En outre, les travaux de prévention imposés à des biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme avant l'approbation du plan et mis à la charge des propriétaires, exploitants ou utilisateurs ne peuvent porter que sur des aménagements limités dont le coût est inférieur à 10 % de la valeur vénale ou estimée du bien à la date d'approbation du plan.

V. Bibliographie

1. Dossier spéléologie du Comité Régional de Spéléologie de Normandie
2. Dossier du Professeur Claude Pareyn
3. Groupe scolaire et zone pavillonnaire Port-en-Bessin-Huppain et Commes - reconnaissance de sols par microgravimétrie et sondages mécaniques destructifs - Compagnie de Prospection Géophysique Française - décembre 1981
4. Le glissement de terrain de la falaise du Bouffay près de Port-en-Bessin le 5 août 1981 - Olivier Maquaire
5. Etude du glissement du Bouffay, réflexion en vue de la prévision et de la prévention - O. Maquaire, P. Gigot, JL. Ballais
6. Reconnaissance par sismique réfraction de la décompression et de l'instabilité des falaises vives du Bessin - Olivier Maquaire, Patrick Gigot - 1988
7. Risques liés aux phénomènes karstiques - affaire 7605/0 - CETE - janvier 1992
8. Reconnaissance par géophysique d'un réseau karstique à Port en Bessin - BRGM - décembre 1997
9. Port-en-Bessin-Huppain risques naturels mouvements de terrain - CETE Normandie-Centre - mars 1998
10. Expertise procédure de péril imminent commune de Port-en-Bessin - Laurent Bousquet - mai 2011
11. Propriété de M. Collin 13, quai Letourneur - ICEBA - 30 mai 2006
12. Fissuration affectant une habitation, hameau d'Escures, commune de Commes Calvados - BRGM - novembre 2006
13. Expertise d'un glissement de terrain à Port-en-Bessin-Huppain entre les rues Torteron et du Phare - CETE - 19 septembre 2006
14. Monsieur MARIE Maurice maison individuelle expertise géotechnique - Technosol - 25 février 2008
15. Sinistres divers sur la commune de Port-en-Bessin-Huppain - BRGM - juin 2008
16. Diagnostic géotechnique rue de la Mer - Normandie expertises - janvier 2011
17. Projet de 25 maisons chemin de l'Artillerie - Fondouest - 4 octobre 2006
18. Etude géotechnique de conception – Mission G2 – Phase Avant-Projet AVP – Fondouest – 24 septembre 2014
19. Aménagement du lotissement « Les Châteaux » - étude géotechnique préalable – Fondouest – 22 janvier 2021
20. Etude du sentier littoral 14 entre Saint-Côme de Fresné et Grandcamp-Maisy – Qualification des mouvements de terrain - CETE Normandie-Centre - janvier 2013
21. Maisons de M. Queguiner et de M. Fouqère 1 & 3 rue Traversière – rapport d'étude – TECHNOSOL – 6 février 2013
22. Création d'une voie verte – Stabilité de falaise – Littoral du Bessin : Sainte-Honorine des Pertes – Mission G5 : Phase I – Indice 3 – Hydrogéotechnique – 13 février 2013

23. Création d'une voie verte – Stabilité de falaise – Littoral du Bessin : Grandcamp-Maisy à Arromanches – Mission G5 : Phase II – Indice 3 – Hydrogéotechnique – 12 avril 2013
24. Projet d'extension de l'Hôtel – Restaurant La Chenevière, Escure – RD 5, Commes – FONDOUEST – 10/10/2013
25. Etude géophysique – Chemin de la Maladrerie – Pont-en-Bessin – Propriété Roussel – EMTEA Ingénierie – 27 juin 2016
26. Rapport d'étude géotechnique – Sentier du littoral secteur Tour Vauban – Mont Castel – Hydrogeotechnique – 10/06/2021
27. Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département du Calvados – BRGM – mars 2008
28. Scan 25 de la zone d'étude – IGN ;
29. Orthophotoplans de la zone d'étude ;
30. Lidar Litho 3D
31. RGE Alti 1M (IGN)
32. Cadastres des communes ;
33. Documents d'urbanisme des communes ;
34. Carte géologique au 1/50 000 Grandcamp-Maisy feuille 95– BRGM ;
35. www.bdcavite.net/
36. www.brgm.fr/
37. www.infoterre.brgm.fr
38. www.geoportail.fr
39. Google earth
40. www.georisques.gouv.fr

VI.Annexe 1 photographies

À titre d'illustration, ces quelques extraits de photographies aériennes anciennes soulignent des mouvements de terrain significatifs le long du trait de côte.

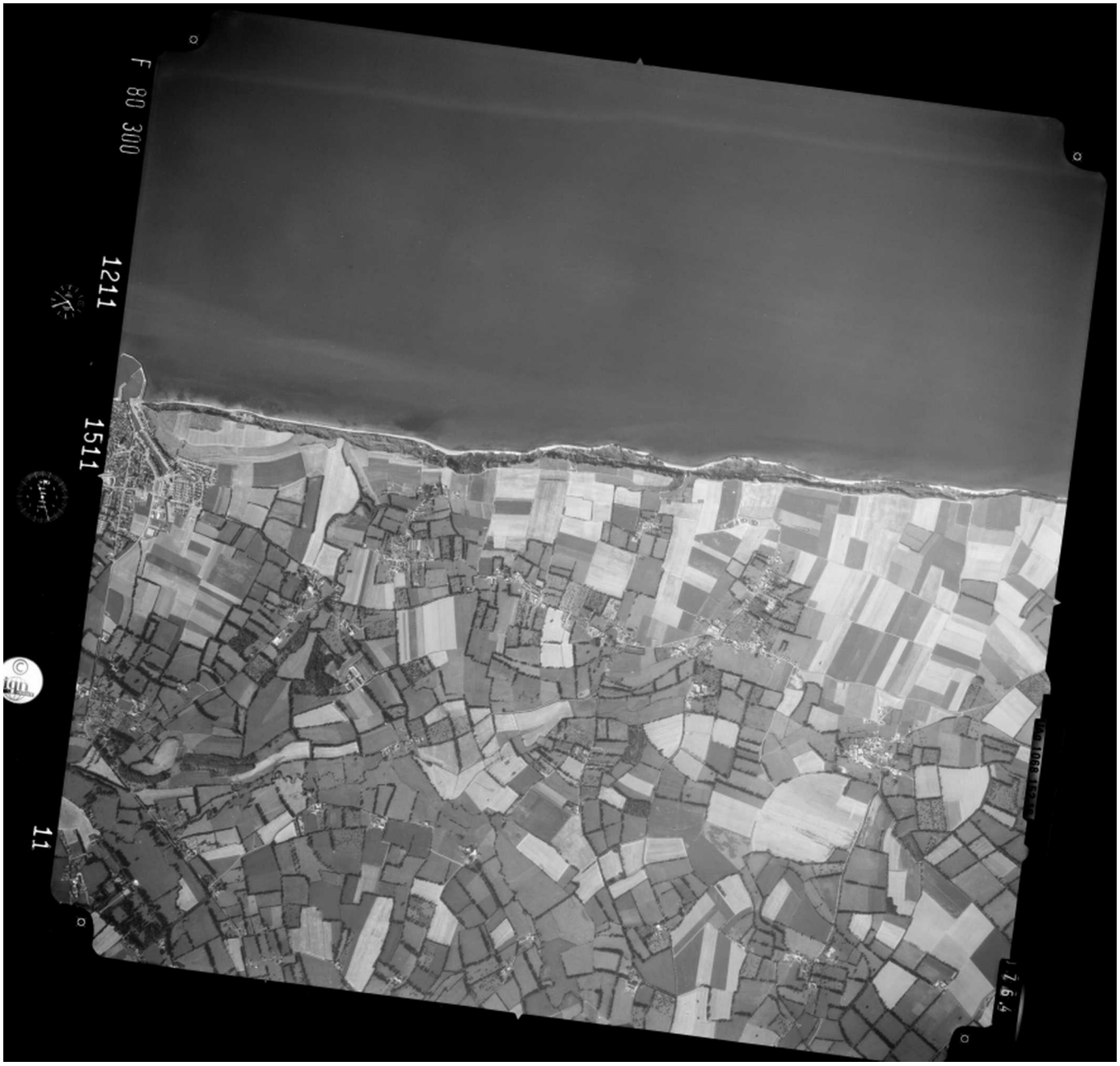
Photographie aérienne de 1964 :



Photographie aérienne de 1964 ; zoom sur des traces de mouvements de terrain de la côte (Mont-Castel) :



Photographie aérienne de 1980 :



Photographie aérienne de 1980 ; zoom sur des traces de mouvements de terrain de la côte (Mont-Castel) :



VII. Annexe 2 : analyse du trait de côte

L'analyse de l'évolution du trait de côte a été réalisé à partir des orthophotoplans des années 1947, 1955, 1971, 1980, 2000, 2012 et 2020. Ces missions aériennes ont été sélectionnées en fonction de la qualité d'observation du trait de côte qu'elles offrent.

Le trait de côte a été analysé à l'aide du logiciel Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.1 de USDS (U.S. Geological Survey).

Les paramètres analysés sont :

- Le déplacement net du trait de côte (DNTC) qui correspond à la distance entre le trait de côte le plus ancien et le trait de côte le plus récent.
- Le taux de recul du trait de côte (TRTC) qui correspond à la distance entre le trait de côte le plus ancien et le trait de côte le plus récent rapporté à la période d'observation.

Ces paramètres ont été déterminés tous les 10 mètres selon des transects représentés perpendiculaires à la côte (profils de mesure perpendiculaires à la côte).

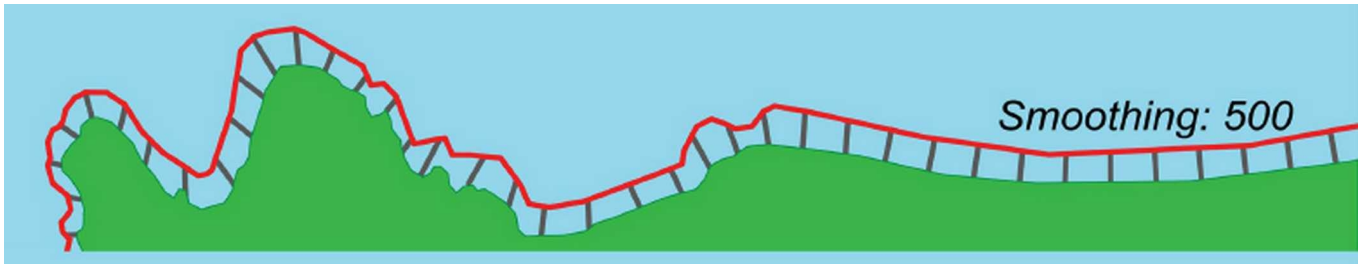


Figure 61: exemple de répartition des transects de mesure d'évolution du trait de côte répartis perpendiculairement à la côte (espacement de 10 mètres dans notre cas).

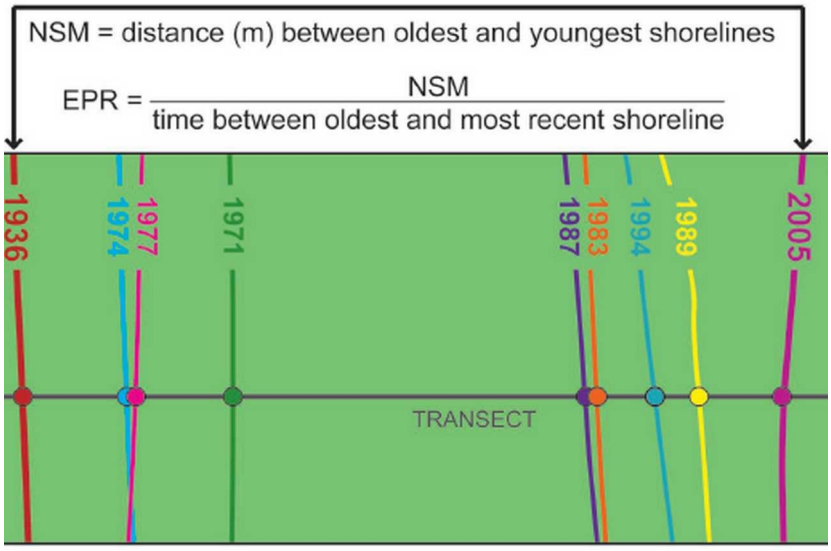


Figure 62: exemple de distance entre le trait de côte le plus ancien et le trait de côte le plus récent (NSM) et rapport avec la période d'observation (EPR).

Les mesures ainsi effectuées ont permis de déterminer un taux annuel de régression de trait de côte de 10 centimètres.

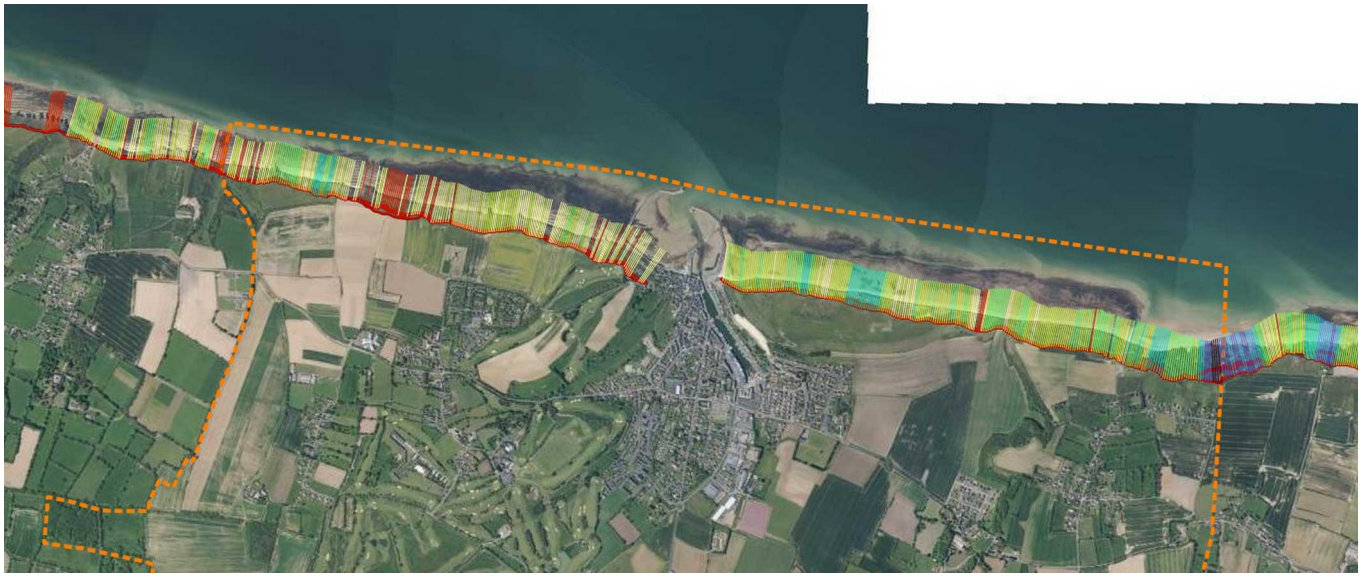


Figure 63: représentation des transects appliqués à la zone d'étude.

L'identification du trait de côte à différentes périodes a permis d'identifier et de mesurer quelques phénomènes de régression majeurs, dont ceux du Bouffay et du sémaphore de Longues-sur-Mer. Ces phénomènes remarquables sont énumérés ci-dessous :

1. Val des Hachettes – Ouest (rive gauche) : recul de 20,5 m constaté entre 1947 et 2000.
2. Val des Hachettes – Est (rive droite) : recul compris entre 17,5 et 19,5 m entre 1955 et 1971.
3. Les Droues – Ouest : recul de 23 m entre 1971 et 1980.
4. Les Droues – Est : recul de 25 m entre 1971 et 1980.
5. Le Bouffay : recul de 60 m entre 1980 et 2000 (phénomène de 1981).
6. Le Sémaphore de longues-sur-Mer : recul de 55 m entre 1955 et 1971.
7. Nord-Manvieux (commune de Manvieux) : recul compris entre 22 et 25 m entre 2012-2020.

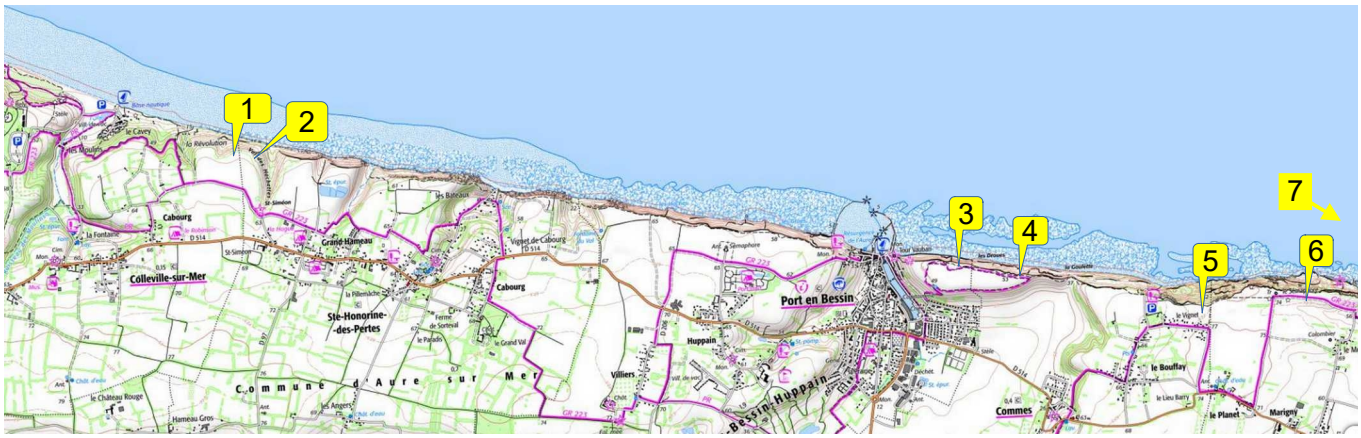


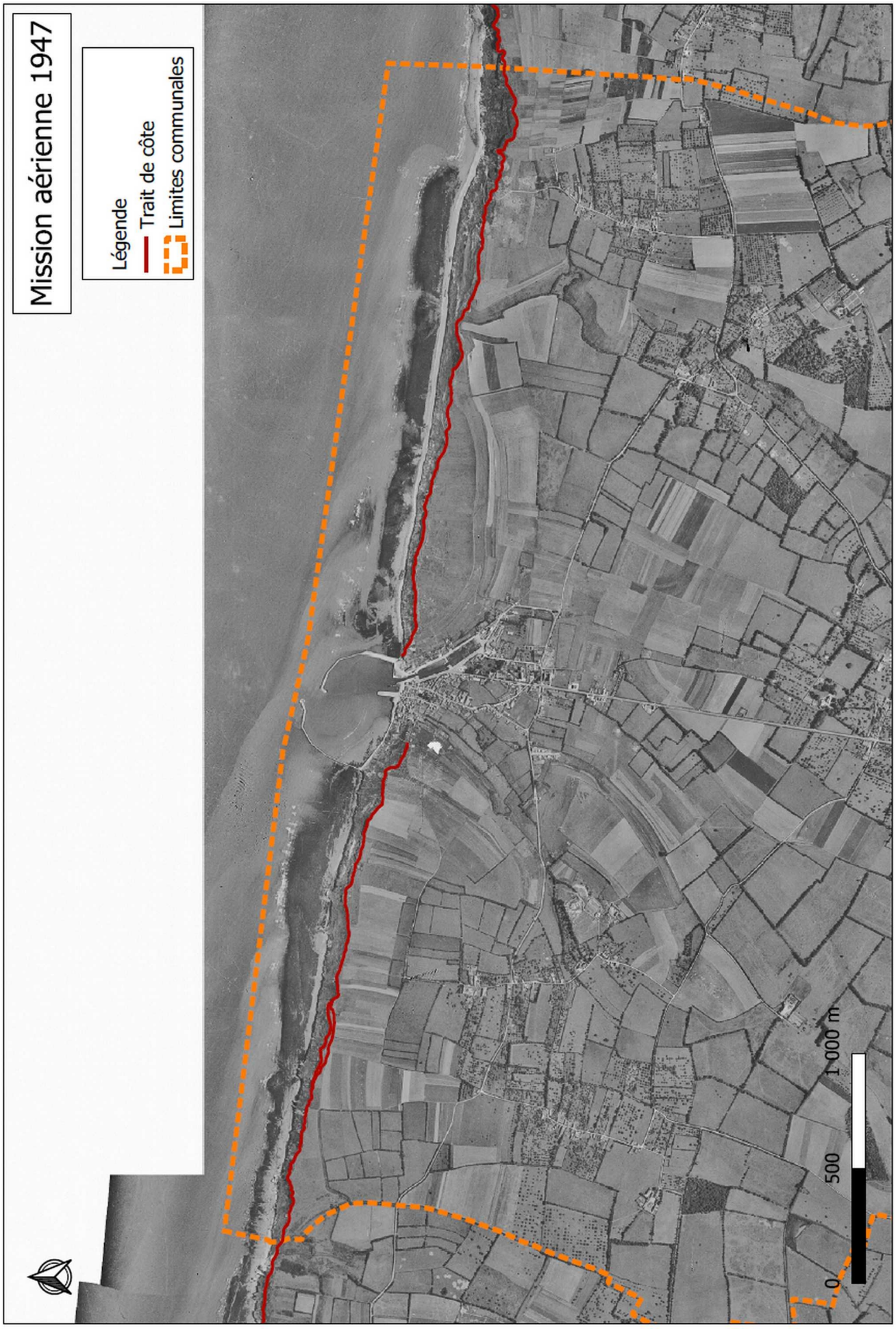
Figure 64: localisation des phénomènes majeurs identifiés.

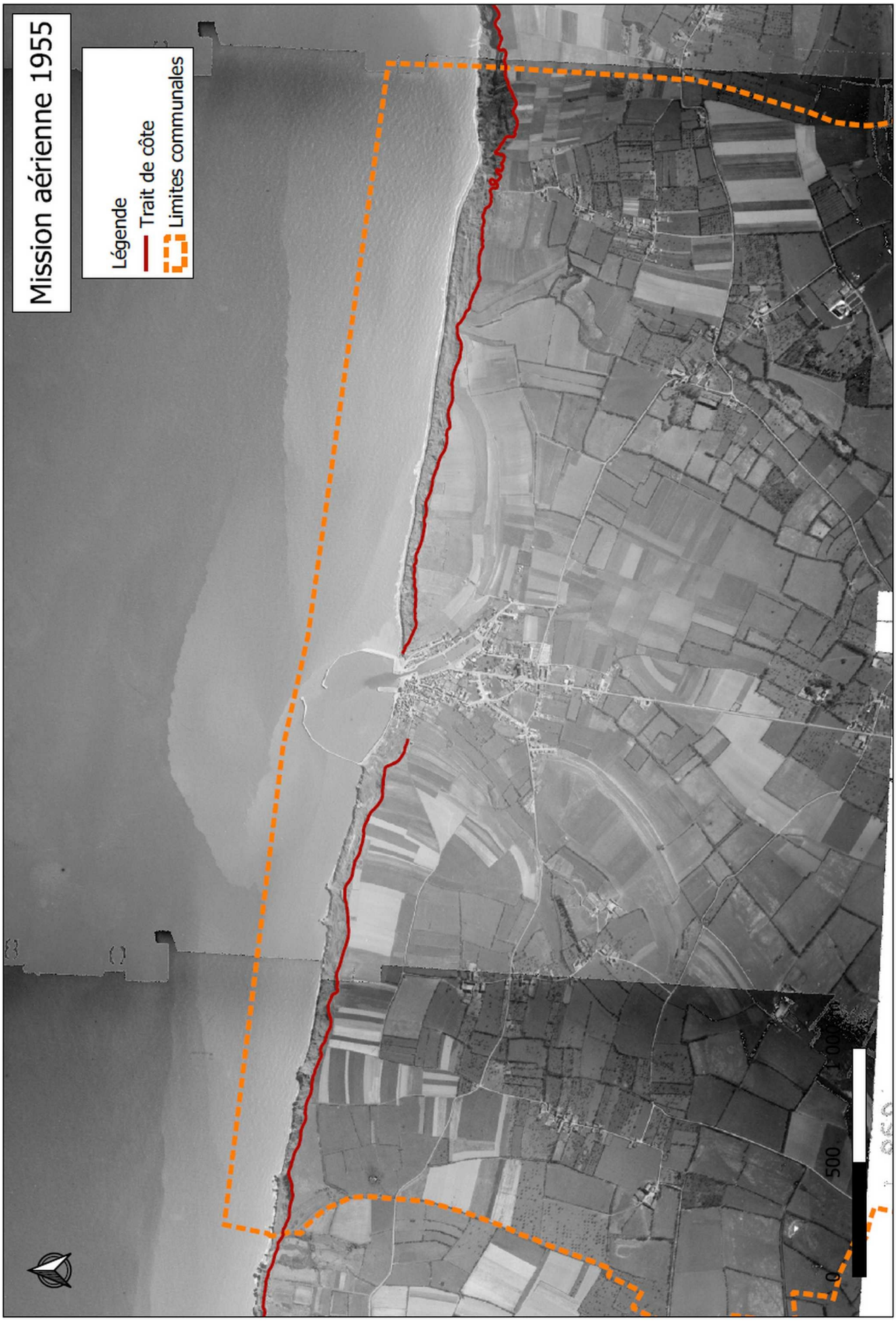


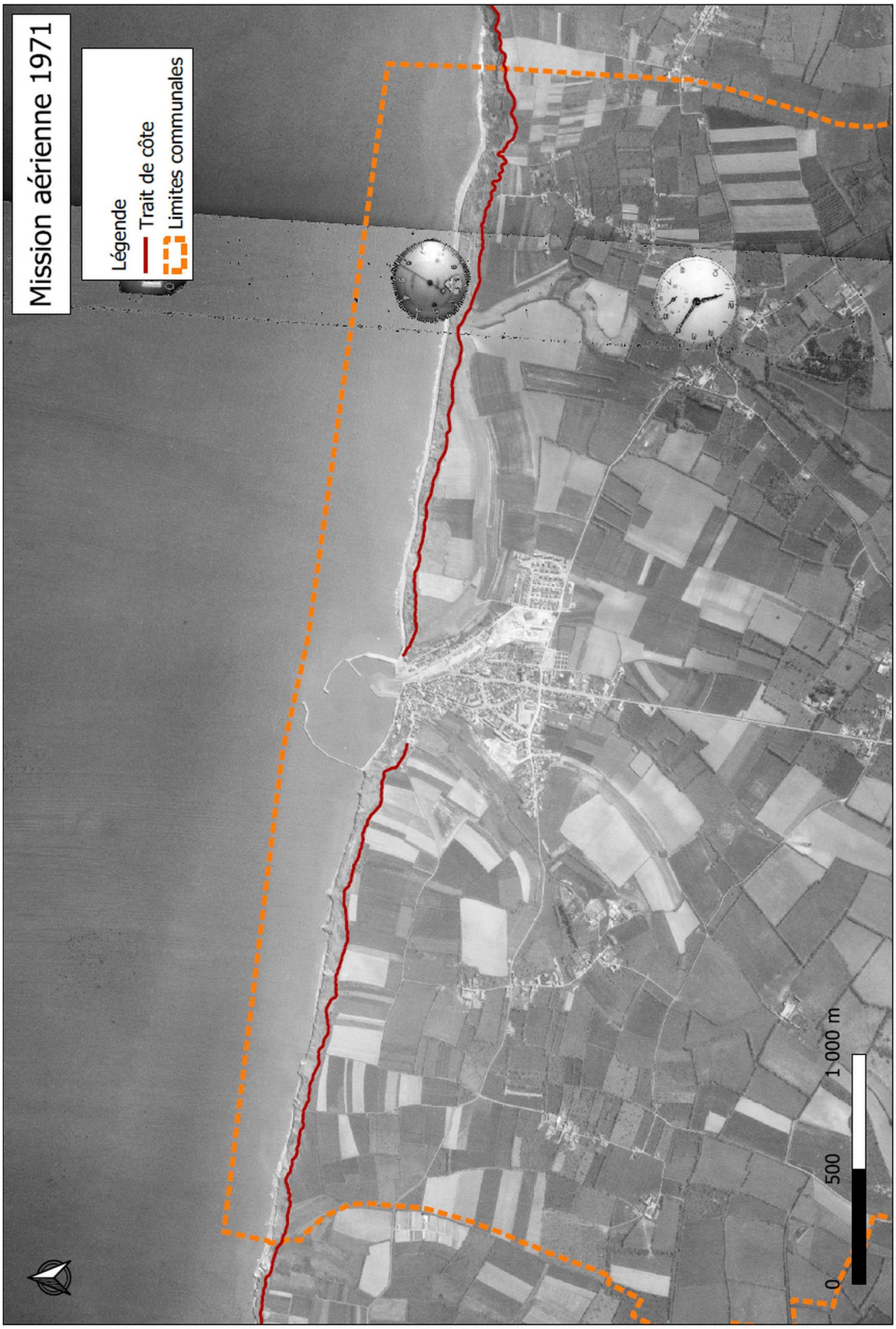
Figure 65: traits de côte issus de l'analyse des photographies aériennes exploitées (extrait centré sur le Mont-Castel). Les lignes rouges soulignent les emplacements respectifs du trait de côte pour chaque mission aérienne analysée.

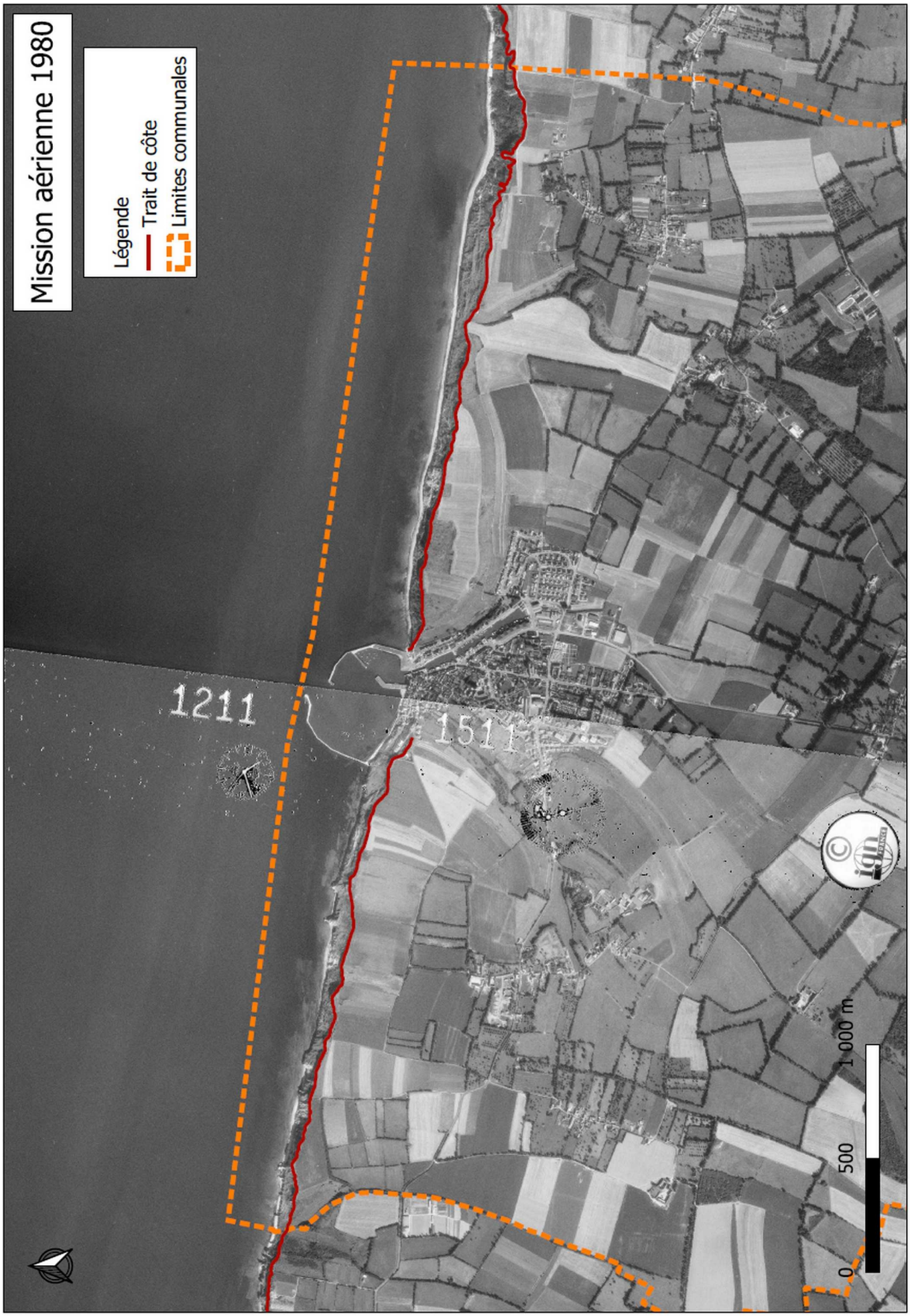


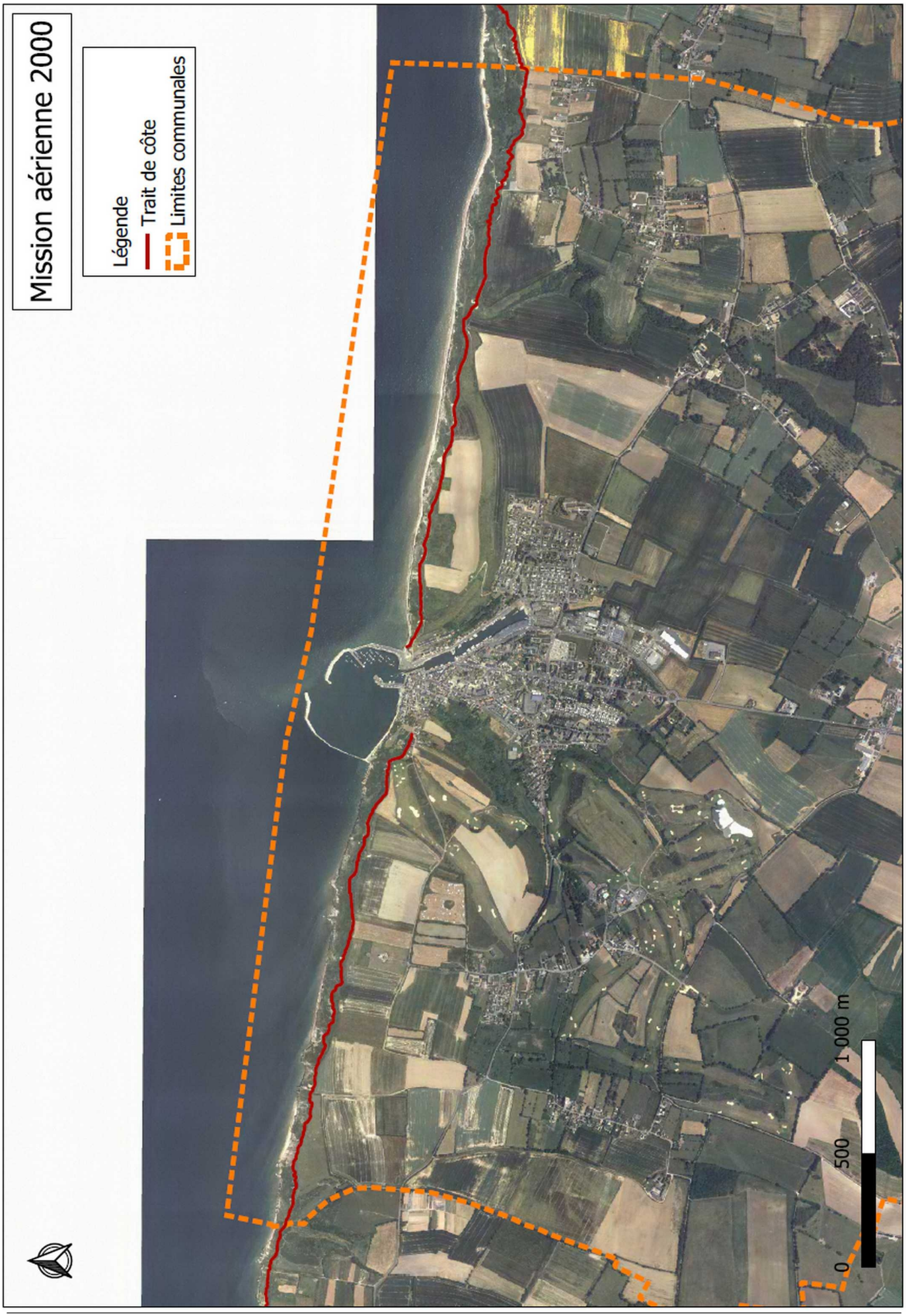
Figure 66: traits de côte issus de l'analyse des photographies aériennes exploitées (extrait centré sur le Bouffay et le sémaphore de Longues-sur-Mer). Les lignes rouges soulignent les emplacements respectifs du trait de côte pour chaque mission aérienne analysée.

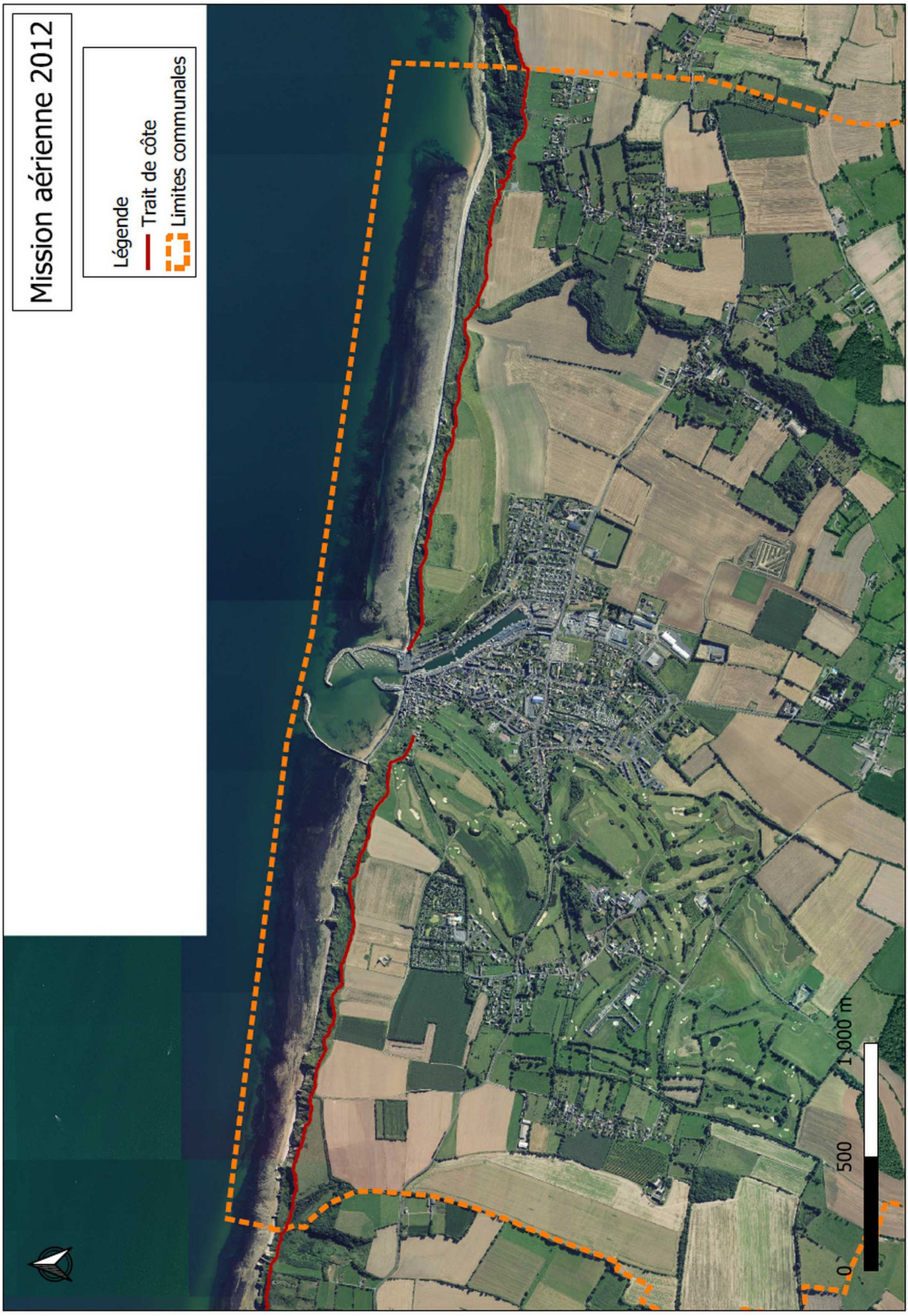

Mission aérienne 1947
Légende
Trait de côte
Limites communales
0
500
1 000 m

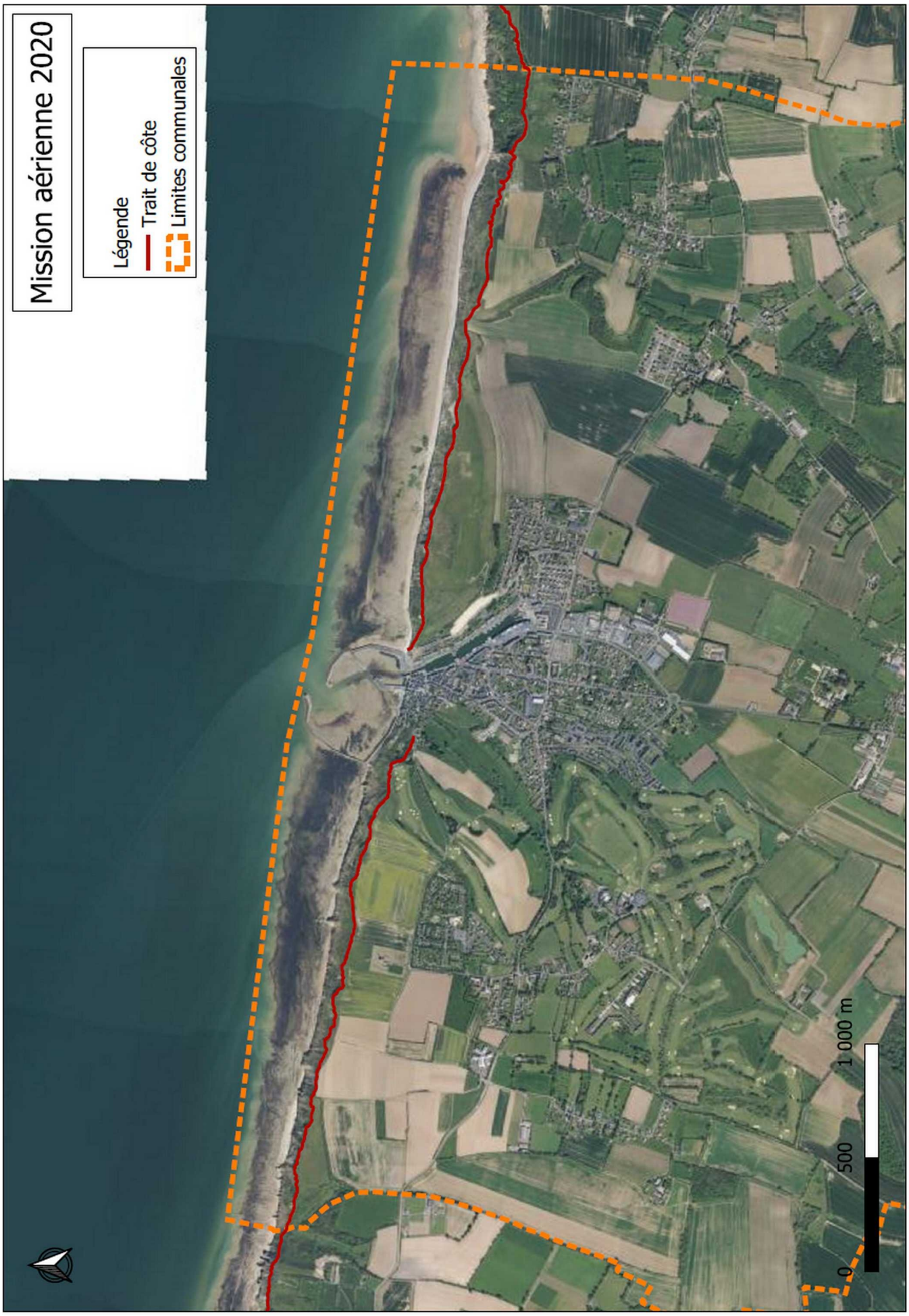

Mission aérienne 1955
Légende
Trait de côte
Limites communales
0
500
1 000


Mission aérienne 1971
Légende
Trait de côte
Limites communales
0
500
1 000 m


Mission aérienne 1980
Légende
Trait de côte
Limites communales
1211
1511
0
500
1 000 m


Mission aérienne 2000
Légende
Trait de côte
Limites communales
0
500
1 000 m


Mission aérienne 2012
Légende
Trait de côte
Limites communales
0
500
1 000 m


Mission aérienne 2020
Légende
Trait de côte
Limites communales
0
500
1 000 m