

Récit climatique

Projet de réserve naturelle régionale des Dunes et paluds bigoudènes

#adaptonaire

©GwennHaDrone

Juillet 2025

● Dans le cadre du projet



● Produit par



Autrice

Emilie Filliâtre – Stagiaire Breizh Natur'Adapt

Relecteurs

Sarah Boillot - Chargée du projet RNR des dunes et paluds bigoudènes – CCPBS / CCHPB

Aurélié Roussel – Responsable du service Environnement – CCHPB

Benjamin Buisson – Responsable du pôle Littoral et biodiversité – CCPBS

Anne-Cerise Tissot – Coordinatrice du projet Breizh Natur'Adapt – ACT

Alain Hénaff – Géomorphologue littoral et risque côtiers – UBO

Guillaume Esteva Kermel – Chargé de la lutte contre les submersions marines – CCPBS

Laureline Negrel – Stagiaire pré-étude HMUC – Ouesco

Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement l'ensemble des personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce récit climatique. Tout d'abord, un grand merci aux autres stagiaires, conservateurs et chargés de mission des réserves du projet Breizh Natur'Adapt, qui ont formé un superbe groupe de travail dynamique et enthousiaste. Je souhaite également remercier la Région Bretagne et la DREAL Bretagne qui ont donné naissance à ce projet, Réserves Naturelles de France pour leur appui, et l'Agence bretonne de la biodiversité et l'Observatoire de l'environnement en Bretagne pour leur soutien technique. Une pensée particulière pour Anne-Cerise Tissot, dont la qualité de la coordination a été déterminante tout au long du projet et à Chloé Chrétien pour son travail de communication, essentiel à la valorisation de cette démarche collective. Ma reconnaissance s'étend également à mes relecteurs. Pour finir, je souhaite remercier vivement les équipes de la CCPBS et de la CCHPB pour leur accueil chaleureux et leur bonne humeur, tout particulièrement Sarah Boillot pour sa bienveillance, sa disponibilité et la qualité de son accompagnement tout au long de ce travail.

Citation de l'ouvrage

FILLIÂTRE E., 2025. Récit climatique - Projet de réserve naturelle régionale des Dunes et paluds bigoudènes. Projet Breizh Natur'Adapt. 65p.

Table des matières

Table des matières	2
Introduction.....	3
Paléoclimats	4
Caractéristiques des données	5
Données passées	5
Données futures	6
Contexte climatique régional	9
Analyse du climat passé, présent et futur de la RNR par indicateurs	11
Indicateur 1 : Température de l'air	12
Indicateur 2 : Régime des précipitations.....	15
Indicateur 3 : Débits des ruisseaux et assecs	17
Indicateur 4 : Niveaux des nappes phréatiques	22
Indicateur 5 : Élévation du niveau marin	24
Indicateur 6 : Vent et houle.....	27
Indicateur 7 : Évènements extrêmes.....	34
Indicateur 8 : Transformations du trait de côte	40
Discussion du récit climatique.....	46
Synthèse climatique	47
Bibliographie.....	50
Sitographie	53
Table des figures.....	54
Table des tableaux.....	56
Table des annexes	56
Annexes	58

Introduction

Le récit climatique de la réserve naturelle régionale (RNR) des dunes et paluds bigoudènes constitue le premier volet du diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité du site. Ce diagnostic est réalisé sur la période 2025/2026 dans le cadre de la démarche d'adaptation au changement climatique de la réserve. Il se base sur la méthodologie Natur'Adapt créée par Réserves Naturelles de France dans l'objectif de permettre la prise en compte du changement climatique dans les pratiques de gestion des aires protégées.

Depuis l'ère industrielle (1850-1900) la Terre s'est réchauffée en moyenne de 1,2°C. En France métropolitaine cette hausse représente 1,9°C. Cela fait au moins 100 000 ans que la température sur Terre n'a pas été aussi élevée. D'ici 2100, cette augmentation pourrait atteindre 3°C à l'échelle mondiale, soit 4°C en France métropolitaine (OEB, 2025). En raison de ces changements climatiques conséquents et rapides, il convient d'anticiper les évolutions du climat pour s'y adapter plutôt que de les subir.

Le récit climatique vise à présenter le climat passé, présent et futur du site afin d'identifier des grandes tendances d'évolution qui orienteront les stratégies de gestion à mettre en œuvre sur le site. Ce climat est étudié grâce à huit indicateurs climatiques : la température de l'air, le régime des précipitations, les débits et assecs des ruisseaux, les niveaux des nappes phréatiques, l'élévation du niveau marin, le vent et la houle, les événements extrêmes (tempêtes et submersions) et les transformations du trait de côte.

© S. Baillot



Paléoclimats

La **climatologie** est la science de l'atmosphère sur une échelle de temps longue (décennies). Elle ne doit pas être confondue avec la **météorologie** qui est à une échelle de temps plus courte (de quelques jours à deux semaines). Le climat ayant toujours varié, il est essentiel de comprendre les **paléoclimats** du site pour appréhender l'état actuel de sa frange littorale et anticiper son évolution dans le temps.

Le site des Dunes et paluds bigoudènes constitue la partie méridionale de la baie d'Audierne, secteur d'accumulation sédimentaire sur une longueur d'une dizaine de kilomètres de côte. Cette baie est limitée par deux saillants de roches granitiques dures, le cap Sizun au nord et le cap Caval au sud. Entre ces extrémités s'étendent des formations métamorphiques, le contraste de résistance entre ces roches explique les effets de l'érosion différentielle (Cogné, 1960) (Fig.1). Celle-ci se traduit par une côte élevée à falaise au nord, une côte de plates-formes rocheuses au sud et, au centre, une baie sableuse, largement ouverte et peu profonde sur laquelle s'étend la RNR.

L'histoire de la formation de la baie d'Audierne est intimement liée aux variations du niveau de la mer. Ce dernier a évolué au cours des temps géologiques avec l'alternance de périodes glaciaires et interglaciaires. Lors des régressions marines, les surfaces offertes aux agents érosifs sont immenses. Les matériaux libérés par ces phénomènes d'érosion sont mobilisés par le vent ou par la mer lors de sa remontée. A l'échelle de la baie d'Audierne, la transgression post-glaciaire a repoussé de grandes quantités de sédiments entre les deux pointes rocheuses. Les éléments de petite taille (sables) arrachés par l'érosion au substrat rocheux ont été redistribués par les vents vers les terres. Ils se sont ainsi étalés sur

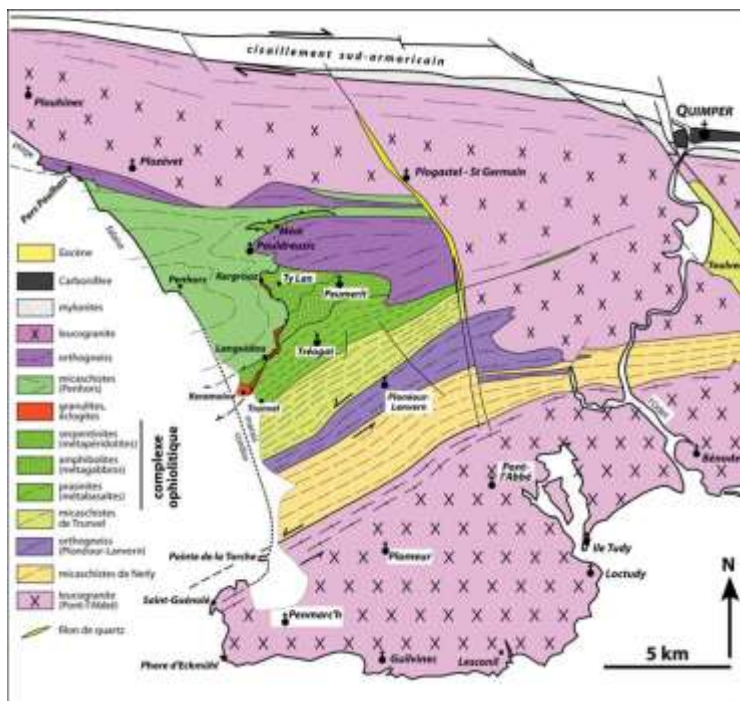


FIGURE 1 : CARTE GEOLOGIQUE SIMPLIFIEE DE LA BAIE D'AUDIERNE (BLAIS ET AL, 2011)

l'ensemble du plateau (sur 3 à 4 km jusqu'au pied de la falaise morte) entre le Petit Âge Glaciaire et le XIX^{ème} siècle, formant les grandes paluds typiques de la baie d'Audierne. Les dunes actuelles ont commencé à se mettre en place durant l'Âge de Fer. Elles s'étendent sur 15 km de long et plus de 1 km de large au droit de Saint-Vio. L'incision des vallons du plateau débouchant dans la baie d'Audierne (Trunvel et Kergalan principalement) s'est faite lors des phases de régressions glacio-eustatiques. Ces vallées ont été fossilisées par les sédiments marins lors de la transgression flandrienne (environ 15 000 av JC). Roulés et agencés par les vagues sur des milliers d'années, les galets du cordon pléistocène entre Plouhinec et Plovan, ont peu à peu été remobilisés jusqu'à former un nouveau cordon de galets, appelé en breton *Ero vili*. Celui-ci se serait mis en place progressivement vers le sud, jusqu'à atteindre le promontoire de la Torche, au gré des courants littoraux et des houles déferlant en oblique. Dans un contexte de changement climatique, la physionomie du site change rapidement, c'est pourquoi il est important de suivre de près l'évolution du climat.

Caractéristiques des données

Le climat d'un espace est caractérisé à partir de **normales climatiques** : des périodes de 30 ans pendant lesquelles on peut étudier l'état de l'atmosphère (moyenne, extrêmes, fréquence) et qui servent de référence pour mesurer les évolutions. Lors de cette étude, la période de référence de Météo-France pour le climat actuel est 1991-2020.

Données passées

Analyse

Les indicateurs de températures de l'air et de précipitations disposent de données précises au niveau local et sur au moins 30 ans, ils seront donc étudiés grâce aux **normales climatiques**.

Les indicateurs de transformations du trait de côte et d'élévation du niveau marin disposent de données plus anciennes, ils seront étudiés sur **plusieurs siècles**.

Les indicateurs de débits des ruisseaux et assecs, de niveaux des nappes phréatiques, de vent et de houle et d'événements extrêmes seront quant à eux étudiés sur **plusieurs décennies**.

Sources

Les données sont majoritairement issues de recherches bibliographiques, de stations météorologiques, de services climatiques (DRIAS, Climat HD, etc.), de l'observatoire de l'environnement en Bretagne (OEB) ainsi que de dires d'experts. Il convient néanmoins de donner quelques précisions sur certaines d'entre elles.

Les données concernant les **températures de l'air** et le **vent** sont en partie issues de la station météorologique de Penmarc'h. Deux autres stations météorologiques existent sur le site ou à proximité immédiate, à Plovan et Plonéour-Lanvern. Elles sont très récentes (respectivement 2012 et 2016) et ne permettent donc pas de disposer d'un jeu de données aussi important que la station de Penmarc'h qui est en service depuis 1936 (avec une interruption entre 1938 et 1973).

Pour les données concernant les **températures de l'air** et les **précipitations**, une partie est issue de l'outil Mon Territoire sous +4°C de l'OEB qui prend en compte 17 jeux de données produits par Météo-France, extraits en 2024 et traités en 2025.

Ces jeux de données proviennent de DRIAS Climat et DRIAS Eau. L'analyse y est réalisée à l'échelle annuelle, estivale (juin, juillet et août) et hivernale (décembre, janvier et février).

Pour le **vent**, les données issues de Windy¹ pour la baie d'Audierne sont issues du point du modèle GFS ci-contre (Fig.2).



FIGURE 2 : LOCALISATION DE LA PRISE DES DONNÉES PAR WINDY SUR LA BAIE D'AUDIERNE (WINDY¹)

¹ <https://windy.app/fr/forecast2/spot/309769/Audierne+Bay+France+Baie+d%27Audierne>

Les données du **niveau marin** proviennent du marégraphe de Brest, en service depuis 1711, étant donné que cet indicateur est jugé homogène au niveau régional.

Données futures

Les données issues des projections pour le futur dépendent des modèles climatiques, des scénarii d'émissions de GES et des périodes de temps considérées. En raison de toutes ces possibilités, la présente étude se concentre sur les **horizons 2030, 2050 et 2100** avec, si possible, les scénarii de la TRACC, sinon les scénarii SSP2-4.5 et SSP5-8.5 du GIEC.

Trajectoire de Réchauffement de référence pour l'Adaptation au Changement Climatique (TRACC)

La TRACC a été mise au point au niveau national afin que le pays s'adapte à un même scénario climatique. Cette trajectoire se base sur le scénario tendanciel selon lequel les politiques climatiques mises en place ou annoncées par les États en 2023 se maintiennent. Selon ce scénario la planète se réchauffera de +1.5°C d'ici 2030, +2°C d'ici 2050 et +3°C d'ici 2100 par rapport à l'ère préindustrielle (1850-1900). Cela équivaut en France à un réchauffement de 2°C d'ici 2030, de 2.7°C d'ici 2050 et de 4°C d'ici 2100 par rapport à la période préindustrielle (Fig.3). Ce scénario tient compte des engagements pris lors de l'Accord de Paris et sera révisé régulièrement.



FIGURE 3 : LA TRACC : A QUOI FAUT-IL S'ADAPTER, ET QUAND ? (OEB, 2025)

L'outil « Mon territoire sous +4°C » de l'OEB utilise l'approche par degré de réchauffement de la TRACC. Il propose une approche multi-modèles afin de diminuer les incertitudes liées au choix de modélisation. L'OEB se base sur un ensemble de 17 modèles nommé « Explore 2 2022 » disponible sur DRIAS. La correction de biais est faite par ADAMONT. Ces modèles climatiques sont associés à 7 modèles hydrologiques pour l'étude des débits des cours d'eau. De plus, 2 des 17 modèles présentent des résultats très contrastés sur les précipitations, la sécheresse et les températures et montrent ainsi l'étendue des modélisations sur les fortes chaleurs, les sécheresses et les inondations (Fig.4).

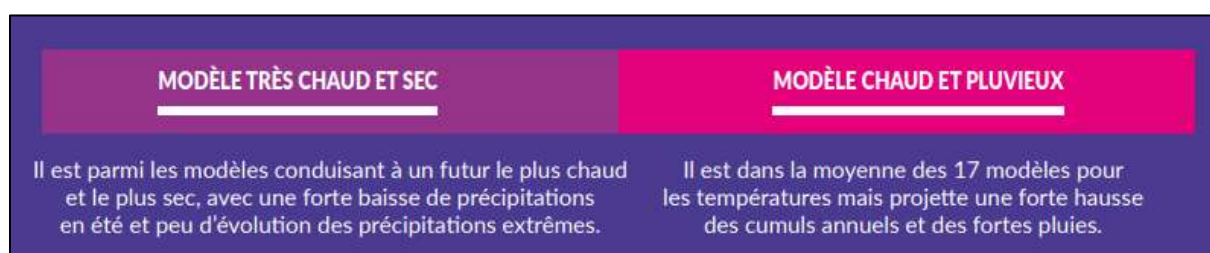


FIGURE 4 : MODELES TRES DIFFERENTS DU PROJET EXPLORE 2 2022 (OEB, 2025)

Dans cet outil « Mon territoire sous +4°C », un onglet « réserve naturelle » a été créé spécialement pour faciliter le déploiement de la démarche Breizh Natur'Adapt. Il présente les valeurs de la médiane et des intervalles de confiance à 90% (aussi appelés quantiles multi-modèles) pour de nombreux indicateurs à l'échelle du site. Ces valeurs sont obtenues à partir de l'agrégation des données de 3 mailles de 8 km² de la grille SAFRAN² (en surbrillance sur la figure 5 ci-contre) dans lesquelles se situe le site tel qu'il était délimité en avril 2025. La méthodologie d'agrégation spatiale de Météo-France utilisée pour ses outils tels que Climat'diag et Climat HD est employée.



FIGURE 5 : MAILLAGE DE LA GRILLE SAFRAN SUR LE SUD DE LA BAIE D'AUDIERNE (LIZMAP)

NB : Pour chaque point de grille, les médianes sont calculées par modèles. Ensuite, les quantiles de l'ensemble des 17 modèles sont calculés. C'est pourquoi on ne retrouve pas toujours les mêmes valeurs manuellement (Fig.6).

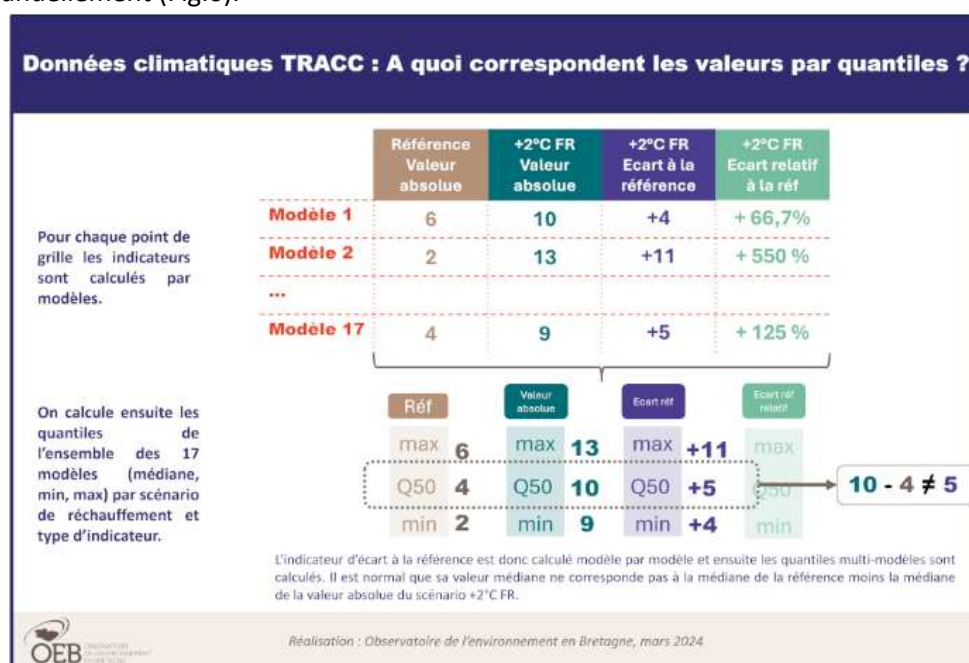


FIGURE 6 : METHODE DE CALCUL DES QUANTILES MULTI-MODELES SUR MON TERRITOIRE SOUS +4°C (OEB, 2024)

Dans l'étude ici présente, l'intervalle de confiance à 90% est représenté entre crochet. Lorsqu'on lit : « D'ici 2100, la température annuelle sera en moyenne de 14.7°C [14.5 ; 15.5] », cela signifie que 50% des modèles projettent une température annuelle moyenne inférieure à 14.7°C et que 90% des modèles projettent une température annuelle moyenne comprise entre 14.5 et 15.5°C.

Mon territoire sous +4°C à l'échelle de la RNR a été utilisé pour les températures de l'air et les précipitations. Les autres indicateurs n'étant pas traités par cet outil à l'échelle de la réserve, leur étude est parfois faite à l'échelle régionale grâce à d'autres données de l'OEB sur la TRACC.

Les données de l'OEB sur les **ruisseaux** et les **nappes** utilisent des modèles hydrologiques simulant une hydrologie naturelle mais ils ne prennent pas en compte l'évolution passée ou future des actions humaines sur les bassins versants (comme l'occupation des sols). Une exception est faite pour les

² <http://w3.paca.inra.fr/websig/lizmap/www/index.php/view/>

niveaux de nappes, où les modèles considèrent une hypothèse de prélèvements constants sur tout le XXI^e siècle. Les données sont issues du projet Explore2.

Scenarii **SSP2-4.5** et **SSP5-8.5** du GIEC

Pour les autres cas, l'étude s'appuie sur les scenarii climatiques du GIEC SSP2-4.5 (émissions modérées de GES, prévoyant une hausse de 2.7°C au niveau mondial d'ici 2100 par rapport à la période préindustrielle) et SSP5-8.5 (émission de GES non réduites, prévoyant une hausse de 4.4°C au niveau mondial d'ici 2100 par rapport à la période préindustrielle). Ces scénarii ont été retenus pour cette étude car ce sont les plus vraisemblables.

Contexte climatique régional

L'OEB a produit une synthèse des chiffres clés de l'évolution du climat en Bretagne en 2025. Cette rubrique s'appuie sur ce document, sauf mentions contraires.

Le climat de la Bretagne est **océanique** et est marqué par 7 zones climatiques distinctes. La zone climatique où se situe la future RNR est dite **littorale**. Dans ce type de climat, le rôle thermorégulateur de l'océan favorise des étés frais, des hivers doux et des précipitations moyennes. De plus, cette zone est particulièrement venteuse.

Par ailleurs, la Bretagne est divisée en 5 zones agroclimatiques (Fig.7). La **zone Bretagne Sud**, où se situe la RNR, est la plus chaude, avec une température moyenne de 12.5°C. Elle figure parmi les zones les moins arrosées de la région avec en moyenne 870 mm/an (dont 310 mm de novembre à janvier et 140 mm entre février et mars). Le contraste thermique saisonnier est modéré avec les hivers les plus doux (moyenne journalière des minimales en janvier de 4.2°C) et les étés les plus chauds (maximales en juillet de 23.1°C) après ceux du bassin Rennais.

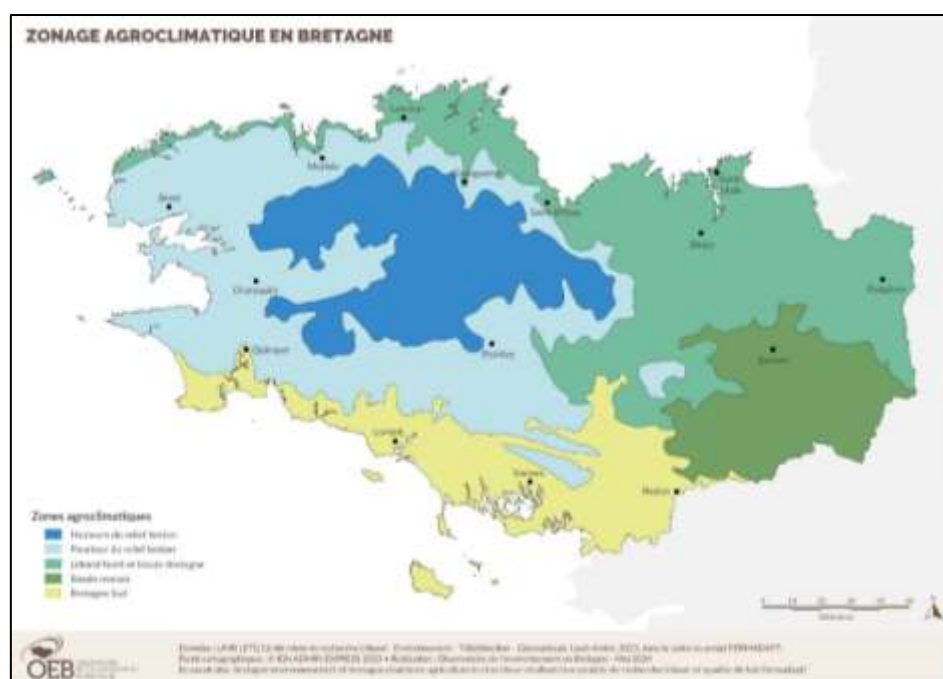


FIGURE 7 : ZONES AGROCLIMATIQUES EN BRETAGNE (©OEB, 2024)

Au niveau hydrologique, le sous-sol breton ne permet pas de constituer un stock d'eau d'une année sur l'autre. En effet, les nappes y ont une faible capacité de stockage et se vident en quelques semaines lors de l'absence de précipitations. Moins alimentés par les nappes, les cours d'eau voient leurs débits baisser très rapidement. Ceci crée une forte dépendance aux précipitations.

Le niveau marin augmente de façon homogène en Bretagne. A Brest, il a augmenté de 35 cm depuis 1711-1716, et ce, de plus en plus vite.

Le nombre de tempêtes a diminué en Bretagne depuis 1980, sans lien avéré avec le changement climatique. Le site de la future RNR est particulièrement exposé aux vents d'Ouest.

Une grande partie du littoral breton fait face au risque de submersion marine, exposant actuellement 75 000 habitants. Le site de la future RNR est très exposé à la submersion mais peu vulnérable en raison de sa faible urbanisation.

En Bretagne, 15% des côtes bretonnes sableuses et vaseuses étaient en recul sur une période de 60 ans. Une grande majorité de cette dynamique se réalise à une vitesse de moins de 1,5 m/an. A ce rythme, la Bretagne aurait ainsi perdu 1,62 km² de côtes depuis les années 1960. Le sud de la baie d'Audierne est la plus grande étendue sédimentaire en recul de la Région (Fig.8).

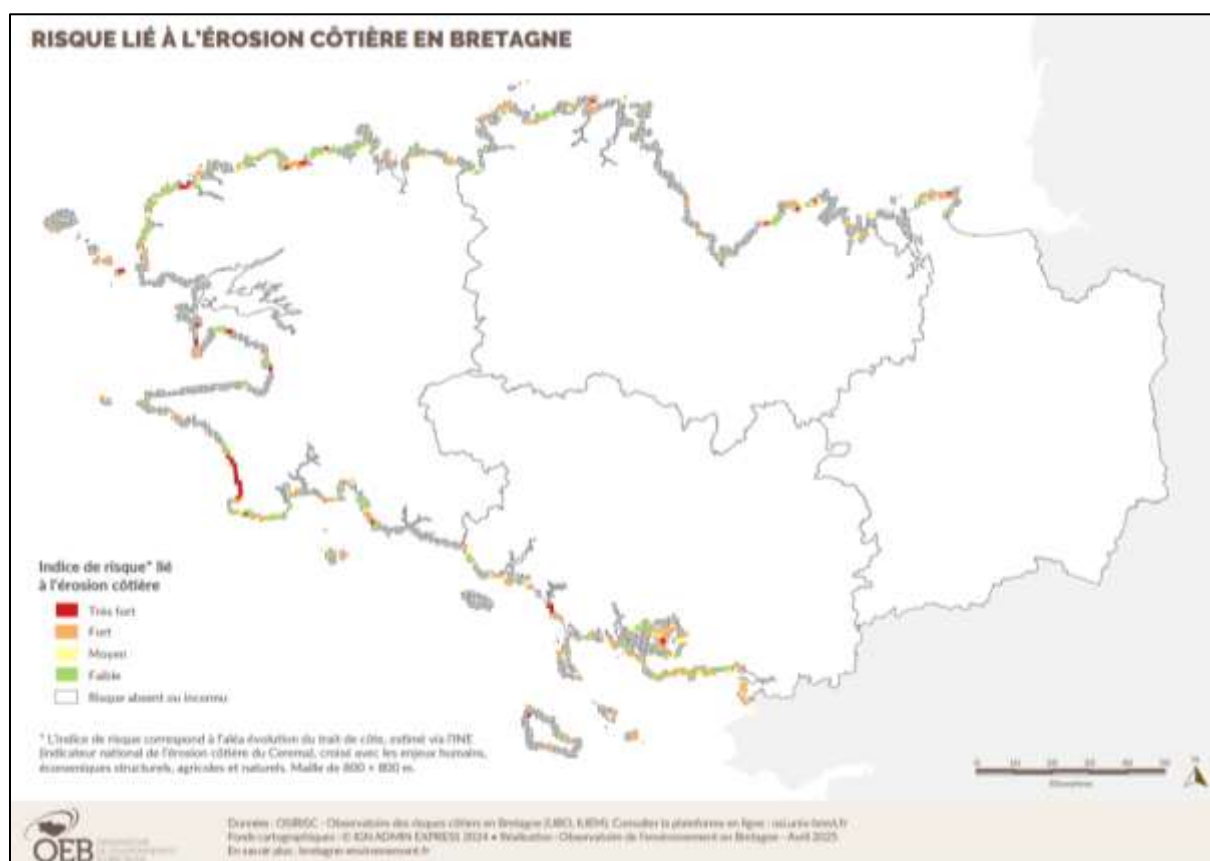


FIGURE 8 : RISQUE LIÉ A L'ÉROSION CÔTIÈRE EN BRETAGNE (OEB, 2025)

Analyse du climat passé, présent et futur de la RNR par indicateurs

Pour analyser le climat passé, présent et futur de la RNR, des indicateurs climatiques ont été choisis par concertation avec les équipes, les partenaires et les experts du site. Ils ont été sélectionnés non seulement car ce sont des éléments structurants et caractéristiques du site, qui font que la RNR abrite tel ou tel écosystème, mais aussi car ils sont parlants pour les acteurs du territoire. Ces indicateurs figurent dans le tableau ci-dessous ainsi qu'une justification plus précise de ces choix (Tab.1).

Indicateurs	Justification du choix de l'indicateur
Température de l'air	Présence d'espèces à affinités méridionales / septentrionales
Régime des précipitations	Zones humides très dépendantes des précipitations
Débits des ruisseaux et assecs	Importance des eaux de surface
Niveaux des nappes phréatiques	Nappes proches de la surface / zones de paluds
Élévation du niveau marin	Site littoral de faible altitude et plat
Vent et houle	Exposition plein Ouest face à l'Atlantique
Évènements extrêmes	Exposition plein Ouest face à l'Atlantique
Transformations du trait de côte	Cordon dunaire et de galets sensible à l'érosion / submersion

TABEAU 1 : INDICATEURS CLIMATIQUES SELECTIONNES ET LEUR JUSTIFICATION (E. FILLIATRE, 2025)

Selon la disponibilité des données pour chaque indicateur, ces derniers ne sont pas toujours étudiés à la même échelle. Dans la mesure du possible, l'échelle de la RNR est privilégiée.

Indicateur 1 : Température de l'air

Normale climatique actuelle (1991-2020)

La période de référence utilisée pour caractériser le climat actuel est 1991-2020 (Météo-France³). Sur cette période, on s'appuie sur les données de la station météorologique de Penmarc'h (Fig.9). La température annuelle moyenne est de **12.8°C**. En hiver elle est de **8.5°C** et en été de **17.1°C**.

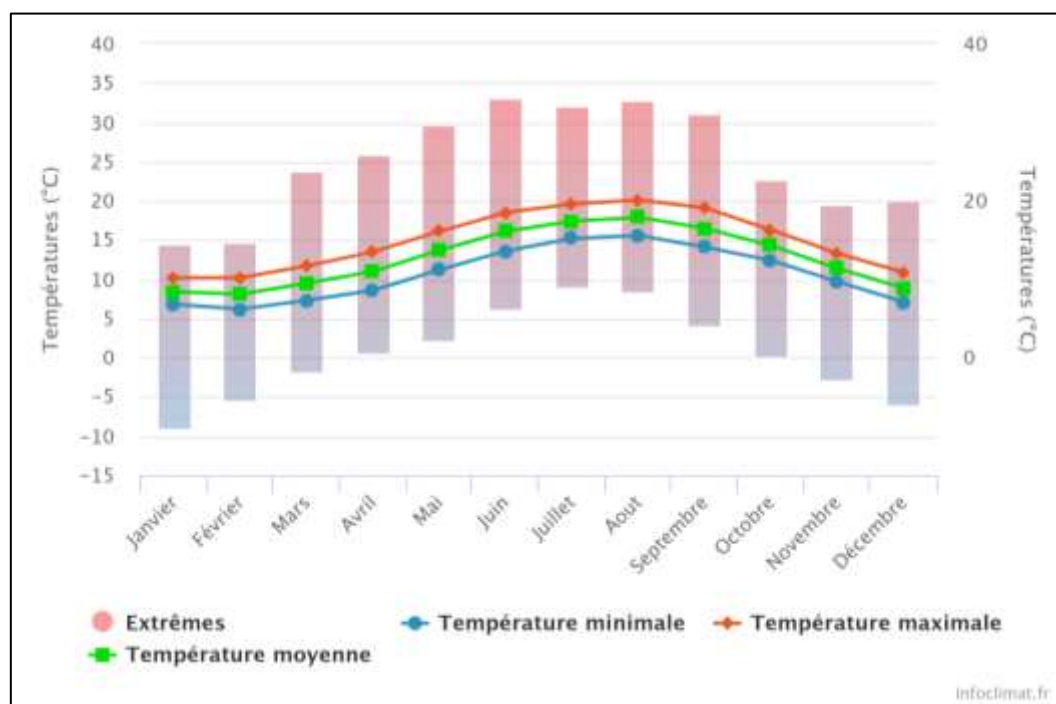


FIGURE 9 : TEMPERATURE DE L'AIR SUR LA PERIODE 1991-2020 A LA STATION DE PENMARC'H (INFOCLIMAT)

Concernant l'occurrence des phénomènes de températures, il est possible d'estimer par an à en moyenne (Fig.10) :

- **13 jours chauds** (température maximale > 25°C)
- **4 jours de fortes chaleurs** (température maximale > 30°C)
- **5 nuits chaudes** (température minimale > 20°C)
- **14 jours de gel** (température minimale < 0°C)

³ <https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/actualites/climat/de-nouvelles-normales-pour-qualifier-le-climat-en-france>

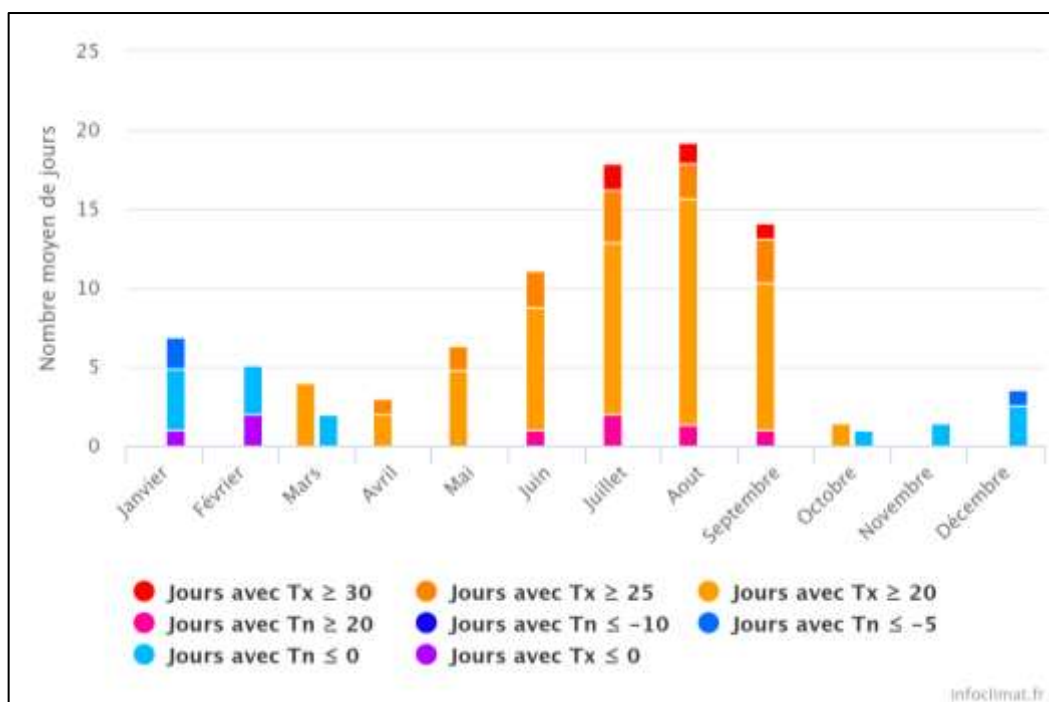


FIGURE 10 : OCCURRENCE DES PHENOMENES DE TEMPERATURE DE L'AIR (EN °C, Tx : TEMPERATURE MAXIMALE, Tn : TEMPERATURE MINIMALE) SUR LA PERIODE 1991-2020 A LA STATION DE PENMARC'H (INFOCLIMAT)

Le record de température qui revient une fois tous les 20 ans est de **32.7°C**.

NB : Sur la période 1976-2005 et aux horizons 2030, 2050, 2100, les données sont issues de Mon territoire sous +4°C. Elles sont analysées à l'échelle de la future RNR. Elles ne sont donc pas comparables avec celles d'infoclimat utilisées pour caractériser la période actuelle qui portent spécifiquement sur la station météorologique de Penmarc'h.

Évolutions récentes des températures (1976-2005)

Sur le site de la future RNR, entre 1976 et 2005, la température annuelle moyenne était de **12.1°C**, celle hivernale était de **7.6°C** et celle estivale de **17.1°C**.

Concernant l'occurrence des phénomènes de températures, il est possible d'estimer par an à en moyenne :

- **11 jours chauds** (température maximale > 25°C)
- **1 jours de fortes chaleurs** (température maximale > 30°C)
- **0 nuits chaudes** (température minimale > 20°C)
- **8 jours de gel** (température minimale < 0°C)

Le record de température qui revient une fois tous les 20 ans était de **36.3°C**.

Projections futures des températures (d'ici 2030, 2050 et 2100)

Sur le site de la future RNR :

	Mesures	Projections (TRACC)			
Période et horizons	1976-2005	D'ici 2030	D'ici 2050	D'ici 2100	Tendances
Température (°C) moyenne	12.1	13.2 [12.7 ; 13.6]	13.8 [13.2 ; 14.2]	14.7 [14.5 ; 15.5]	
Hivernale	7.6	8.5 [8 ; 9]	8.9 [8.4 ; 9.6]	9.8 [9.2 ; 10.4]	
Estivale	17.1	18.2 [17.4 ; 18.9]	18.9 [18.2 ; 19.7]	20.2 [19.2 ; 21.1]	
Fortes chaleurs Tmax > 25°C (en jours/an)	11	22 [13 ; 29]	28 [21 ; 35]	43 [30 ; 56]	
Jours chauds Tmax > 30°C (en jours/an)	1	3 [1 ; 5]	5 [3 ; 7]	9 [5 ; 15]	
Record de température de période de retour 20 ans (en °C)	36.3	37.5 [35.8 ; 44.3]	40 [37.3 ; 46.4]	42.5 [36.9 ; 46.3]	
Nuits chaudes Tmin > 20°C (en jours/an)	0	2 [1 ; 4]	4 [2 ; 8]	10 [6 ; 17]	
Jours de gels Tmin < 0°C (en jours/an)	8	5 [3 ; 6]	4 [2 ; 5]	2 [1 ; 4]	

(Les valeurs en gras correspondent à la médiane et celles entre crochets à l'intervalle de confiance à 90%)

TABLEAU 2 : PROJECTIONS CLIMATIQUES SUR L'ÉVOLUTION DES TEMPÉRATURES DE L'AIR SUR LE SITE DE LA FUTURE RNR BIGOUDENE (DONNÉES : DRIAS – TRAITEMENT : OEB, 2025)

Des tendances nettes sont observables pour tous les sous-indicateurs entre 1975-2005 et 2100. Le réchauffement entre ces deux périodes est davantage marqué en été (+3.1°C) qu'en hiver (+2.2°C). De plus, entre ces deux périodes, le nombre annuel de jours de fortes chaleurs va presque quadrupler.

Le site de la future RNR est alimenté en grande partie par les eaux de ruissellement. Les précipitations y ont donc une grande importance.

Indicateur 2 : Régime des précipitations

Normale climatique actuelle (1991-2020)

Le territoire de la future RNR bénéficie d'un climat océanique, caractérisé par des précipitations importantes en hiver. Néanmoins, les précipitations s'avèrent plus faibles sur les secteurs côtiers, et particulièrement sur le sud du site, générant des excédents hydriques annuels faibles, voire un déficit hydrique (Ouesco, 2011).

D'après les données SAFRAN/SIM2, à l'échelle de la future RNR, entre 1991 et 2020 :

- Le cumul annuel des précipitations était en moyenne de **867 mm**.
- L'hiver présentait les cumuls les plus importants avec une moyenne de **283 mm** de précipitations.
- L'été était la saison la plus sèche avec une moyenne de **147 mm** de précipitations.
- Le nombre annuel moyen de jours sans pluie (hauteur d'eau < 1 mm) était de **219 jours**.
- La durée moyenne de la plus longue période sans pluie d'une année était de **22 jours**.
- Les phénomènes de pluies extrêmes (précipitations journalières parmi les 0,01% les plus intenses se produisant environ 1 fois tous les 3 ans) représentaient en moyenne **33.2 mm/an**, sans grandes différences saisonnières.

NB : Sur la période 1976-2005 et aux horizons 2030, 2050, 2100, les données sont issues de Mon territoire sous +4°C utilisant une approche multi-modèles. Elles ne sont donc pas comparables avec celles de la période actuelle issues des modèles SAFRAN/SIM2.

Évolutions récentes des précipitations (1976-2005)

Sur le site de la future RNR, entre 1976 et 2005 :

- Le cumul annuel des précipitations était en moyenne de **792 mm**.
- L'hiver présentait les cumuls les plus importants avec une moyenne de **265 mm** de précipitations.
- L'été était la saison la plus sèche avec une moyenne de **121 mm** de précipitations.
- Le nombre annuel moyen de jours sans pluie (hauteur d'eau < 1 mm) était de **230 jours**.
- La durée moyenne de la plus longue période sans pluie d'une année était de **25 jours**.
- Les phénomènes de pluies extrêmes (précipitations journalières parmi les 0,01% les plus intenses se produisant environ 1 fois tous les 3 ans) représentaient en moyenne **34 mm/an**, sans grandes différences saisonnières.

Projections futures des précipitations (d'ici 2030, 2050 et 2100)

Les précipitations présentent une forte variabilité naturelle et l'incertitude liée aux modèles est importante. Les valeurs extrêmes des quantiles sont donc souvent éloignées. De plus, les modèles climatiques sont peu adaptés à l'étude des extrêmes, ils ne prennent par exemple pas en compte les

précipitations orageuses. C'est pourquoi il vaut mieux s'intéresser à l'intervalle de confiance qu'à la médiane.

Sur le site de la future RNR :

	Mesures	Projections (TRACC)			
Période et horizons	1976-2005	D'ici 2030	D'ici 2050	D'ici 2100	Tendances
Cumul des précipitations (en mm/an)					
Annuel	792	817 [747 ; 881]	823 [741 ; 881]	778 [702 ; 955]	
Hivernal	265	290 [262 ; 322]	298 [267 ; 360]	286 [243 ; 381]	
Estival	121	115 [88 ; 139]	106 [85 ; 122]	86 [66 ; 115]	
Jours sans pluie (en jours/an)	230	233 [225 ; 243]	233 [228 ; 244]	243 [233 ; 253]	
Durée de la plus longue période sans pluie d'une année (en jours)	25	25 [24 ; 32]	27 [23 ; 33]	32 [24 ; 38]	
Pluies extrêmes (précipitations journalières parmi les 0,01% les plus intenses sur l'horizon) (en mm/an)	34	39 [34 ; 44] Sans grande différence saisonnière	40 [35 ; 47] (34 en été, 44 en hiver)	43 [34 ; 57] (34 en été, 45 en hiver)	

(Les valeurs en gras correspondent à la médiane et celles entre crochets à l'intervalle de confiance à 90%, pour plus d'informations se référer à la rubrique « Caractéristiques des données »)

TABLEAU 3 : PROJECTIONS CLIMATIQUES SUR L'EVOLUTION DES PRECIPITATIONS SUR LE SITE DE LA FUTURE RNR BIGOUDENE (DONNEES : DRIAS – TRAITEMENT : OEB, 2025)

Entre 1976-2005 et d'ici 2100, le cumul estival de précipitations va nettement diminuer tandis que les changements sont plus incertains au niveau annuel et hivernal. Le nombre de jours sans pluie, la plus longue période consécutive sans pluie et les pluies extrêmes vont quant à eux légèrement augmenter.

Les précipitations influent sur les débits des ruisseaux. Une absence prolongée de précipitations peut conduire à des assèchs.

Indicateur 3 : Débits des ruisseaux et assecs

Le débit d'un cours d'eau correspond au volume d'eau qui traverse un point donné dans un laps de temps déterminé. Il dépend des caractéristiques physiques du cours d'eau (longueur, profondeur, pente, etc.) et de la taille de son bassin-versant. Les périodes de sécheresse des cours d'eau sont appelées étiage. Lors des cas d'étiages les plus extrêmes, durant lesquels l'eau ne s'écoule plus, on parle d'assecs.

Caractéristiques actuelles des débits des ruisseaux et assecs

Le territoire du SAGE Ouest Cornouaille, recouvrant intégralement la future RNR, est composé de cours d'eau plus ou moins importants se jetant dans l'océan Atlantique. Il est marqué par la présence d'étangs littoraux en arrière du cordon de galets, parmi lesquels figurent ceux de Nérizélec, de Kergalan et de Trunvel (Ouesco, 2015.a).

Sur le site, les ruisseaux présentent parfois des exutoires particuliers et en constante évolution. En effet, certains ruisseaux passent sous le cordon dunaire et celui de galets pour atteindre l'océan. Conséquence de la nature géologique des sols, les petits fleuves côtiers de l'Ouest-Cornouaille forment un réseau hydrographique particulièrement dense (750 km). Certains de ces cours d'eau accueillent des espèces emblématiques comme l'Anguille (Ouesco⁴).



Le site présente 7 sous-bassins versants (Fig.11), nommés du Nord au Sud : Côtiers 4, ruisseaux de Kergalan, ruisseaux de Trunvel, Côtiers 5, ruisseaux de St Vio, Côtiers 6 et ruisseaux de Penmarc'h.

FIGURE 11 : SOUS-BASSINS VERSANTS SUR LE TERRITOIRE DU SAGE OUEST CORNOUAILLE (OUESCO³)

Les caractéristiques de ces sous-bassins versants figurent dans le tableau ci-dessous (Tab.4).

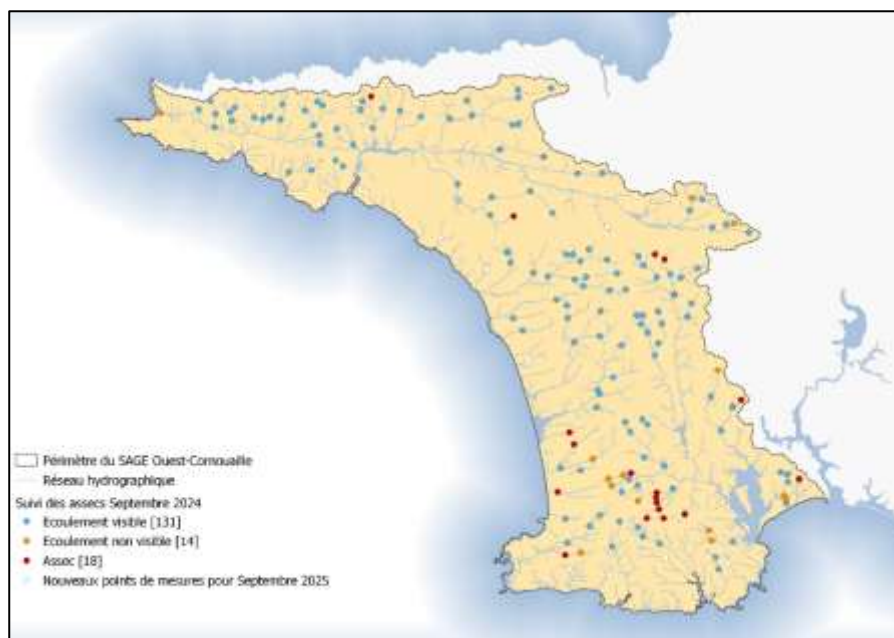
⁴ <https://ouesco.fr/>

Nom des sous-bassins versants	Superficie (km ²)	Longueur (km)	Densité hydrographique (km/km ²)
Bassin versant des Côtiers 4	21	19	0.9
Bassin versant du ruisseau de Kergalan	19	23	1.2
Bassin versant du ruisseau de Trunvel	19	15	0.8
Bassin versant des Côtiers 5	7	4	0.6
Bassin versant du ruisseau de St Vio	13	18	1.4
Bassin versant des Côtiers 6	12	9	0.8
Bassin versant du ruisseau de Penmarc'h	13	12	0.9
Total	104	100	

TABLEAU 4 : CARACTERISTIQUES DES SOUS-BASSINS VERSANTS (D'APRES OUESCO, 2011)

Du fait de la proximité de la mer, 80% du territoire du SAGE est considéré en tête de bassin versant. Ces espaces sont essentiels au bon fonctionnement du cycle biologique des poissons (reproduction, nurserie) et jouent un rôle important dans la protection de la ressource en eau (régulation des débits, dénitrification, etc.) (Ouesco⁵).

Sur le périmètre du SAGE, seules 4 stations mesurent les débits et aucune ne figure dans le site de la RNR. Néanmoins, il est possible d'affirmer que sur le site le débit des cours d'eau est directement influencé par les précipitations et présente des variations saisonnières importantes avec de fortes irrégularités interannuelles. Les débits sont importants en période hivernale mais les débits d'étiage sont relativement faibles (Gest'eau).



Sur le périmètre des 7 sous-bassins versants qui concernent la RNR, 26 points d'assec sont suivis annuellement en septembre depuis 2024 (27 à partir de 2025). Cette année-là, 4 points d'assec ont été observés sur les 26 étudiés, ainsi que deux points d'écoulements non-visibles (Fig.12).

FIGURE 12 : SUIVI DES ASSECS SUR LE PERIMETRE DU SAGE OUEST CORNOUAILLE EN SEPTEMBRE 2024 (OUESCO, 2025)

⁵ <https://ouesco.fr/>

Evolution passée des débits des ruisseaux et assecs

Le module correspond au débit moyen interannuel, c'est-à-dire à la moyenne des débits moyens annuels d'un cours d'eau sur une période de référence (Ouesco, 2011).

Sur le périmètre du SAGE Ouest Cornouaille, les modules à l'exutoire de certains cours d'eau ne faisant pas l'objet d'un suivi hydrométrique sont estimés à partir de ceux connus pour d'autres cours d'eau, ici à partir de ceux du Lanvern, mesurés entre 1984 et 2010 (Tab.5).

Masse d'eau	Surface BV (km ²)	Module (m ³ /s)
Le ruisseau de Kergalan	18.98	0.26
Le ruisseau de Trunvel	18.75	0.26
Le ruisseau de Saint Vio	12.56	0.17
Le ruisseau de Penmarc'h	12.37	0.17

TABEAU 5 : ESTIMATION DES MODULES DES MASSES D'EAU NON SUIVIES ENTRE 1984 ET 2010 (D'APRES OUESCO, 2011)

Selon les estimations, entre 1984 et 2010, les bassins versants des ruisseaux de Penmarc'h et de Saint Vio présentaient des modules plus faibles que ceux des ruisseaux de Kergalan et de Trunvel (Tab.X) (Ouesco, 2011).

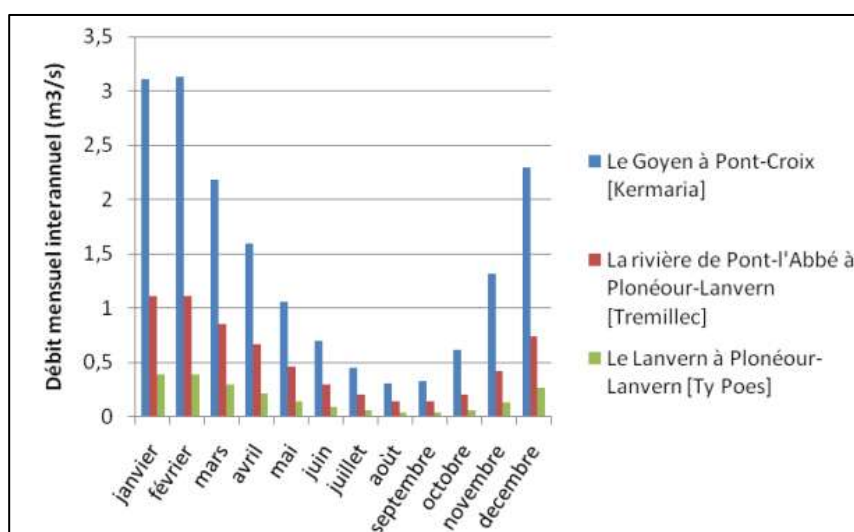


FIGURE 13 : DEBITS MENSUELS INTERANNUELS DES STATIONS HYDROMETRIQUES DU SAGE OUEST CORNOUAILLE ENTRE 1984 ET 2010 POUR TREMILLEC ET TY POES ET 1967-2010 POUR KERMARIA (OUESCO, 2011)

Les débits varient également au cours de l'année. Le graphique présente les débits mensuels interannuels calculés sur les périodes de référence de chaque station (Fig.13). Les débits mensuels interannuels diffèrent sur les trois stations du fait des surfaces de leur bassin versant respectif. Cependant les variations saisonnières sont similaires sur les trois stations avec des débits plus soutenus en hiver, particulièrement sur

les mois de janvier et de février, et des débits plus faibles en période d'étiage entre juillet et septembre (Ouesco, 2011).

Les débits spécifiques de crues à fréquence décennale (débits journaliers maximums estimés pour une période de retour 10 ans) sont nommés QJX₁₀. Entre 1969 et 1993, sur le site, ces débits spécifiques de crue s'avèrent plus faibles sur la façade littorale et augmentent vers l'intérieur des terres (Fig.14). Le site est ainsi concerné par des débits inférieurs à 100 l/s/km² lors des crues décennales. Ils sont exprimés en l/s/km² car ils sont rapportés à la surface du bassin versant drainée.

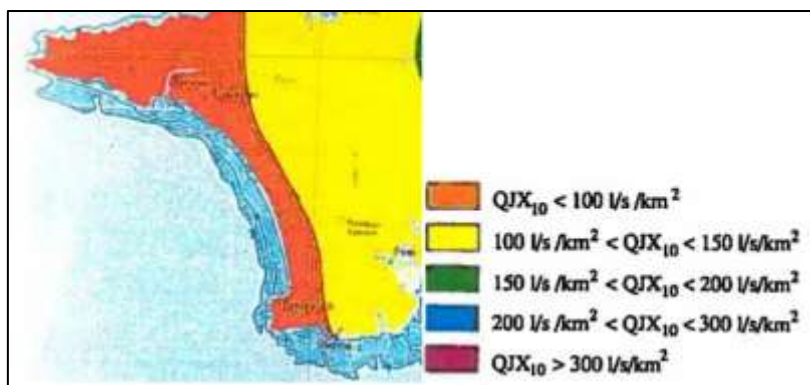


FIGURE 14 : DISTRIBUTION DES DEBITS SPECIFIQUES DE CRUES (ATLAS HYDROLOGIQUE DE LA BRETAGNE, DIREN, 1969-1993)

N'ayant pas de données passées pour les assecs, l'étude se concentre sur les périodes d'étiage. Le débit minimal sur 30 jours consécutifs (VCN_{30}), qui revient en moyenne une fois tous les 5 ans (quinquennal), s'avère plus faible sur la côte qu'à l'intérieur des terres entre 1969 et 1993 (Fig.15). Le site étant majoritairement côtier, il est particulièrement concerné par des VCN_{30} quinquennaux compris entre 1 et 1.5 l/s/km². Par ailleurs, les observations de terrain montrent que le ruisseau de Saint Vio est à sec de juin à novembre en aval de l'étang du fait de la présence d'un seuil (Ouesco, 2011).

Plus largement, en Bretagne, aucune tendance n'est observée entre 1968 et 2024 sur l'évolution de l'intensité des sécheresses des cours d'eau (débits d'étiage), la durée des étiages ou leur précocité (OEB, 2025).

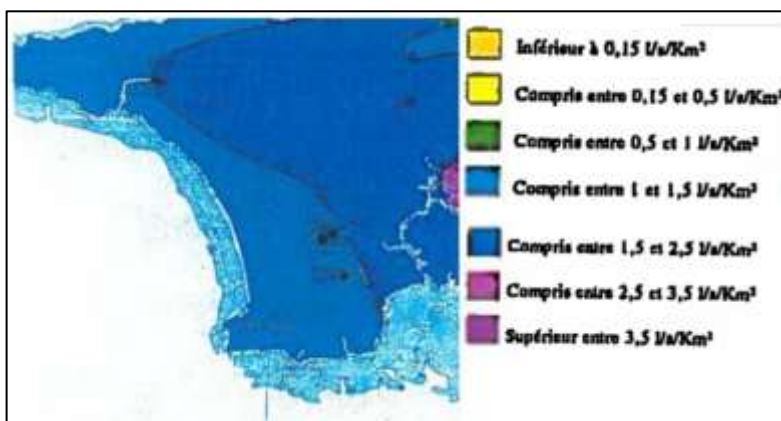


FIGURE 15 : DISTRIBUTION SPATIALE DES VCN30 QUINQUENNAUX SPECIFIQUES EN BAIE D'AUDIERNE (ATLAS HYDROLOGIQUE DE LA BRETAGNE, DIREN, 1969-1993)

Projections futures des débits des ruisseaux et assecs

Dans le futur, en Bretagne, les simulations hydroclimatiques s'accordent toutes fortement sur une baisse drastique des débits d'étiage, une augmentation de leur durée et une apparition plus précoce dans l'année.

Dans une France à +2.7°C (selon la TRACC, donc d'ici 2050), en Bretagne, ces débits diminueront de 3 à 36 % par rapport à 1976-2005 entre mai et fin novembre, avec une durée d'étiage allongée de 3 à 29 jours selon les modèles (très chaud et sec ou chaud et pluvieux).

Dans une France à +4°C (selon la TRACC, donc d'ici 2100), en Bretagne, ces débits diminueront de 14 à 49 % par rapport à 1976-2005 entre mai et fin novembre, avec une durée d'étiage allongée de 5 à 43 jours selon les modèles (très chaud et sec ou chaud et pluvieux). Des sécheresses aussi intenses que 2022 deviennent la norme selon le modèle très chaud et sec, avec des intensités et des durées jusqu'ici jamais observées.

Les projections montrent également une augmentation du nombre de cours d'eau à sec en Bretagne entre juillet et octobre dans le futur. Cette augmentation sera visible dès le milieu du XXI^e siècle pour les scénarii d'émissions modérées (RCP4.5) et fortes (RCP8.5) de gaz à effet de serre (OEB, 2025).

Le débit des cours est notamment alimenté par la nappe au niveau de ses berges et de son lit. Le changement de débit des cours d'eau est un indicateur de l'état du niveau de la nappe qui l'alimente.

Indicateur 4 : Niveaux des nappes phréatiques

Caractéristiques actuelles des niveaux des nappes phréatiques

Le territoire du SAGE Ouest Cornouaille est constitué d'une géologie de roches dures à faibles porosités (formations anciennes du socle). Les eaux souterraines se caractérisent par une mosaïque d'aquifères discontinus. Le site de la future RNR ne compte qu'une seule masse d'eaux souterraines : celle de la Baie d'Audierne FRG003 (Fig.16). Mais ce découpage effectué dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) ne reflète pas l'état réel des nappes phréatiques présentes sur le territoire. Il s'agit non pas de grands aquifères mais d'une mosaïque de petits systèmes imbriqués indépendants les uns des autres dont la surface n'excède généralement pas quelques dizaines d'hectares (Ouesco, 2011).



Le piézomètre le plus proche du site de la RNR est celui de Landudec. Néanmoins, les nappes étant très morcelées, celle de Landudec est peu représentative de celles sur le site. En effet, le site est majoritairement sur une zone sableuse, très différente de Landudec.

FIGURE 16 : MASSE D'EAU SOUTERRAINE (OUESCO, 2015.B)

Évolution passée des niveaux des nappes phréatiques

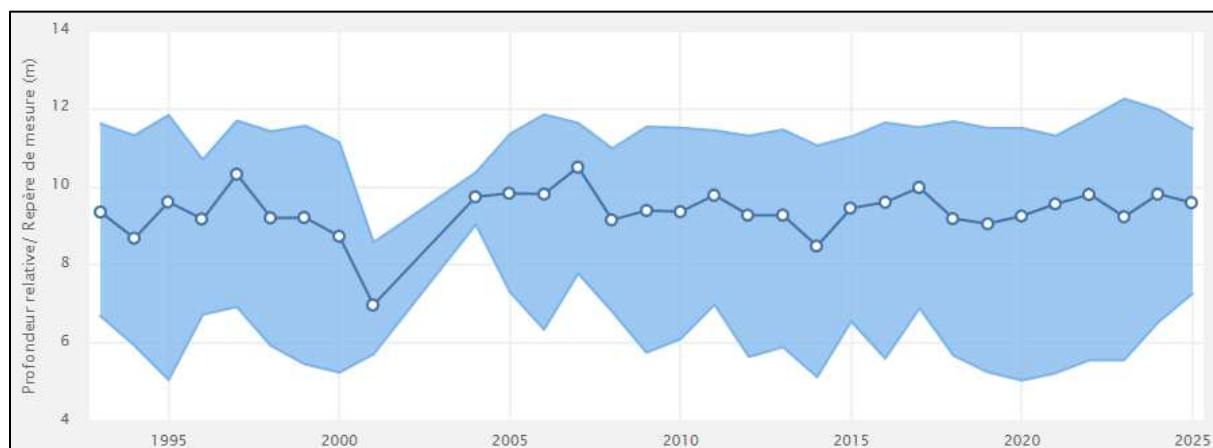


FIGURE 17 : PROFONDEUR RELATIVE DE LA NAPPE AU PIEZOMETRE DU CHATEAU D'EAU (LANDUDEC) DE 1993 AU 26 MAI 2025 (ADES, 2025)

Le graphique ci-dessus représente la profondeur relative de la nappe phréatique au piézomètre de Landudec entre 1993 et mai 2025. Cette dernière est de 9.4 m en moyenne sur cette période (Fig.17). On constate que la profondeur relative moyenne au niveau du sol de la nappe varie peu.



FIGURE 18 : PROFONDEUR RELATIVE MOYENNE MENSUELLE DE LA NAPPE AU PIEZOMETRE DE LANDUDEC ENTRE 1993 ET 2025 (ADES, 2025)

Toutefois, les profondeurs moyennes mensuelles du toit de la nappe suivent l'évolution du bilan hydrique (Fig.18). Effectivement, entre 1993 et 2025, un abaissement de la nappe est observé de mai à octobre, lié à un déficit hydrique sur cette période. Inversement, une recharge de la nappe est observée de novembre à avril du fait de l'excédent hydrique (Ouesco, 2011).

Au niveau régional, aucun changement n'a été observé dans l'intensité ou la fréquence des sécheresses des nappes phréatiques en Bretagne (OEB, 2025).

Projections futures des niveaux des nappes phréatiques

En raison du peu de données disponibles sur le site, on s'intéresse ici aux projections futures à l'échelle régionale. En Bretagne, les sécheresses des nappes phréatiques seront plus intenses et fréquentes, quel que soit le degré de réchauffement ou la saison. L'augmentation de ces événements secs sera plus forte en hiver qu'en été, sans pour autant que les nappes n'atteignent en hiver des niveaux de sécheresse aussi importants qu'en été. La hausse relative du nombre d'événements secs des nappes sera plus importante d'octobre à mars (+63 %, fort accord des modèles) qu'entre avril et septembre (+21 %, accord moyen des modèles) (OEB, 2025).

Pour le scénario le plus pessimiste d'émissions de gaz à effet de serre (RCP 8.5), les résultats moyens sur l'ensemble des projections climatiques montrent un fort contraste en fin de siècle entre le Nord de la France où la recharge annuelle et les niveaux piézométriques des aquifères sont en augmentation, et le Sud de la France où ils sont stables ou en diminution. Ici, le site est considéré comme étant dans la partie nord de la France. A l'échelle saisonnière, la recharge augmente en hiver et diminue fortement en été sur toute la France. Il est important de souligner qu'au-delà de ces résultats moyens, il y a une grande variabilité des résultats selon les projections climatiques utilisées.

Le site de la future RNR étant littoral, il faut considérer l'eau douce continentale mais également l'eau de mer.

Indicateur 5 : Élévation du niveau marin

Le niveau marin évolue constamment par le jeu des marées, des phénomènes météorologiques ou encore du changement climatique. En période de réchauffement, ce dernier engendre globalement une élévation du niveau marin due majoritairement à la dilatation thermique des océans et à la fonte des glaces continentales (glaciers et calottes polaires) (Fig.19). Selon le degré de réchauffement de la planète, cette élévation sera plus ou moins importante et rapide.

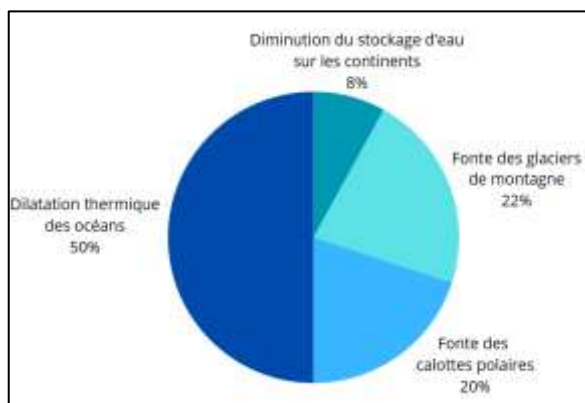


FIGURE 19 : CAUSES DE L'ÉLEVATION DU NIVEAU MARIN ENTRE 1971 ET 2018 (D'APRÈS GIEC, 2021 - RÉALISATION E. FILLIATRE 2025)

Le niveau marin est mesuré par deux types de systèmes :

- Les systèmes **in situ** tels que les marégraphes qui mesurent les niveaux marins relatifs à un référentiel terrestre, depuis plusieurs siècles parfois. Attachés au sol, ils ne tiennent pas compte des mouvements verticaux du sol régionalement qui sont dus à la tectonique, aux éruptions volcaniques, au rebond postglaciaire, etc. Pour corriger ces mouvements de la croûte terrestre, des stations de positionnement GPS précis peuvent être associés aux marégraphes (Woppelmann *et al*, 2009). Néanmoins, ces dispositifs sont en nombre limité et les mouvements du sol restent une source majeure d'incertitude.
- Les systèmes **spatiaux** qui, seulement depuis le début des années 1990, mesurent les niveaux marins du monde entier depuis l'espace, grâce aux satellites altimétriques de haute précision, via des mesures absolues, non contaminées par les mouvements de la croûte terrestre (Cazenave *et al*, 2015).

Dans cette étude, les mesures sont issues du marégraphe de Brest, en service depuis 1711.

Caractéristiques actuelles du niveau marin

Contrairement à l'échelle mondiale, la mer s'élève de manière homogène sur toute la côte bretonne. Depuis la période de référence 1711-1716, le niveau marin a augmenté de 35 cm à Brest. Le phénomène est en accélération à cause du changement climatique (OEB, 2025). Cela est particulièrement préoccupant sur le site, constitué majoritairement d'une côte basse et sableuse. De plus, le chapelet de zones humides arrière-dunaires est composé d'eau douce. Des intrusions d'eaux salines changeraient radicalement la biodiversité qui s'y trouve.

Évolution passée du niveau marin

Le niveau marin varie constamment. Depuis 2,6 millions d'années, cette variation est majoritairement due à la succession de périodes glaciaires et interglaciaires. En 800 000 ans, il y a eu 8 cycles : une glaciation dure en moyenne 100 000 ans et une période interglaciaire de l'ordre de 10 000 ans. Après la dernière période glaciaire, qui a duré de -113 000 à -9 000, le niveau marin est remonté d'environ 130 m en 13 000 ans, soit 10 mm/an en moyenne mais avec de fortes variations, en raison de la déglaciation (Fig.20⁶) (Cazenave 2015). Il est ensuite resté stable, en s'élevant de quelques dixièmes de millimètre par an en moyenne, jusqu'au début de l'ère industrielle (Kemp et al., 2011). A la fin du XIX^e siècle sa vitesse d'élévation a augmenté, suite aux conséquences mondiales de la révolution industrielle. Le niveau marin a ainsi monté 20 fois plus rapidement du XX^e au XXI^e siècle que sur les 2 000 années précédentes (Cazenave et al, 2015).

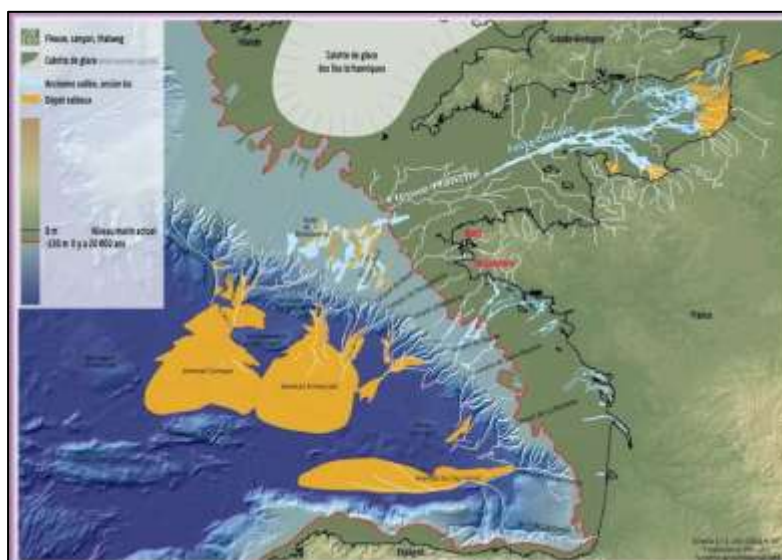


FIGURE 20 : NIVEAU MARIN EN EUROPE DE L'OUEST LORS DE LA DERNIERE PERIODE GLACIAIRE, IL Y A 20 000 ANS (IFREMER)

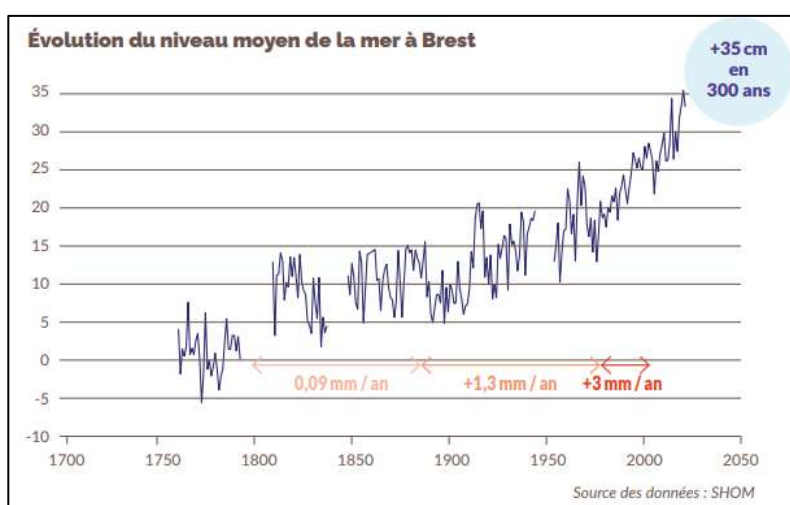


FIGURE 21 : ELEVATION DU NIVEAU MOYEN DE LA MER A BREST PAR RAPPORT A LA PERIODE DE REFERENCE 1711-1716 (OEB, 2025, D'APRES SHOM)

Les mesures du niveau de la mer effectuées au marégraphe de Brest indiquent une élévation d'environ 35 cm depuis les 300 dernières années, par rapport à la période de référence 1711-1716 (Fig.21). Cette élévation a été deux fois plus rapide entre 1980 et 2004 (+3 mm/an) que durant la période 1890-1980 (+1,3 mm/an). Depuis 2004, le niveau marin augmente de 4 mm/an (Colnard et al, 2024).

⁶ <https://www.geo-ocean.fr/Science-pour-tous/Nos-salles-d-etudes/Environnements-sedimentaires-et-paleoclimat/Variation-du-niveau-de-la-mer-4-posters>

Projections futures du niveau marin

Les projections du niveau marin présentées ici dépendent des choix de scénarii, d'hypothèses et des connaissances actuelles. Les valeurs mentionnées présentent donc des incertitudes.

La hausse du niveau marin se poursuivra tout au long du siècle, et même au-delà. Selon les trajectoires de la TRACC, par rapport à 2020, il augmentera encore de 5 à 24 cm d'ici 2050 et de 36 à 69 cm d'ici 2100 (Fig.22).

Cela indique une accélération de la hausse du niveau marin, avec une vitesse pouvant atteindre 5,9 mm/an sur la période 2080-2100, pour un réchauffement atmosphérique mondial de 3°C (Colnard *et al*, 2024).

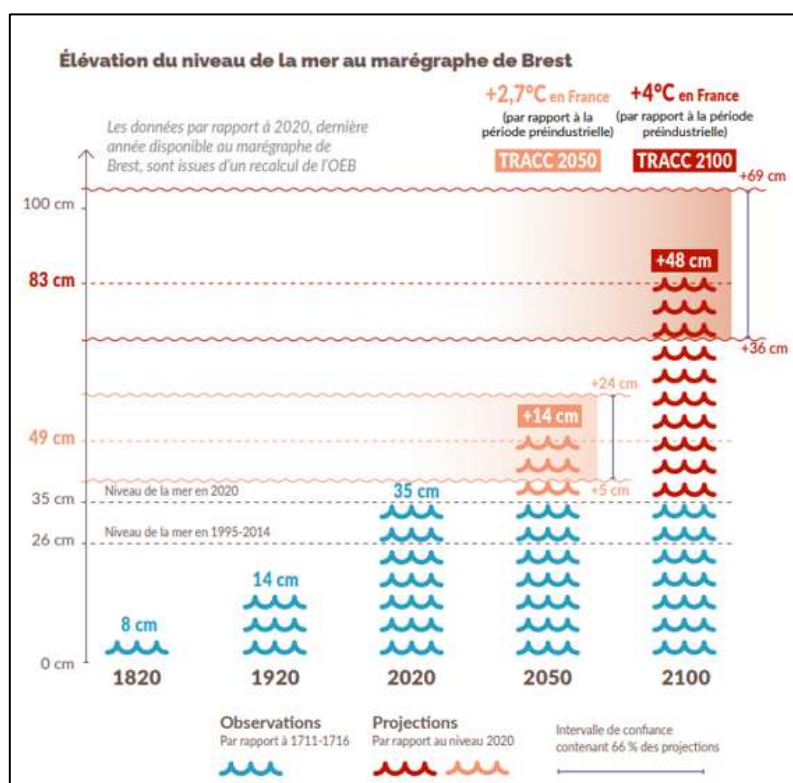


FIGURE 22 : ELEVATION DU NIVEAU DE LA MER A BREST ENTRE 1820 ET 2100 (OEB, 2025)

Les conséquences de la hausse du niveau marin peuvent être aggravées par la houle et le vent qui amplifient le phénomène de surcote.

Indicateur 6 : Vent et houle

LE VENT

Caractéristiques actuelles du vent

Orientations moyennes :

Aux latitudes moyennes (50-60°) sur les façades orientales des océans, où se situe le site étudié, la circulation est zonale et sous l'influence des vents d'Ouest dominants (SO, O, NO) (C. Jung et al, 2024) (Fig.23).

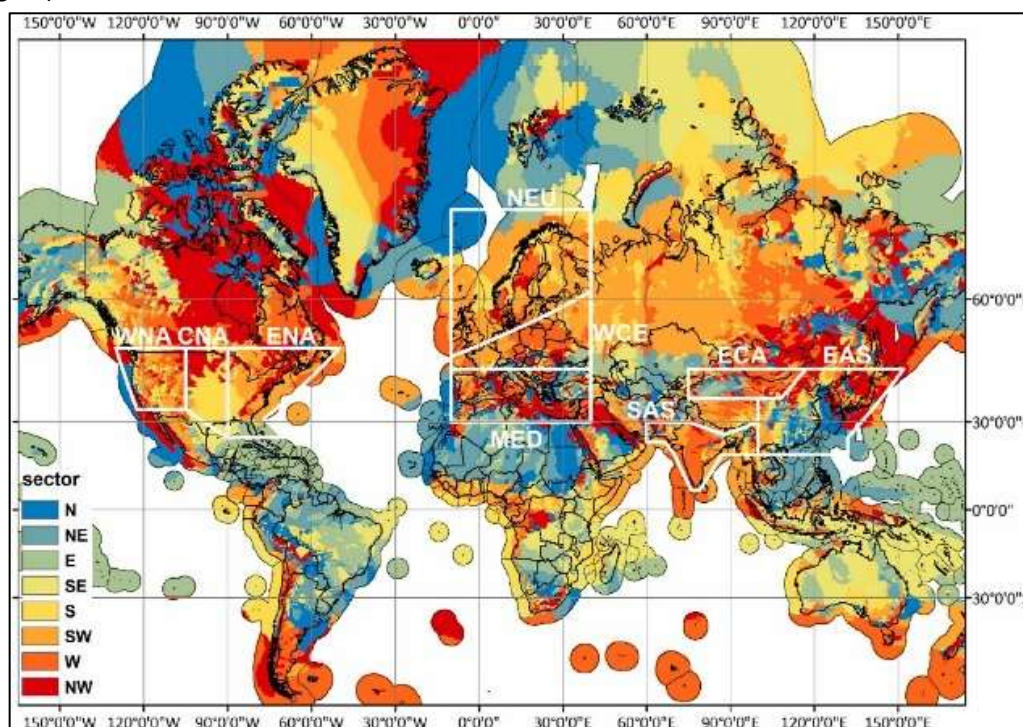


FIGURE 23 : DIRECTION DE PROVENANCE DES VENTS DOMINANTS A LA COTE (C. JUNG ET AL, 2024)

Le Grand Ouest littoral français est caractérisé par un climat océanique dont les paramètres principaux sont la pluie et le vent (Lemasson *et al*, 1997). Le vent est un élément permanent des zones littorales, par le jeu de la brise de mer et de terre. Selon les activités (pêche, sports nautiques, etc.) les vents forts sont redoutés ou recherchés.

La baie d'Audierne jouit d'une réputation nationale voire internationale auprès des pratiquants de sports nautiques, en raison de la qualité de ses vagues et de la constance de ses vents. En effet, aucun obstacle ou relief ne perturbe les vents d'Ouest chargés humidité qui poursuivent leur route vers les terres (Boillot S., 2025).

A Penmarc'h, les vents viennent principalement de l'Ouest/Sud-Ouest. D'avril à août, ils viennent majoritairement de l'Ouest et le reste de l'année de l'Ouest/Sud-Ouest (Fig.24).

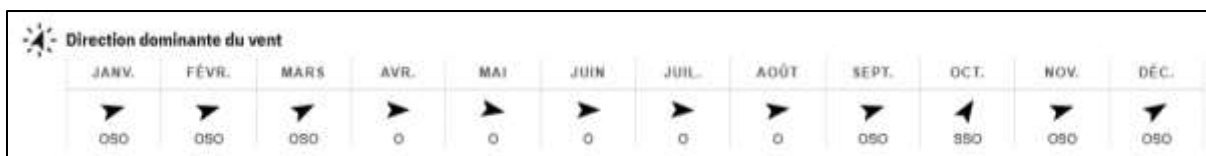


FIGURE 24 : DIRECTION DOMINANTE DU VENT PAR MOIS ENTRE 2010 ET 2024 A PENMARC'H (WINDFINDER)

La façade littorale du site étant orientée Nord-Sud, cette dernière est particulièrement exposée à ces vents dominants (Hénaff *et al*, 2013).

Vitesse :

La vitesse moyenne du vent entre 2010 et 2024 à Penmarc'h est de 24 km/h (Windfinder).

La saison la moins venteuse est l'été et la plus venteuse est l'hiver. De novembre à février, la vitesse du vent dépasse 43 km/h environ 15% du temps, alors qu'elle ne les dépasse presque jamais de mai à septembre (Fig.25). Le site est caractérisé par une présence de vent quasi continue : les mois les moins venteux présentent ainsi des vents d'au moins 14 km/h pendant près de 70% du temps.

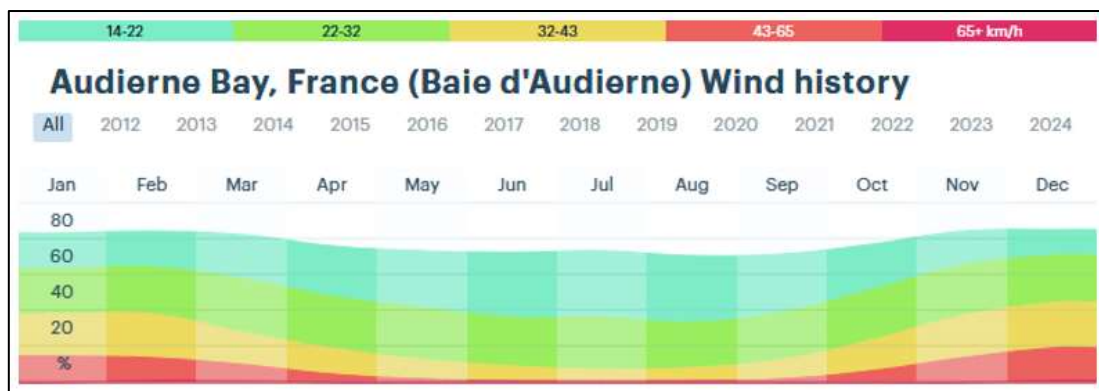


FIGURE 25 : ROSE DES ORIENTATIONS DES VENTS ET VITESSE MENSUELLE DU VENT EN BAIE D'AUDIERNE ENTRE 2012 ET 2024 (WINDY)

D'après cette figure, sur l'année, le vent souffle :

- à 65 km/h ou plus : de 1 à 2 % du temps, sans variations d'un mois à l'autre.
- de 43 à 65 km/h : de 15 % à 20 % de novembre à février (hiver) à 5-10 % en intersaison (mars – avril puis octobre) et quelques 3 % en saison estivale (mai à sept.)
- de 32 à 43 km/h : de 15 à 25 % du temps durant la fin d'automne et l'hiver (de novembre à février) ; s'abaissant à 10 % puis à 5 % du temps le reste de l'année.
- de 22 à 32 km/h : de 20 à 25 % tout au long de l'année.
- de 14 à 22 km/h : de 10% (décembre) à 20 % (janvier à mars) en hiver ; puis de 25 à 30 % au printemps (mars –avril et mai) et en automne (octobre) ; et de 30 à 40 % durant la saison estivale (juin à septembre).
- à moins de 14 km/h : 15 à moins de 20 % du temps l'hiver et en intersaison et 25 % du temps l'été (mai à septembre).

Sur les côtes de la CCPBS, les hivers de 2019-2020 et 2023-2024 ont été caractérisés par des vents majoritairement de provenance Sud-Ouest et de fortes intensités (> 36 km/h). Ces hivers ont engendré des érosions significatives sur le littoral et les transports sédimentaires ont majoritairement été observés de l'Ouest vers l'Est (Fig.26).

Les hivers de 2021-2022 et 2022-2023 ont été caractérisés par une composante Est à Nord-Est des vents beaucoup plus présente. Bien que ces vents soient modérés (< 10 m/s), ils engendrent une inversion de la dérive littorale (EGIS, 2024).

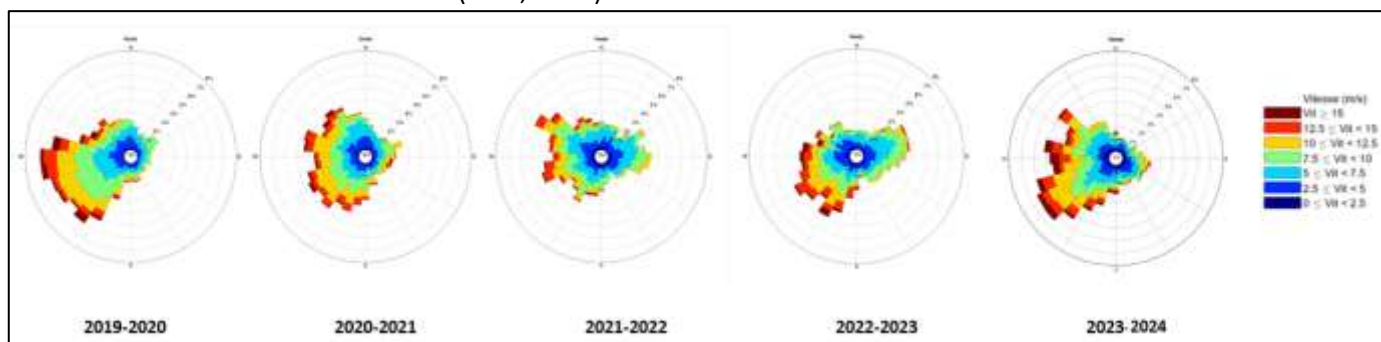
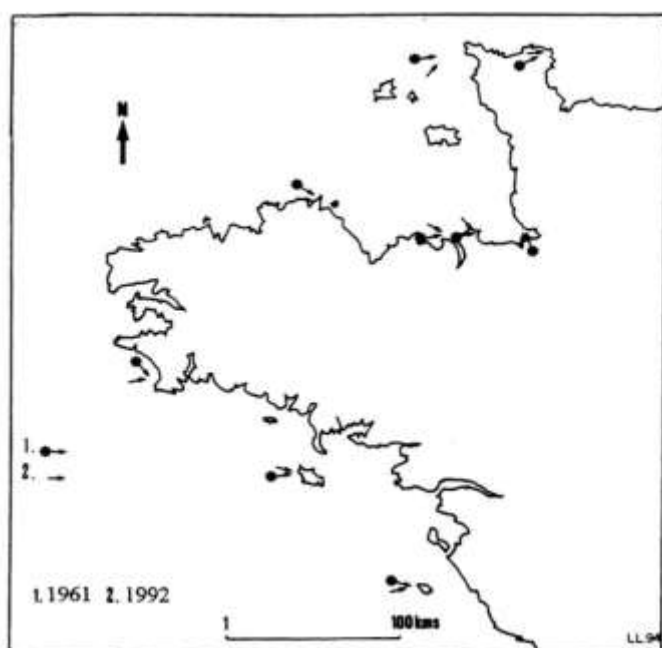


FIGURE 26 : ROSE DES VENTS DES HIVERS 2019 A 2024 AU DROIT DES COTES DE LA CCPBS (EGIS, 2024)



Évolutions passées des vents (1951-2024)

Orientations moyennes :

D'après la figure 27, entre 1961 et 1992, la direction des vents en baie d'Audierne a changé. Elle est passée de Nord/Nord-Ouest à Ouest/Sud-Ouest.

FIGURE 27 : EVOLUTION DES DIRECTIONS DU VENT ENTRE 1961 A 1992 EN BAIE D'AUDIERNE (LEMASSON ET AL, 1997)

Vitesse :

En revanche, d'après la figure 28, la vitesse moyenne du vent à Penmarc'h a peu évolué.

FIGURE 28 : EVOLUTION DES VITESSES MOYENNES DU VENT DE 1951 A 1992 A PENMARC'H (LEMASSON ET AL, 1997)



Sur la période 1973-2024, à Penmarc'h, il y avait des rafales à plus de 57 km/h entre 2 et 144 jours par an, avec une moyenne de 84 jours/an (Fig.29). Une tendance à la hausse de la vitesse de ces rafales est observée. De plus, des rafales à plus de 100 km/h ont été observées entre 1 et 24 jours par an, avec une moyenne de 9,7 jours/an. La rafale maximale de vent enregistrée était de 183,3 km/h (Fig.29).

NB : La dénomination de vent violent s'applique en météorologie aux vents moyens atteignant au moins **89 km/h**. Dans le langage courant, et notamment dans le cadre de la « garantie tempête » des contrats d'assurance, la référence concerne les rafales supérieures à **100 km/h** (Météo-France).

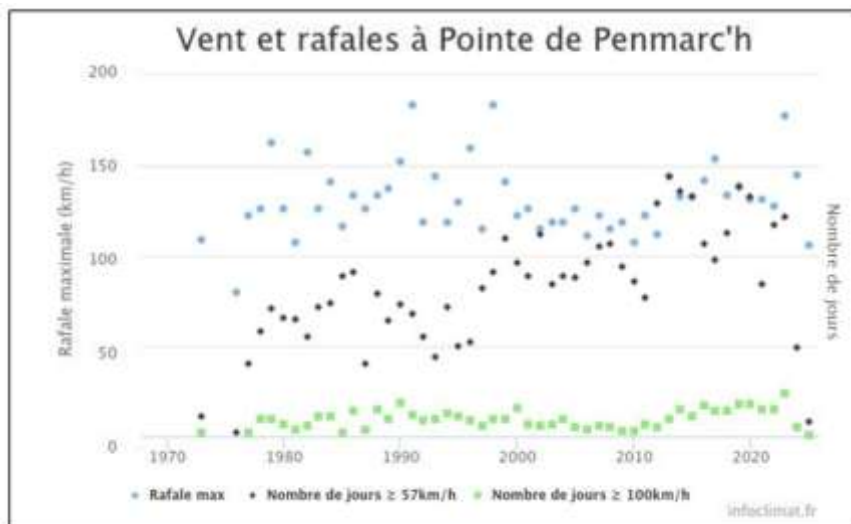


FIGURE 29 : VENT ET RAFALES A LA POINTE DE PENMARC'H ENTRE 1973 ET 2024 (INFOCLIMAT)

A plus large échelle, les observations entre les années 1960 et 1990 sur le Grand Ouest français montrent que les situations de vent fort sont de plus en plus fréquentes et surtout de plus en plus rapprochées (Lemasson *et al*, 1997).

Projections futures du vent

Les observations montrent une baisse claire et significative des vitesses de vent élevées. Cette diminution est due à d'autres facteurs que le changement climatique, notamment potentiellement à l'augmentation de la rugosité de surface due à la croissance des forêts et à l'urbanisation dans l'hémisphère nord (Vautard *et al*, 2010 ; Wever *et al*, 2012) et peut-être à la variabilité décennale et aux effets des aérosols.

Toutefois, dans le futur, les simulations indiquent que le réchauffement climatique pourrait entraîner une augmentation marginale (de 0 à 20 %) de la probabilité de vents horaires extrêmes jusqu'au milieu du siècle (Vautard, 2019).

En Europe, la vitesse annuelle et hivernale du vent va peu varier, mais elle diminuera fortement l'été. De manière générale, il y aura en Europe beaucoup plus souvent de faibles vitesses de vents. En Europe du Nord, la variabilité intra-annuelle de la vitesse des vents va augmenter de 30%. En Europe de l'Ouest, l'occurrence de vents entre 40 et 72 km/h va fortement diminuer (Moemken, 2018).

La fréquence d'apparition des courants-jets d'occlusion (zone de vents très forts dans une tempête), parfois observés lors des tempêtes les plus fortes dans l'Atlantique Nord-Est, semble augmenter, d'après les simulations de modèles climatiques (Martínez-Alvarado *et al*, 2018), mais la zone préoccupante se situe principalement au-dessus de l'océan.

LA HOULE

Caractéristiques actuelles de la houle

La **houle** est un mouvement ondulatoire de la surface de la mer qui se propage sur de longues distances, indépendamment du vent local qui lui a donné naissance (Ardhuin *et al*, 2009). La façade littorale du site étant orientée Nord-Sud, ce dernier est très exposé à la houle (Hénaff *et al*, 2013).

Environ 50% des houles déferlant sur le littoral bigouden sont formées dans la zone 4 de l'Atlantique Nord-Ouest représentée sur la figure ci-contre (Fig.30).

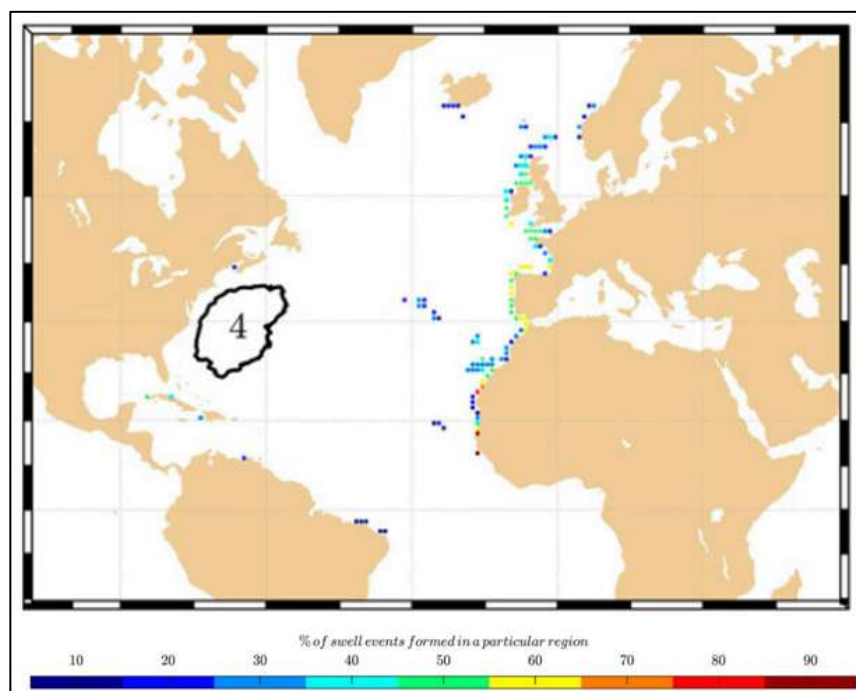
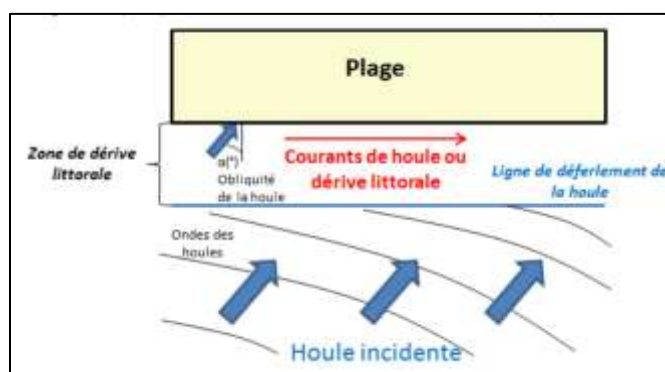


FIGURE 30 : POURCENTAGE DES HOULES FORMÉES DANS L'ATLANTIQUE NORD-OUEST SELON LES CÔTES (AMORES A. ET MARCOS M., 2019)



Quand la houle déferle avec une certaine obliquité par rapport au rivage, elle donne naissance à un courant parallèle au rivage localisé dans la zone comprise entre le déferlement et la côte (Fig.31). Ce courant est appelé **dérive littorale**. Il produit un transport sédimentaire important le long de la côte.

FIGURE 31 : COURANTS DE HOULE (EGIS, 2024)

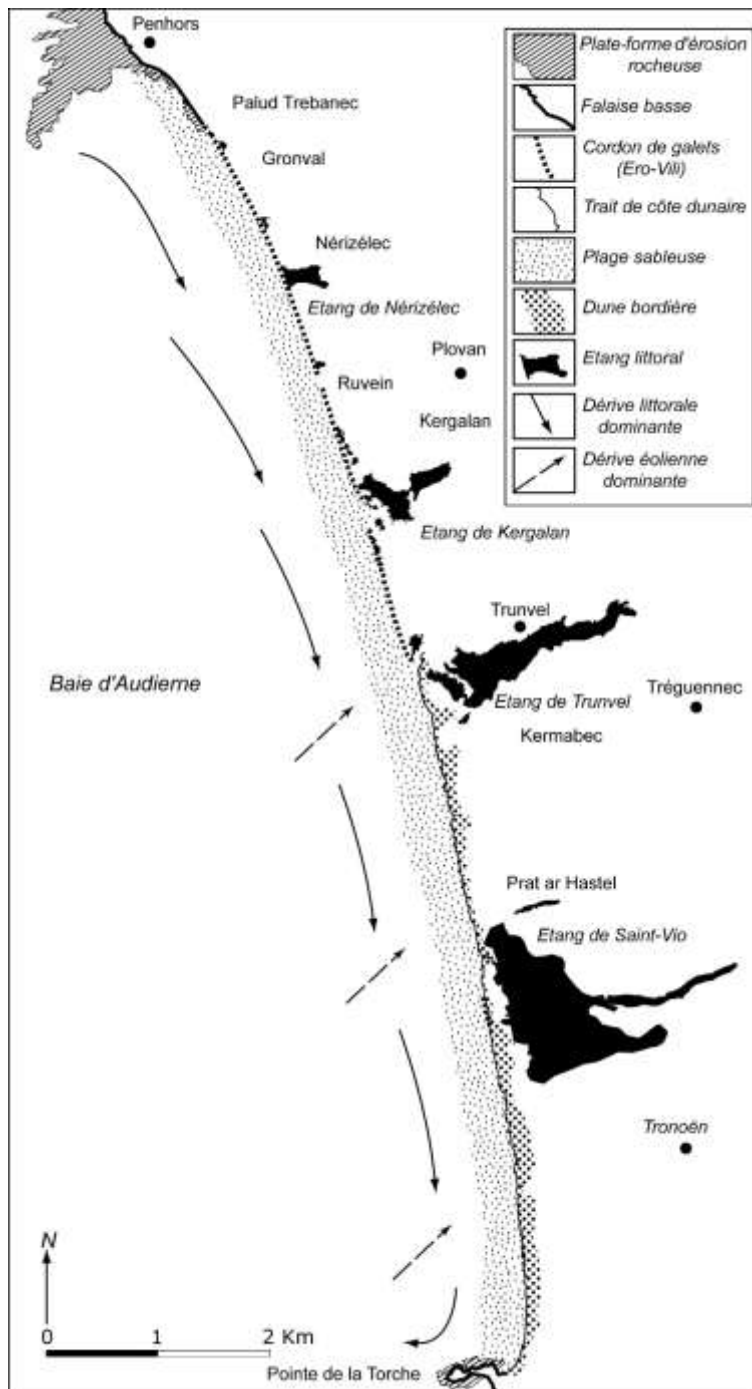


FIGURE 32 : TRANSIT SEDIMENTAIRE EN FONCTION DES DERIVES LITTORALE ET EOLIENNE DOMINANTES EN BAIE D'AUDIERNE (HENAFF ET AL, 2013)

Ces courants de houle, parfois violents, notamment en période de tempête, varient en fonction de l'obliquité des lignes de crête de la houle par rapport aux lignes bathymétriques et de la morphologie des fonds marins. De manière générale, pour des plages de pente classique, cela génère des courants d'environ 0,5 m/s pour une houle de 2 m et une obliquité de 10° (EGIS, 2024).

Sur le site, les houles sont peu atténuées en raison de l'absence de platier rocheux. Les houles dominantes d'ouest et de nord-ouest provoquent une dérive littorale portant vers le sud (Fig.32). Les houles les plus fréquentes ont une hauteur comprise entre 1 et 2 m, les hauteurs maximales pouvant atteindre 7 à 8 m.

Évolution passée de la houle (1950-1992)

Entre 1961 et 1992, la tendance est au basculement du vent dans la direction Sud-Ouest en baie d'Audierne (Fig.33). Cela a une

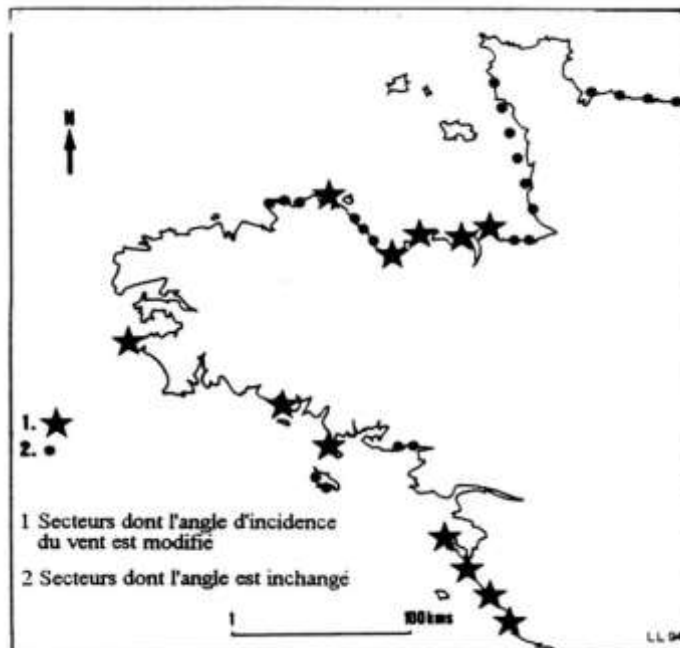


FIGURE 33 : ANGLES D'INCIDENCE DU VENT A LA COTE ENTRE 1961 ET 1992 (LEMASSON ET AL, 1997)

incidence sur le vent à la côte en baie d'Audierne. Le transit éolien des sables sur l'estran et le transport des sédiments par la dérive littorale en sont affectés. En effet, cela peut mettre en mouvement des sédiments et matériaux plus grossiers (Lemasson *et al*, 1997), la dérive peut se réduire et son sens peut même s'inverser certaines années (Yoni *et al*, 2004) (Annexe 1).

Dans les latitudes moyennes de l'Atlantique Nord, la hauteur significative des vagues hivernales montre une augmentation séculaire de 10 à 40 cm par décennie au cours des 45 dernières années (Wang et Swail, 2001 ; Caires S. et Sterl A., 2005). De plus, une intensification des

vagues de hauteur extrême sur cette période a été observée. Cependant, dans l'Atlantique Nord, les tendances de changement de la mer et de la houle sont très différentes, montrant des signes opposés de changement dans l'Atlantique Nord-Est (Gulev S. K., *et al*, 2006).

Projections futures de la houle

Les projections basées sur le scénario RCP 8.5 montrent que, d'ici la fin du siècle, le nombre d'événements de houle générés dans l'hémisphère Nord qui atteignent les côtes va diminuer (Amores A. et Marcos M., 2019). Si les projections sur la hauteur de houle ne montrent pas de tendance spécifique, la houle sera influencée par l'augmentation du nombre de cyclones provenant du Golfe du Mexique (Gulev S. K., *et al*, 2006).

Une dépression atmosphérique qui génère des rafales supérieures à 90 km/h est qualifiée de tempête (Météo-France).

Indicateur 7 : Évènements extrêmes

Il s'agit ici d'étudier deux types de phénomènes extrêmes : les **tempêtes** et les **submersions** marines.

Une **tempête** est un système dépressionnaire avec des vents violents, de plus de 100 km/h. Elle crée des conditions propices aux phénomènes de submersion et d'érosion des côtes, tout particulièrement lors des pleines mers associées à de vives eaux. La formation et l'intensité des tempêtes sont dépendantes de différents processus liés aux températures et à l'humidité de l'atmosphère, ce qui les rend naturellement très variables. Il n'existe pas de consensus scientifique sur l'influence du changement climatique sur la fréquence ou l'intensité des tempêtes en Europe. Par contre, les conséquences des tempêtes s'amplifient avec la montée du niveau de la mer, ce qui augmente les risques de submersions marines et d'érosion des côtes (OEB, 2025).

Les **submersions marines** sont des inondations temporaires des zones côtières par la mer. Lors des tempêtes, la diminution de la pression atmosphérique et l'effet des vents forts lorsqu'ils viennent de la mer entraînent une élévation provisoire du niveau de la mer (surcote). Ces conditions météorologiques défavorables créent alors des risques de submersion, encore plus élevés si la tempête frappe lors de marées hautes et si elle est accompagnée de fortes houles (OEB, 2025). Il existe 3 grands types de submersion : le débordement et la surverse (débordement par-dessus un obstacle topographique littoral en zone basse), la rupture du trait de côte (débordement avec variation de la cote du terrain naturel) et le franchissement par paquets de mer (Annexe 2). Les zones basses sont particulièrement exposées à la submersion marine, en cas de débordement ou de rupture des structures naturelles ou artificielles qui les séparent de la mer.

Caractéristiques actuelles des évènements extrêmes

Le site de la RNR est majoritairement constitué de zones basses littorales, largement exposées aux vents et à la houle. Ainsi, il est très sensible aux tempêtes et aux submersions. Toutefois, il est peu urbanisé, ce qui réduit les risques pour des enjeux matériels et humains exposés. Le sud du Pays bigouden est par contre considéré comme une zone particulièrement à risque et dispose donc d'un Plan de prévention des risques littoraux (PPRL Ouest Odet) créé en 2016 pour prévenir les phénomènes d'érosion et de submersion. Ce dernier recense l'historique des tempêtes ayant causé des dégâts et permet donc de disposer de données locales. Sur notre site, seule la commune de Penmarc'h en fait partie.

D'après le travail de thèse de Cariolet sur les submersions marines en Bretagne (Cariolet, 2011), les épisodes d'inondation par submersion marine se produisent essentiellement en hiver (notamment en janvier et février). Par ailleurs, les submersions historiques ont généralement eu lieu très tôt le matin (vers 6h UTC) ou en soirée (vers 18h UTC), aux heures des pleines mers de vives eaux en Bretagne (PAPI Littoral Sud Finistère, 2023).

Le programme d’actions et de prévention des inondations (PAPI) Littoral Sud Finistère (2023) présente la submersion marine comme un aléa fréquent sur l’anse de Pors Carn (Penmarc’h) (Fig.34) (Annexes 3 et 4).



FIGURE 34 : FREQUENCE DE L’ALEA DE SUBMERSION MARINE SUR LE TERRITOIRE DU PAPI LITTORAL SUD FINISTERE (PAPI LITTORAL SUD FINISTERE, 2023)

Évolution passée des évènements extrêmes (1867-2023)

Fréquence

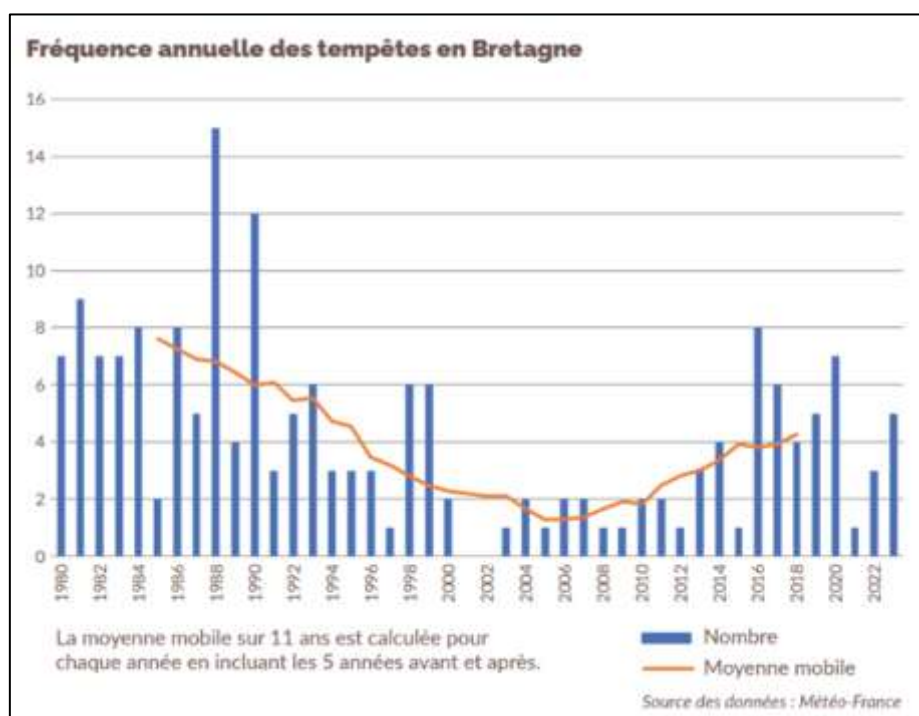


FIGURE 35 : NOMBRE ET MOYENNE ANNUELLE DES TEMPETES EN BRETAGNE (OEB, 2025)

Le nombre de tempêtes ayant affecté la région Bretagne est très variable d'une année sur l'autre. Entre 1980 et 2023, le nombre de tempêtes annuel recensé a varié entre 0 et 15 (Fig.35). De 1980 à 2006, une tendance à la baisse significative du nombre de tempêtes ayant affecté la région est observée, mais sans lien avéré avec le changement climatique (Haut Conseil Breton pour le Climat, 2024). L'inversion de l'oscillation Nord-Atlantique pourrait expliquer cette diminution. Depuis 2006, la tendance est à la hausse.

À plus large échelle spatiale, aucune tendance n'est observée sur la fréquence et l'intensité des tempêtes en France, sur la façade Atlantique et dans l'hémisphère nord (OEB, 2025).

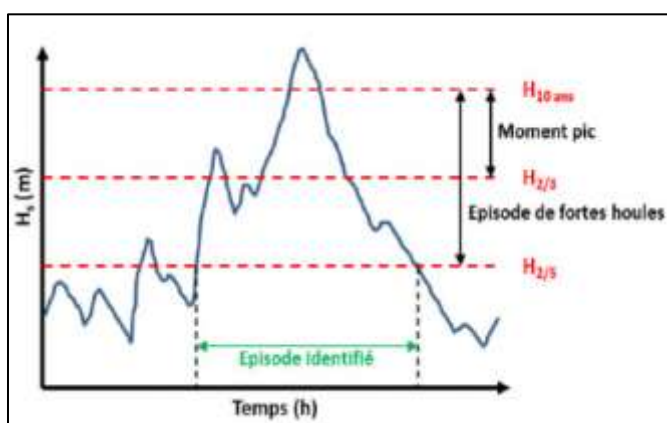


FIGURE 36 : SCHEMA DE PRINCIPE DE SELECTION DES EVENEMENTS DE FORTES HOULES (LERMA A. N. ET AL, 2014) (EGIS, 2024)

Les tempêtes sont identifiées et caractérisées par la hauteur significative des vagues (H_s) et la valeur maximale de H_s qui revient statistiquement une fois tous les 10 ans (H_s 10 ans) (Fig.36). Tous les événements ayant dépassé la valeur de 2/3 de H_s 10 ans ($H_{2/3}$) sont considérés comme des tempêtes. La valeur la plus forte de H_s est le pic de la tempête. La durée de chaque tempête correspond à la période pendant laquelle les valeurs de H_s sont supérieures à la valeur 2/5 de H_s 10ans (H_s 2/5).

Plus spécifiquement sur le site, le tableau (Tab.6) présente les caractéristiques des tempêtes au large du littoral sud Finistère

entre 2008 et 2019. En moyenne 3 à 4 tempêtes hivernales par an sont observées, avec une hauteur significative des vagues (H_s) de 8,43 m et une durée de 86 heures (EGIS, 2024). Le PAPI Littoral Sud Finistère cite notamment la tempête du 14 décembre 1978 (rafales à 120 km/h, coefficient de marée de 81), la tempête du 15 octobre 1987, qui frappa en période de morte-eau, ce qui en limita les effets (pression minimale de 948 hPa, rafales à 180 km/h, surcote de 1,6 m à Brest), la tempête du 10 mars 2008 (rafale à 115 km/h, coefficient de marée de 104) et celles de l'hiver 2013-2014, particulièrement énergétiques (6 événements de tempêtes avec un H_s moyen de 9,19m) (Tab.6) (EGIS, 2024).

Nombre d'épisodes de tempêtes	42
Hs pic maximum des épisodes de tempêtes (m)	10.75
Hs pic moyen des épisodes de tempêtes (m)	8.43
Durée moyenne d'un épisode de tempêtes (h)	86
Durée maximale d'un épisode de tempêtes (h)	380
Nombre d'épisodes où la hauteur de houle dépasse Hs 2/5	315
Nombre d'heures où la hauteur de houle dépasse Hs 2/5	9712

TABEAU 6 : CARACTERISATION DES REGIMES DE TEMPETES ENTRE 2008 ET 2019 AU LARGE DU LITTORAL SUD FINISTERE (EGIS, 2024)

De 2008 à 2019, la majorité des vagues est comprise entre une hauteur significative de 1 et 4 m et de direction Ouest à Ouest-Nord-Ouest (Fig.37). Les hauteurs significatives restent inférieures à 1,0 m 7% du temps, inférieures à 2,0 m 48% et inférieures à 3,0 m 73% du temps (EGIS, 2024).

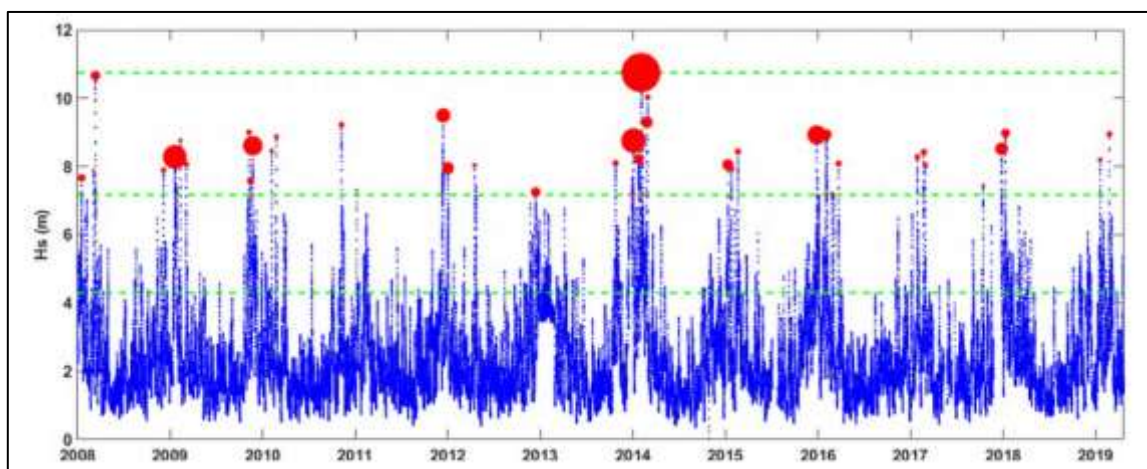


FIGURE 37 : MESURES DE HAUTEUR Hs DE HOULE AU LARGE DU LITTORAL SUD FINISTERE ENTRE 2008 ET 2019 (EGIS, 2024)

(Les droites en pointillés verts représentent (du haut vers le bas) : Hs 10ans, Hs 2/3, Hs 2/5. Les cercles rouges représentent les pics de périodes de tempêtes, leur taille est proportionnelle à la durée de l'évènement.)

Dégâts

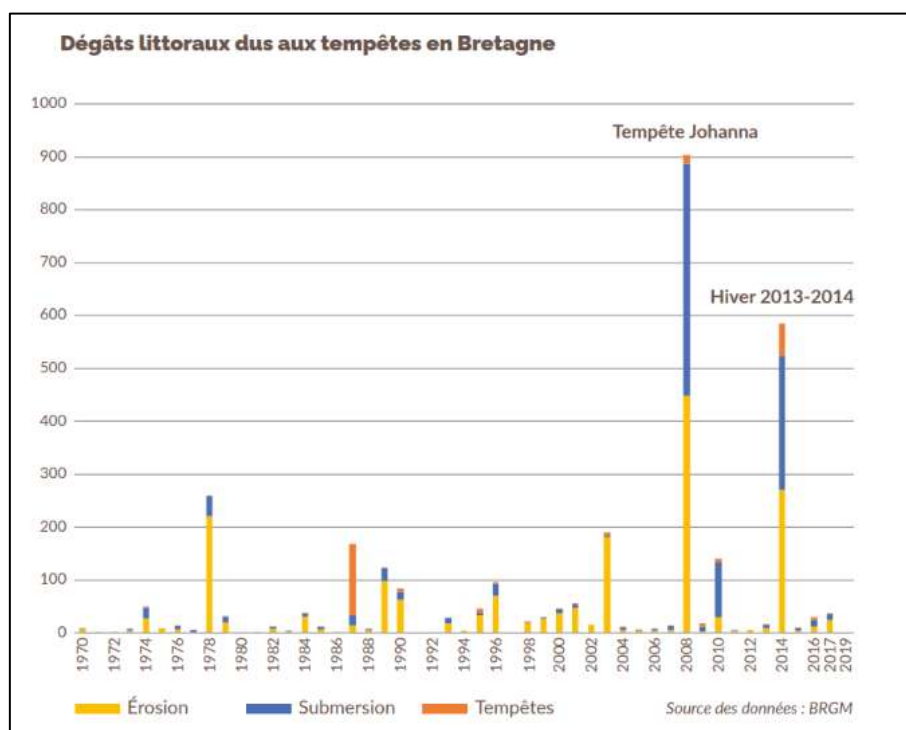


FIGURE 38 : DEGATS LITTORAUX DUS AUX TEMPETES, AUX SUBMERSIONS ET A L'EROSION EN BRETAGNE (OEB, 2025)

La base de données du BRGM sur les dégâts littoraux dus aux tempêtes met en évidence l'impact très important des submersions lors des tempêtes Johanna (2008) et de l'hiver 2013-2014 sur les côtes bretonnes, qui représentent environ la moitié des dégâts observés (Fig.38) (OEB, 2025).

En Bretagne, aucune évolution significative dans la fréquence ou l'intensité des tempêtes n'a été observée, ces dernières restent très aléatoires d'une année à l'autre.

Si l'élévation millimétrique du niveau de la mer semble avoir un effet dérisoire sur le littoral, la hauteur des surcotes engendrées lors des tempêtes est pourtant très importante : 1,60 m à Brest au passage de l'ouragan du 16 octobre 1987 ou encore 0,78 m à Concarneau lors de la tempête Johanna du 10 mars 2008. Ces événements ponctuels de grande amplitude sont en partie causés par l'élévation du niveau de la mer (Colnard et al, 2024).

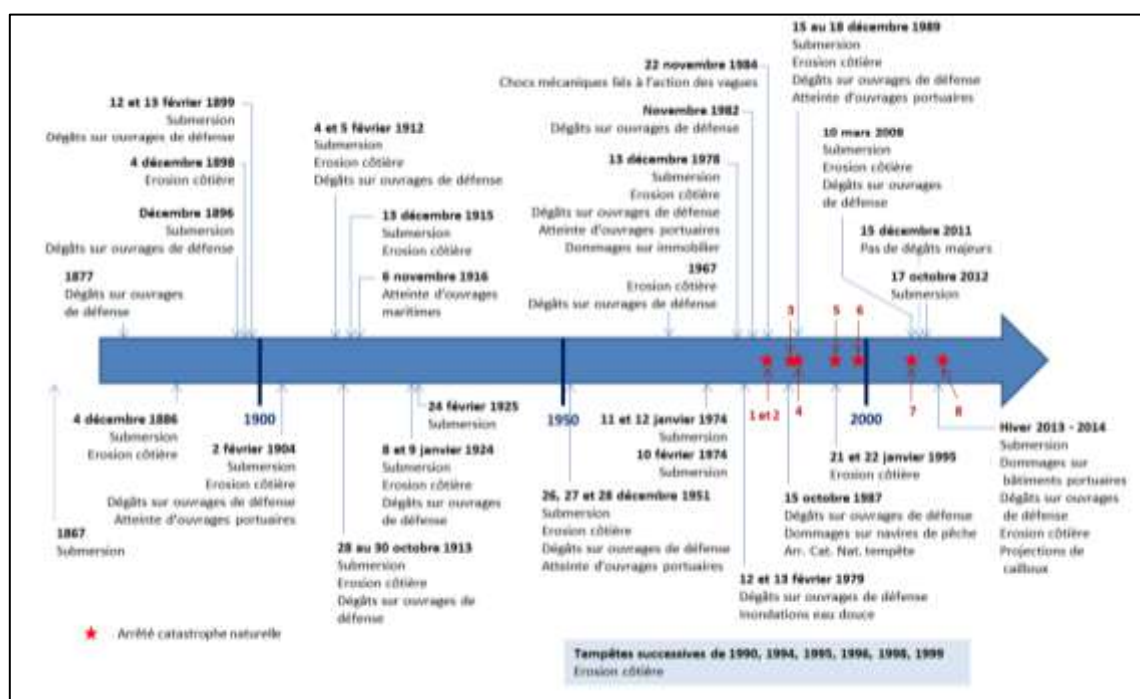


FIGURE 39 : BILAN DES EVENEMENTS HISTORIQUES AYANT OCCASIONNE DES DEGATS SUR LE LITTORAL DE LA COMMUNE DE PENMARC'H (PPRL OUEST ODET, 2016)

Cette frise (Fig.39) met en lumière la récurrence des tempêtes et des submersions ainsi que les dégâts que cela a engendré entre 1867 et 2014 à Penmarc'h. Les dégâts observés concernent notamment les ouvrages anthropiques, peu présents sur le site. C'est pourquoi cette étude se concentre sur les submersions et l'érosion que les tempêtes favorisent.

Ces vingt dernières années ont été marquées par des événements de submersion majeurs en Bretagne (Johanna en 2008, Xynthia en 2010 et l'hiver 2013-2014), engendrant de nombreux dégâts. Cette phase intense fait suite à une période de 50 ans où peu de dégâts littoraux avaient été recensés (OEB, 2025). Toutefois, la croissance des enjeux sur le littoral, qui auparavant était bien moins urbanisé, peut expliquer cette croissance des dégâts, l'exposition étant plus grande.

Projections futures des événements extrêmes

Les projections climatiques ne montrent pas de tendances significatives dans la fréquence et l'intensité des tempêtes en France, à court (2050) ou long terme (2100). Le GIEC projette, au-delà de 2050 pour

un réchauffement global de +2°C, une augmentation du nombre et de l'intensité des tempêtes en Scandinavie et au Royaume-Uni (OEB, 2025).

Toutefois, l'élévation du niveau marin et le développement des enjeux littoraux augmentent l'exposition des côtes aux tempêtes et aux aléas côtiers, ce qui peut en aggraver les impacts (OEB, 2025).

En effet, cette montée des océans rehausse les niveaux d'eau lors des tempêtes. Ainsi, les niveaux marins extrêmes (grande marée, surcote, houle) atteindront plus fréquemment le rivage, ce qui intensifiera l'érosion des côtes et augmentera la fréquence des submersions marines.

Pour une hausse du niveau marin de 60 cm, les submersions seront potentiellement 10 à 100 fois plus fréquentes (OEB, 2025). Les zones basses pourront graduellement être exposées à la submersion chronique (soit à marée haute), puis à la submersion permanente, entraînant ainsi un recul du trait de côte.

Le bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) a créé un outil cartographique permettant de visualiser les zones exposées à la submersion marine pour des élévations du niveau de la mer, à marée haute, allant de +0,5 m à +4,0 m (Tellez-Arenas *et al*, 2018). D'ici 2100, la hausse du niveau marin sur le site sera d'environ +48 cm par rapport à 2020 (TRACC). La carte ci-contre montre les zones qui seront alors exposées à la submersion marine à marée haute pour une telle élévation (+50 cm) (Fig.40⁷).

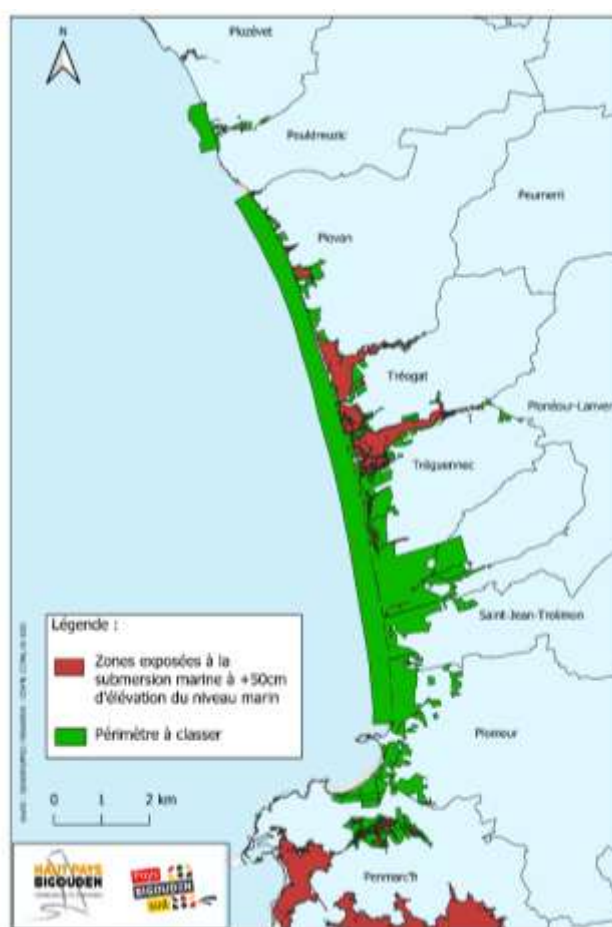


FIGURE 40 : LES ZONES EXPOSEES A LA SUBMERSION MARINE A +50 CM D'ELEVATION DU NIVEAU MARIN SUR LE SITE (REALISATION E. FILLIATRE, 2025, D'APRES BRGM)

Le niveau marin, le vent, les tempêtes et la houle sont des agents morphogéniques naturels de modelage du trait de côte. En raison des évolutions de ces éléments, les transformations du trait de côte sont à étudier.

⁷ <https://sealevelrise.brgm.fr/slr/#lng=-4.30990;lat=47.88740;zoom=13;level=1.0;layer=0>

Indicateur 8 : Transformations du trait de côte

A partir de l'examen de l'évolution des agents morphogénèses (hydrologie continentale, niveau marin, vents, houles, tempêtes et submersions), à l'échelle de temps pluri-décennale, il est possible d'appréhender les adaptations du littoral d'accrétion sédimentaire (Hénaff *et al*, 2013). Le trait de côte correspond à la limite de rivage entre terre et mer et est défini selon des critères physiques (Annexe 5). Les transformations du trait de côte sont dues notamment au déplacement de ses délimitations et à ses changements de nature de substrat.

L'érosion côtière consiste en la perte de matériel littoral (sable, roche, galets) plus ou moins importante selon le type et la nature des côtes. Les côtes d'accumulation (plages, cordons, etc.) alternent souvent des phases de recul et d'avancée. Les activités humaines et les ouvrages fluviaux et littoraux modifient les flux sédimentaires et influencent le trait de côte (OEB, 2025). Le recul du trait de côte est particulièrement visible sur le site par la présence de blockhaus en milieu de plage, initialement situés en haut ou en arrière de dune (Fig.41).



FIGURE 41 : BLOCKHAUS SUR LA PLAGE A TRONOËN (©BOILLOT S., 2025)

Sur le site, le changement de nature du substrat du trait de côte y est marqué par :

- Le déplacement du cordon dunaire vers le Sud et dans les terres,
- l'amincissement du cordon de galets et sa migration vers le Sud,
- la formation de falaises.

La dynamique actuelle des côtes meubles est en perpétuel ajustement en fonction du jeu combiné des forces météo-marines, des bilans sédimentaires et des interventions humaines.

Caractéristiques actuelles du trait de côte

La baie d'Audierne est limitée par 2 saillants de roches dures granitiques (cap-Sizun / cap-Caval), entre lesquels on trouve des formations métamorphiques (Cogné, 1960). Le contraste de résistance explique les effets d'érosion différentielle : une côte élevée à falaise au nord, une côte de plates-formes rocheuses au sud et, au centre, sur le site d'étude, une côte d'accumulation sableuse, largement ouverte, peu profonde, dégagée dans les formations micaschisteuses plus tendres (Buisson et Roussel, 2021). Le site est marqué par une vaste plage de sables fins de près de 12 km de long. La façade ouest du Pays bigouden y est peu urbanisée, hormis à Penhors, ce qui réduit les enjeux humains et matériels. Toutefois il y a de grands enjeux environnementaux et paysagers, notamment au niveau du cordon dunaire et de galets qui marque le trait de côte (Faye *et al*, 2007). Ce dernier est de différentes natures (fig.42). Au nord, le trait de côte est formé de falaises de micaschistes altérés sur près d'un kilomètre. Un cordon de galets, l'*Ero-Vili*, y prend racine. Cet élément géologique remarquable s'étend actuellement vers le sud sur près de 6 km, et retient les eaux continentales qui forment un chapelet d'étangs littoraux. Il est substitué par un massif dunaire vers le sud jusqu'à la pointe de la Torche (Hénaff *et al*, 2013). Un second cordon de galets fossile sur la partie terrestre témoigne de l'ancien niveau de la mer. Il a été formé il y a 120 000 ans et est donc plus haut que le premier (Blais, 2011).

Le trait de côte recule rapidement en comparaison avec le reste de la Bretagne. Cela est notamment dû à son exposition aux vents dominants et aux houles qui favorisent une érosion marine active. Ce phénomène est aggravé par la présence de sédiments meubles et d'une fragilisation du cordon dunaire et de galets par les interventions anthropiques (Faye *et al*, 2007).

Les tempêtes hivernales, associées à de forts coefficients de marées et à des vents d'Ouest, fragilisent grandement les cordons dunaires et de galets et amplifient l'érosion du trait de côte (Boillot S., 2025) (Fig.43).

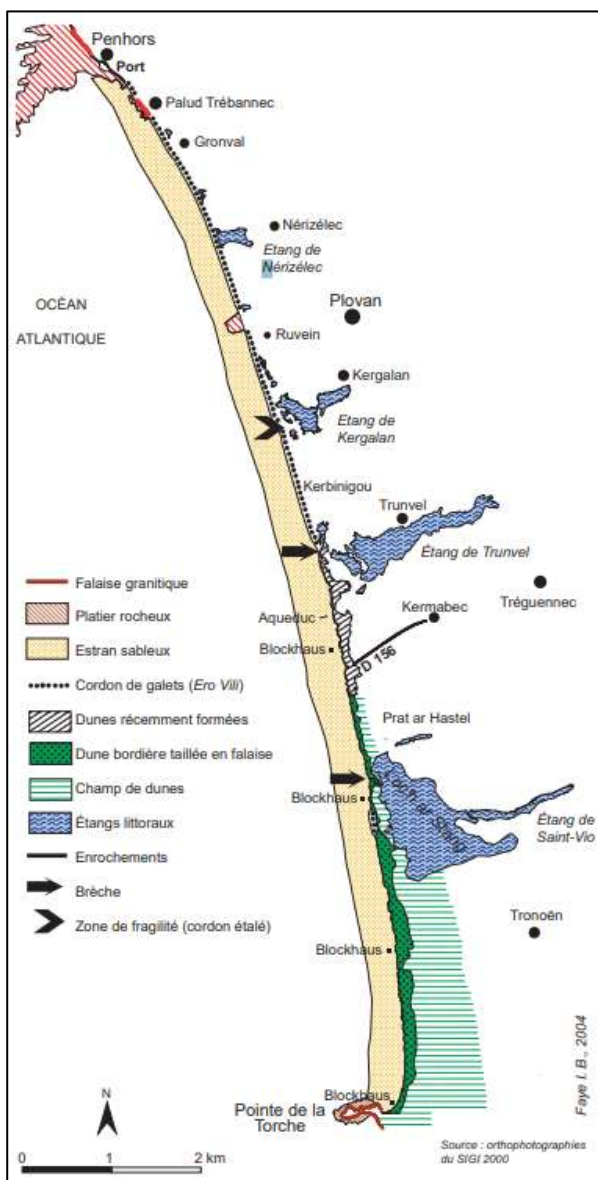


FIGURE 42 : MORPHOLOGIE DU LITTORAL DE LA BAIE D'AUDIERNE ENTRE PENHORS ET LA POINTE DE LA TORCHE (FAYE ET AL, 2007)



FIGURE 43 : PROFIL DE LA DUNE A LA PLAGE DE LA TORCHE AVANT ET APRES DES MAREES DE COEFFICIENT 96 ET 97 ASSOCIEES A DES RAFALES DE 83 KM/H DE SUD-OUEST ENTRE LE 24 ET 25 NOVEMBRE 2022 (©THOMAS G., 2022)

Les transits sédimentaires au nord de la Torche sont orientés Nord/Sud. D'un point de vue érosif, les plages de Tronoën et de Kermabec sont identifiées comme très sensibles. Au niveau de la plage de Pors Carn, le transit sédimentaire est orienté vers le nord de la plage et les tendances érosives sont relatives (EGIS, 2024).

En 2014, un cordon d'enrochement a été posé devant le poste de secours de Ru Vein (Plovan) pour remplacer la falaise friable emportée par les dernières tempêtes hivernales. En effet, ce site était fragilisé par la disparition du cordon de galets sur 250 m du fait du contact avec la falaise morte de Ru Vein (Ouest France, 2014).

En 2024, un nouveau cordon d'enrochement a été posé à Penhors (Pouldreuzic) pour protéger le pôle nautique en retirant la cale.

Évolution passée du trait de côte (1781-2004)

Depuis plusieurs décennies, un recul chronique du trait de côte est observé sur le site (Bodéré, 1966 ; Hallégouët *et al*, 1989 ; Hallégouët et Hénaff, 1993 ; Faye *et al*, 2007). Une variabilité des vitesses de ce retrait est à noter. En effet, depuis 1775, 3 phases d'évolution peuvent être distinguées selon les taux de recul enregistrés (Fig.44) (Hénaff *et al*, 2013) :

- Avant la Seconde Guerre mondiale, l'Ero-Vili reculait d'environ 0,5 à 0,6 m/an en moyenne.
- Suite aux extractions massives de galets entre 1940 et 1960 (Mur de l'Atlantique, reconstruction, etc.), l'Ero-Vili ne s'est pas reformé vers le sud. Sur ses 5 derniers kilomètres, il a été aplani et les vagues, les eaux continentales des étangs rétro-littoraux et les agriculteurs y ont percé des brèches (Annexes 6 et 7). Entre 1943 et 1992, la partie la plus éloignée du cordon actuel a connu un recul d'environ 90 m, soit 2 m/an en moyenne. Entre 1966 et 1975, la vitesse était même de plus de 4 m/an (Hallégouët *et al*, 1989).
- Entre 1990 et 2004, la vitesse d'évolution a très nettement diminué (< 1 m/an) dans le centre et le sud du site. Une progradation de 0.66m/an au Prat ar Hastel a même été observée.

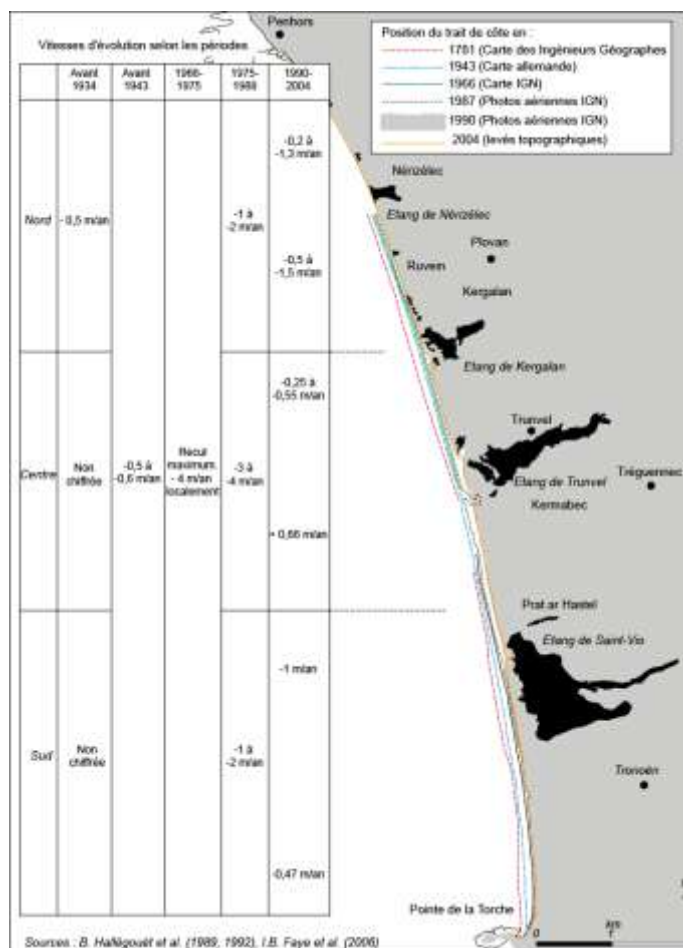


FIGURE 44 : LE RETRAIT DE LA LIGNE DE RIVAGE DEPUIS 1781 EN BAIE D'AUDIERNE : POSITIONS SUCCESSIVES ET QUANTIFICATION DES VITESSES DE REcul PAR PERIODE (HENAFF ET AL, 2013, MODIFIE D'APRES : FAYE ET AL, 2007)

NB : Le détail de la vitesse de recul du trait de côte pour certaines communes entre 1952 et 2018 figure sur l'annexe 8.

Un cordon d'enrochement de 500 m avait été installé à Penhors dans les années 1980 pour protéger les équipements et la zone urbanisée immédiatement au sud du port et la D40 (Faye *et al*, 2007). Ce cordon est régulièrement mobilisé par la marée et une partie de la route est rendue inaccessible en hiver par les projections massives de galets.

Au-delà de ces évolutions moyennées sur plusieurs décennies, la position du trait de côte a également été fortement modifiée par les tempêtes. En effet, pendant ces événements extrêmes, les fortes houles attaquent le haut de l'estran ce qui peut provoquer des reculs, des amaigrissements et des brèches (Hénaff *et al*, 2013). Par exemple, les tempêtes de décembre 1989, de janvier et de février 1990, ont entraîné à elles seules le recul du cordon de galets de 20 à 25 m, alors que la vitesse de recul

entre 1990 et 2004 était de 0,81 m/an (Faye *et al*, 2007). Dans les sections les plus affectées, des compensations sédimentaires se sont naturellement faites. Ces compensations ont été favorisées par l'absence de forte tempête hivernale au début des années 2000. Ainsi, la prédiction de la position du trait de côte nécessite non seulement la connaissance des vitesses de recul du trait de côte, mais aussi une longue période d'observation afin de prendre en compte les effets potentiels d'événements extrêmes.

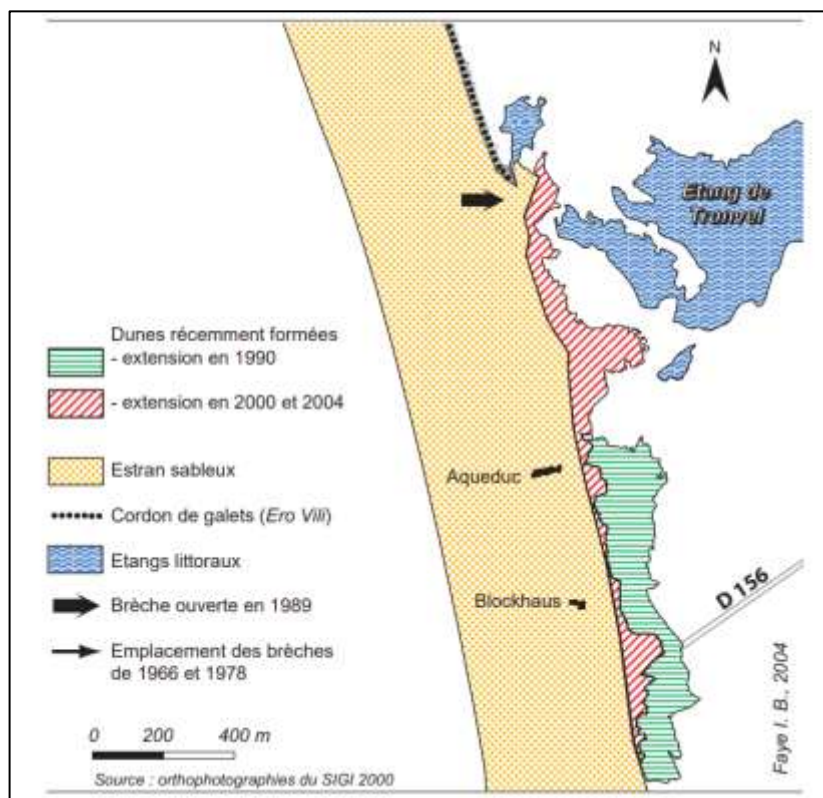


FIGURE 45 : DUNES RECEMMENT FORMEES AU SUD DE L'ERO-VILI A L'EMPLACEMENT DES BRECHES DE 1966 ET 1978 OUVERTES DANS LE CORDON DE GALETS (FAYE ET AL, 2004)

phénomènes de réflexion de la houle sur les parois de la pointe de la Torche génèrent un courant orienté vers le sud. Ainsi, le sable est accumulé en haut d'estran au centre de l'anse où la dérive éolienne, orientée vers l'Est-Nord-Est, se charge de le transporter vers les dunes. En haut d'estran, le front des accumulations dunaires est régulièrement attaqué par le vent et la mer. La dune se poursuit vers l'intérieur des terres par un vaste massif dunaire. Les secteurs les plus sensibles à l'érosion sont, au Nord, un rentrant correspondant au débouché d'un petit cours d'eau temporaire, ainsi que le front dunaire, entaillé en falaise à l'endroit où la plateforme d'érosion marine apparaît sous le sable. Au sud de l'anse, sur près de 500 m à l'Est des platiers rocheux de Saint-Guérolé, un secteur est en érosion depuis plusieurs décennies du fait du départ des sédiments en direction du centre de la plage sous l'action de la dérive littorale et de la déstabilisation de la dune par les nombreux accès à la mer (EGIS, 2024).

Projections futures du trait de côte

Une cartographie du recul du trait de côte à 30 et 100 ans (soit en 2055 et 2125) a été réalisée par la CCPBS en 2025 dans le cadre de la loi Climat et résilience. Elle a fait appel au bureau d'études EGIS qui

La brèche de 1978 a été progressivement comblée, ce qui a détourné les eaux du canal de drainage de l'étang vers la brèche de 1989, 400 m plus au nord. À l'emplacement de l'ancien exutoire se dresse aujourd'hui une dune de plus de 7,5 m d'altitude (Faye *et al*, 2007) (Figure 45).

Zoom sur l'anse de Pors Carn

L'anse de Pors Carn n'étant pas prise en compte dans l'analyse précédente, il est possible de s'appuyer sur le PPRL Ouest Odet, comprenant Penmarc'h, pour comprendre les dynamiques de transit sédimentaires de cet espace. Si sur cette vaste plage de sable, la dérive littorale est orientée du Sud-Ouest vers le Nord, des

a utilisé la méthodologie du Cerema et du BRGM consistant à ajouter au trait de côte actuel - ici celui de 2023 - le taux d'érosion entre 1952 et 2024, le recul évènementiel (tempête majeure) et la hausse prévue du niveau marin : de 20 cm d'ici 30 ans et de 60 cm pour le scénario médian d'ici 100 ans. Ces valeurs sont choisies pour leur cohérence avec le PPRL de l'Ouest Odet de 2016. Dans le cadre du périmètre du site, il s'agit de s'intéresser aux cartographies concernant les communes littorales du sud de la baie d'Audierne. La cartographie s'étend à quelques communes du haut Pays bigouden.

(Cartographies à venir – bientôt disponibles)

Il est probable qu'aucun nouvel apport massif de sédiments aux côtes ne soit prévisible au cours du siècle. Cela est renforcé par le fait que les extractions littorales et la demande croissante de granulats marins pour la construction ont largement entamé les stocks issus des périodes froides du Quaternaire. De plus, les structures de défense du front de mer qui se multiplient induisent des effets d'amaigrissement des plages (Paskoff, 2004), reportant et aggravant l'érosion sur d'autres secteurs (Pinot, 1998). Cette pénurie sédimentaire aura pour conséquence le prolongement, voire l'amplification, des conditions favorables aux phénomènes d'érosion et de submersion (Hénaff *et al*, 2013).

Le manque de données homogènes ne permet pas de conclure, pour le XXe siècle, à une relation systématique entre le phénomène global d'érosion des côtes et l'élévation du niveau de la mer. On considère plutôt que ce sont les activités humaines, et les processus naturels, qui ont surtout modifié le trait de côte (OEB, 2025). En effet, sur 63 articles portant sur les termes « érosion » et « changement climatique », publiés dans les presses nationale et régionale du 31 janvier 2007 au 3 février 2010 : 69 % font état d'un lien entre érosion et changement climatique et, parmi eux, 44 % posent explicitement le réchauffement comme le principal responsable de la dynamique érosive des littoraux. Cependant, d'autres experts n'excluent pas que les deux phénomènes ne relèvent pas des mêmes échelles spatio-temporelles, distinguant ainsi l'échelle géologique de la mise en place des côtes actuelles, de l'échelle séculaire de l'évolution historique des traits de côte et de l'échelle météorologique des événements tempétueux (Hénaff *et al*, 2013).

Discussion du récit climatique

Cette étude est enrichissable a posteriori afin de mettre à jour le plan d'adaptation selon les nouvelles connaissances scientifiques et l'évolution des émissions de gaz à effet de serre.

Ainsi, dans une étude ultérieure, il serait possible de rajouter **d'autres indicateurs** tels que : l'évapotranspiration, l'acidification de l'océan ou encore la température de l'eau (douce et de mer). Ces indicateurs avaient été envisagés dans la présente étude.

Par ailleurs, de nombreuses **études en cours** ou **à venir** ont été mentionnées durant ces recherches. Elles vont pouvoir nourrir ce récit.

Par exemple, un observatoire du trait de côte va être mis en place sur la baie d'Audierne, il va ainsi entrer en continuité avec l'observatoire en place depuis 2019 entre Penmarc'h et Combrit. Ces données seront notamment précieuses pour l'indicateur « Transformation du trait de côte ». De plus, une étude cartographique des zones soumises au recul du trait de côte à 30 et 100 ans va être lancée à partir de septembre 2025 par la CCHPB dans le cadre de la loi Climat et résilience. La cartographie du recul du trait de côte à 30 et 100 ans, réalisée par la CCPBS en 2025, sera quant à elle réactualisée tous les 6 ans.

Pour l'indicateur « Vent et houle », l'outil Wind-Morbihan qui capte le vent en temps réel va être développé dans le Finistère. Il fournira également des données sur la houle.

Pour l'indicateur « Débits des ruisseaux et assecs », le SAGE Ouest Cornouaille, créé en 2009, se concentrait davantage sur des recherches qualitatives que quantitatives. Néanmoins, la sécheresse de 2022 et les restrictions d'usages qui en ont découlé, ont motivé des études quantitatives. Ainsi, un suivi annuel des assecs au mois de septembre sur une centaine de points a été mis en place depuis 2024 sur le périmètre du SAGE Ouest Cornouaille. Ce suivi vise à préciser si l'écoulement est visible, non-visible ou s'il s'agit d'un assec. De plus, l'opportunité de la mise en œuvre d'un programme Hydrologie, Milieux, Usages, Climats (HMUC) est actuellement à l'étude sur le SAGE Ouest Cornouaille. Son déploiement permettrait de disposer d'informations plus précises sur les précipitations, les débits, les assecs et les niveaux des nappes phréatiques.

Par ailleurs, une étude d'impact du pompage agricole sur le fonctionnement hydrologique de l'étang de Saint-Vio est en cours. Les résultats de cette étude pourront également servir à nourrir le récit par une meilleure compréhension des processus hydrologiques sur le site.

Pour finir, ce récit a mis en lumière de **nombreuses lacunes** dans les données à l'échelle de la RNR. La création de cette dernière va sans doute motiver les études sur le site et ainsi fournir davantage de données précises. Par exemple, la gestion des niveaux d'eau a souvent été soulignée comme un élément souffrant d'un manque de connaissances à améliorer.

Synthèse climatique

Une synthèse de ce récit climatique a été réalisée sous la forme de deux posters (Fig.50 et 51) et d'un tableau (Tab.7). Les posters concernent respectivement les horizons 2050 et 2100 et permettent une approche graphique et ludique des évolutions à venir. Le tableau quant à lui permet une comparaison des données entre les différents horizons et les données passées.

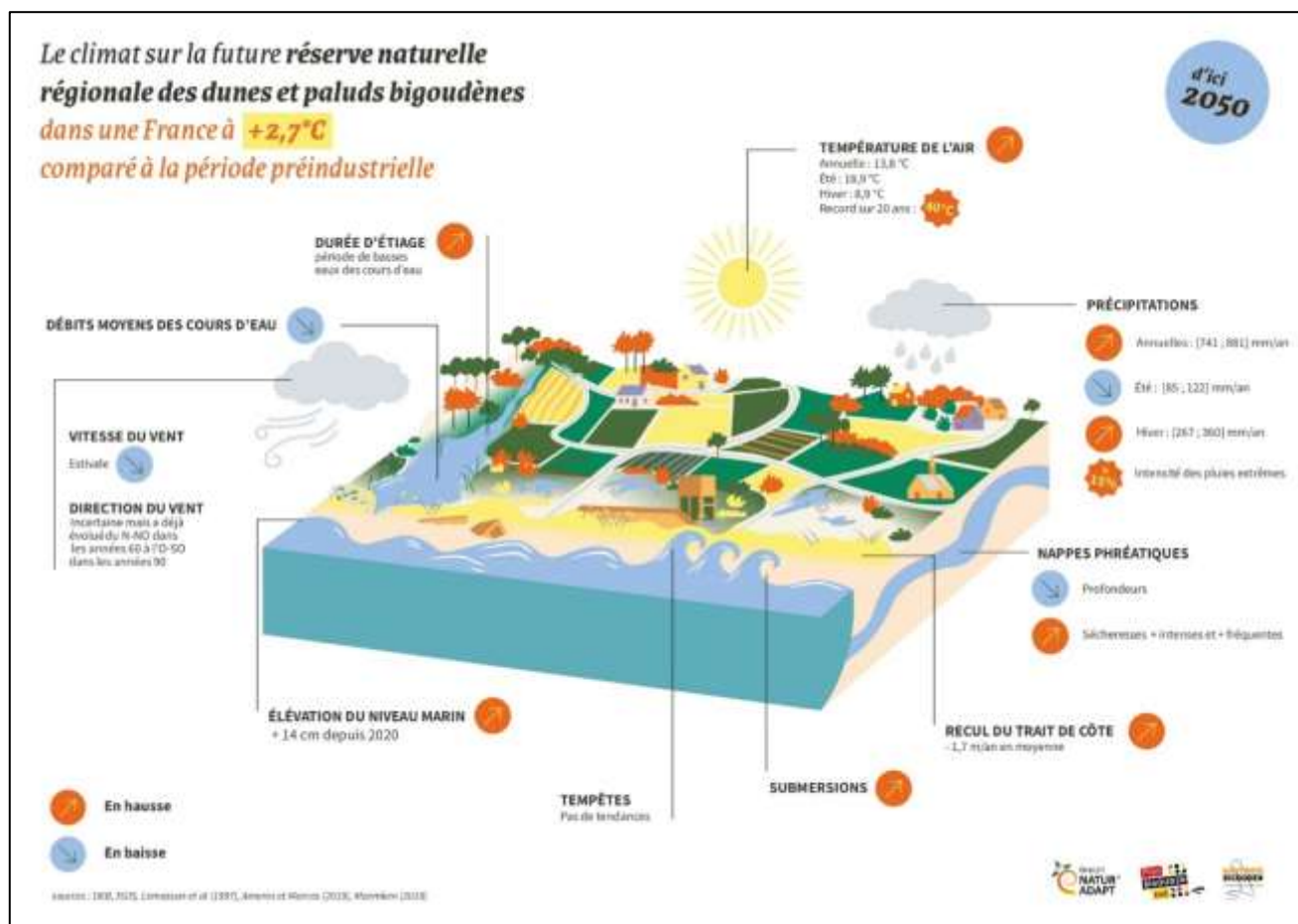


FIGURE 46 : POSTER DU CLIMAT SUR LA FUTURE RESERVE NATURELLE REGIONALE DES DUNES ET PALUDS BIGOUDENES D'ICI 2050 (CCPBS-CCHPB, 2025)

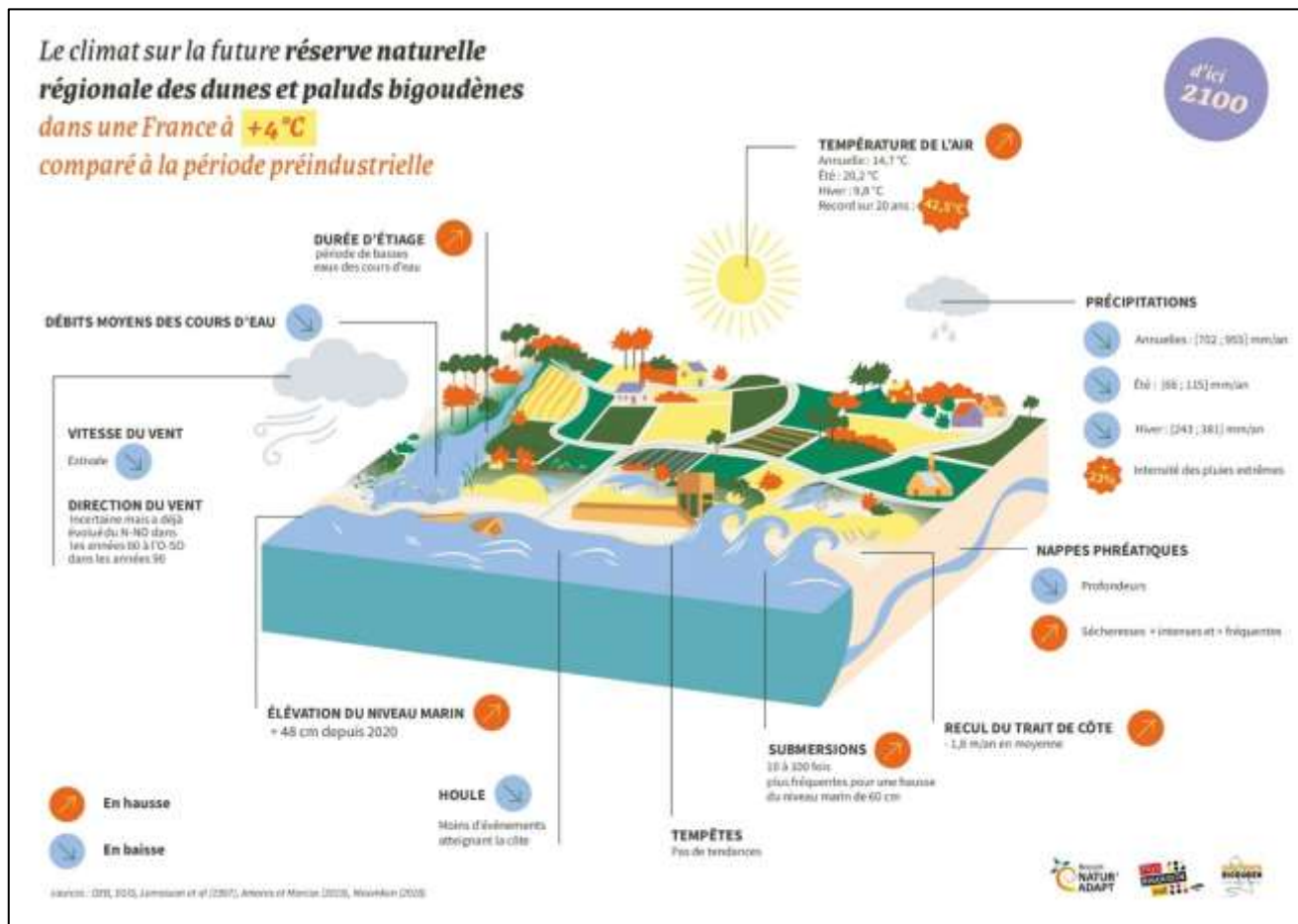


FIGURE 47 : POSTER DU CLIMAT SUR LA FUTURE RESERVE NATURELLE DES DUNES ET PALUDS BIGOUDENES D'ICI 2100 (CCPBS-CCHPB, 2025)

	Mesures	En France, comparé à la période préindustrielle		Tendances
	Climat passé de référence	A +2.7°C (d'ici 2050)	A +4°C (d'ici 2100)	
Température de l'air (en °C)	(1976-2005)			
Annuelle	12.1	13.8	14.7	
Estivale	17.1	18.9	20.2	
Hivernale	7.6	8.9	9.8	
Record sur 20 ans	36.3	40	42.5	
Précipitations (en mm/an)	(1976-2005)			
Annuelles	792	[741 ; 881]	[702 ; 955]	
Estivales	121	[85 ; 122]	[66 ; 115]	
Hivernales	265	[267 ; 360]	[243 ; 381]	
Pluies extrêmes	34	40	43	
Débits moyens des cours d'eau (En Bretagne, comparé à 1976-2005)		[-3 à -36%] de mai à novembre	[-14 à -49%] de mai à novembre	
Durée d'étiage (En Bretagne, comparé à 1976-2005)		[+3 à +29 j/an]	[+5 à +43 j/an]	
Sécheresse des nappes phréatiques		+ intenses et + fréquentes	+ intenses et + fréquentes	
Elévation du niveau marin	+35 cm (Entre 1716 et 2020)	+14 cm (depuis 2020)	+48 cm (depuis 2020)	
Vent direction	Venant du N-NO dans les années 60 puis du O-SO dans les années 90's	Incertaine	Incertaine	?
Vent vitesse Estivale		Baisse forte en été	Baisse forte en été	
Houle	Hausse de la hauteur des vagues hivernales de 10 à 40 cm dans la 2e moitié du XXe		Moins d'évènements atteignant la côte	
Evènements extrêmes Tempêtes	3.8 / an (entre 2008 et 2019)	Pas de tendances	Pas de tendances	?
Submersions	Une tous les 8 ans à Penmarc'h (entre 1867 et 2014)	+ fréquentes	10 à 100x + fréquentes pour + 60 cm du niveau marin	
Recul du trait de côte	- 2.2 m/an (1975-1988)	- 1,7 m/an (sans les zones basses)	- 1,8 m/an (sans les zones basses)	

TABLEAU 7 : SYNTHÈSE CLIMATIQUE DE LA FUTURE RNR DES DUNES ET PALUDS BIGOUDÈNES (RÉALISATION : FILLIATRE, 2025)

Bibliographie

- Amores A. et Marcos M. (2019). Ocean Swells along the Global Coastlines and Their Climate Projections for the Twenty-First Century. *Journal of Climate*, 33(1), 185-199. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-19-0216.1>
- Ardhuin F., Chapron B., and Collard F. (2009). Observation of swell dissipation across oceans. *Geophys. Res. Lett.*, 36, L06607, <https://doi.org/10.1029/2008GL037030>.
- Barbosa S. M., Silva M. E., & Fernandes M. J. (2008). Changing seasonality in North Atlantic coastal sea level from the analysis of long tide gauge records. *Tellus A : Dynamic Meteorology and Oceanography*, 60 (1), 165
- Blais S., Balleve M., Graviou P., & Rolet J. (2011) *Curiosités géologiques du Pays Bigouden*, BRGM Editions / Editions Apogée. URL : <https://hal-insu.archives-ouvertes.fr/insu-01130874>
- Bodéré J.-C. (1966). "Contribution à l'étude d'un secteur du littoral bigouden (Penhors à Loctudy)", D.E.S., Collège Universitaire de Brest, 319 p.
- Boillot S. (2025). Dossier de classement de la RNR des dunes et paluds bigoudènes, volet scientifique
- Buisson B. et Roussel A. (2021). Dossier de candidature à l'Appel à Manifestation d'Intérêt.
- Caires S., and Sterl A. (2005). 100-year return value estimates for wind speed and significant wave height from the ERA-40 data. *J. Climate*, 18, 1032–1048.
- Cariolet J.-M. (2011). Inondation des côtes basses et risques associés en Bretagne : vers une redéfinition des processus hydrodynamiques liés aux conditions météo-océaniques et des paramètres morphosédimentaires. *Océan, Atmosphère*. Université de Bretagne occidentale - Brest. Français. ffNNT : ff. fftel-00596426
- Cazenave A., Berthier E., Le Cozannet G., Masson-Delmotte V., Meyssignac B., *et al.* (2015). Le niveau de la mer : variations passées, présentes et futures. *La Météorologie*, 8 (88), pp.69-82. ff10.4267/2042/56363ff. fahal-03243051f
- Cogné J. (1960). Schistes cristallins et granites en Bretagne méridionale. Le domaine de l'anticlinal de Cornouaille. *Mém. Serv. Carte Géol. Fr.*, 382 p.
- Colnard E., Pouvreau N., Baraer F. et Le Berre I. (2024). Quelle est l'élévation du niveau de la mer en Bretagne ? Quelles conséquences ? URL : <https://bretagne-environnement.fr/article/elevation-mer-bretagne>

- DIREN Bretagne, AELB, Préfecture Bretagne, Saunier eau et environnement, Agence de l'eau Loire Bretagne. (1993). Atlas hydrologique de la Bretagne.
- EGIS. (2024). Élaboration d'une cartographie locale du risque d'érosion côtière sur le territoire de la Communauté de Commune du Pays Bigouden Sud. Phase 1 – Recueil d'information et synthèse du fonctionnement du littoral.
- Faye I. (2004). Etude de la position du trait de côte de la Baie d'Audierne entre Penhors et la pointe de La Torche : comparaison des méthodes de la photo-interprétation et des levés topographiques. Mémoire de D.E.A,
- Faye I. B. Nd., Hénaff A. et Hallégouët B. (2007) Évolution récente de la ligne de rivage en baie d'Audierne : de Penhors à la pointe de la Torche. URL : https://pmb.bretagne-vivante.org/pmb/opac_css/doc_num.php?explnum_id=7343
- GIEC. (2021). *6e rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec)*.
- Gulev, S. K., and Grigorieva V. (2006). Variability of the winter wind waves and swell in the North Atlantic and North Pacific as revealed by the voluntary observing ship data. J. Climate, 19, 5667–5685, <https://doi.org/10.1175/JCLI3936.1>.
- Hallegouët B., Meur C. & Tanguy M. (1989). Évolution du littoral de la baie d'Audierne (Finistère) : la brèche de Trunvel. In Les littoraux, Journées en l'honneur d'André Guilcher. Second forum du Groupe Français de Géomorphologie. Caen 24 et 25 novembre 1988. CNRS/Centre de Géomorphologie de Caen, Bulletin 36, pp. 13-16
- Hallégouët B., Hénaff A. (1993). "Évolution du littoral septentrional du Pays bigouden entre Penhors et Pors-Poulhan", Actes du colloque « Le Pays Bigouden à la croisée des chemins », *Revue Cap-Caval*, supplément au No. 17, 263-271.
- Haut Conseil Breton pour le Climat (2024). Les tempêtes en Bretagne : quelle évolution ? (Rapport No. Bulletin annuel 2024). p. 11-13. Haut Conseil Breton pour le Climat. Consulté le 15 mai 2025, à l'adresse <https://www.hcbc.bzh/ressource/quelle-evolution-des-tempetes-en-bretagne/>
- Hénaff A., Meur-Ferec C. et Lageat Y. (2013). « Changement climatique et dynamique géomorphologique des côtes bretonnes. Leçons pour une gestion responsable de l'imbrication des échelles spatio-temporelles », *Cybergeo : European Journal of Geography*. URL : <http://journals.openedition.org/cybergeo/26058> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/cybergeo.26058>
- Jung C., & Schindler D. (2024). Global trends of wind direction-dependent wind resource. *Energy*, 304, 132235.
- Kemp A. C., Horton B. P., Donnelly J. P., Mann M. E., Vermeer M., & Rahmstorf S. (2011). Climate related sea-level variations over the past two millennia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(27), 11017-11022.

- Lemasson L., & Regnaud H. (1997). Evolution trentenaire des vents littoraux sur le Grand Ouest français. *Norais*, 175(1), 417-431.
- Lerma A. N., Bulteau T., Lecacheux S., & Idier D. (2014). Période de retour des évènements de fortes houles le long des côtes françaises (Atlantique et Manche). In *Paralia* (p. 10p).
- Martínez-Alvarado O., Gray S. L., Hart N. C., Clark P. A., Hodges K., & Roberts M. J. (2018). Increased wind risk from sting-jet windstorms with climate change. *Environmental research letters*, 13(4), 044002.
- Moemken J., Reyers M., Feldmann H., & Pinto J. G. (2018). Future Changes of Wind Speed and Wind Energy Potentials in EURO-CORDEX Ensemble Simulations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123 (12), 6373-6389
- Observatoire de l'Environnement en Bretagne. (2025). Chiffres clés de l'évolution du climat en Bretagne. Edition 2025. Données et analyses. URL : https://bretagne-environnement.fr/sites/default/files/2025-05/2025_05_13_OEB_CC_Climat_A4_pages_Compression-28.13MB.pdf
- Ouesco (2011). Elaboration du SAGE Ouest Cornouaille. Etat initial des milieux et des usages. URL : https://www.gesteau.fr/sites/default/files/gesteau/content_files/document/etat_initial_valid_sage_ouest_cornouaille.pdf
- Ouesco (2015.a). Evaluation environnementale du SAGE Ouest Cornouaille. URL : https://ouesco.fr/wp-content/uploads/2018/12/Evaluation_environnementale.pdf
- Ouesco (2015.b). Plan d'Aménagement et de Gestion Durable. URL : https://www.gesteau.fr/sites/default/files/gesteau/content_files/document/pagd_valide_22_sept2015.pdf
- Ouest France (2014). Un enrochement protège le poste de secours. URL : https://quimper.maville.com/actu/actudet_-un-enrochement-protège-le-poste-de-seours_6-2580122_actu.Htm
- Paskoff R. (2004). L'érosion des côtes : le cas des plages de l'île de Jerba (Tunisie). *La Houille Blanche*, 90(1), 48-51.
- Plan de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) Ouest Odet. (2016).
- Pinot J.-P. (1998). *La gestion du littoral*, Tome I - Littoraux tempérés : côtes rocheuses et sableuses. Institut océanographique, Paris, 400 p.
- Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) en sud Finistère. (2023).
- Tellez-Arenas A., Quique R., Boulahya F., Le Cozannet G., Paris F., Le Roy S., Dupros F., & Robida F. (2018). Scalable Interactive Platform for Geographic Evaluation of Sea-Level Rise Impact

Combining High-Performance Computing and WebGIS Client. In: S. Serrao-Neumann, A. Coudrain, L. Coulter (Éd.). *Communicating Climate Change Information for Decision-Making*. p. 163-175. Springer International Publishing, Cham.

- Vautard R., Cattiaux J., Yiou P., Thépaut J. N., & Ciais P. (2010). Northern Hemisphere atmospheric stilling partly attributed to an increase in surface roughness. *Nature geoscience*, 3(11), 756-761.
- Vautard R., Van Oldenborgh G. J., Otto F. E. L., Yiou P., De Vries H., Van Meijgaard E., Stepek A., Soubeyroux J.-M., Philip S., Kew S. F., Costella C., Singh R., & Tebaldi C. (2019). Human influence on European winter wind storms such as those of January 2018. *Earth System Dynamics*, 10 (2), 271-286.
- Wang X. L., and Swail V. R. (2001). Changes of extreme wave heights in Northern Hemisphere oceans and related atmospheric circulation regimes. *J. Climate*, 14, 2204–2221.
- Wever N. (2012). Quantifying trends in surface roughness and the effect on surface wind speed observations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117(D11).
- Wöppelmann G., Letetrel C., Santamaria A., Bouin M. N., Collilieux X., Altamimi Z., ... & Miguez B. M. (2009). Rates of sea-level change over the past century in a geocentric reference frame. *Geophysical Research Letters*, 36(12).
- Yoni C., Latteux B. & Hallegouët B. (2004). Expertise géomorphologique sur la baie d'Audierne (Finistère). Rapports d'étude pour le Conservatoire de l'Espace Littoral, 42 p. et 28 p.

Sitographie

- ADES (2025). Piézomètre de Landudec. Consulté le 26 mai 2025 à l'adresse : <https://ades.eaufrance.fr/Fiche/PtEau?Code=03454X0070/F#mesures>
- BRGM (2025). Zones exposées à l'élévation du niveau de la mer à marée haute. Consulté le 15 mai 2025, à l'adresse : <https://sealevelrise.brgm.fr/slr/#lng=-4.30990;lat=47.88740;zoom=13;level=1.0;layer=0>
- Climat HD (2025). Consulté le 26 mars 2025, à l'adresse : <https://meteofrance.com/climathd>
- DRIAS (2025). Consulté le 26 mars 2025, à l'adresse : <https://www.drias-climat.fr/decouverte>
- Geo-océan (2025). Variation du niveau de la mer. Consulté le 3 mai 2025, à l'adresse : <https://www.geo-ocean.fr/Science-pour-tous/Nos-salles-d-etudes/Environnements-sedimentaires-et-paleoclimat/Variation-du-niveau-de-la-mer-4-posters>
- Gest'eau (2025). Site internet. Consulté le 26 mai 2025 à l'adresse : <https://www.gesteau.fr/>

- Infoclimat (2025). Station météorologique de la pointe de Penmarc'h. Consulté le 15 avril 2025, à l'adresse : <https://www.infoclimat.fr/climatologie/normales-records/1991-2020/pointe-de-penmarc-h/valeurs/07200.html>
- Lizmap (2025). Mailles de la grille SAFRAN. Consulté le 25 mars 2025, à l'adresse : http://w3.paca.inra.fr/websig/lizmap/www/index.php/view/map/?repository=emmah&project=mailles_safran
- Météo-France (2025). De nouvelles normales pour qualifier le climat en France. Consulté le 15 mars 2025, à l'adresse : <https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/actualites/climat/de-nouvelles-normales-pour-qualifier-le-climat-en-france>
- Mon territoire sous +4°C (2025). Observatoire de l'Environnement en Bretagne. Consulté le 21 mars 2025, à l'adresse : <https://bretagne-environnement.fr/tableau-de-bord/mon-territoire-sous-4degres-adaptation-climat-bretagne>
- Ouesco (2025). Site internet. Consulté le 30 avril 2025, à l'adresse : <https://ouesco.fr/>
- Windfinder (2025). Penmarc'h. Consulté le 30 avril 2025, à l'adresse : <https://fr.windfinder.com/windstatistics/penmarch>
- Windy (2025). Baie d'Audierne. Consulté le 25 avril 2025, à l'adresse : <https://windy.app/fr/forecast2/spot/309769/Audierne+Bay+France+Baie+d%27Audierne>

Table des figures

Figure 1 : Carte géologique simplifiée de la baie d'Audierne (Blais <i>et al</i> , 2011).....	4
Figure 2 : Localisation de la prise des données par Windy sur la baie d'Audierne (Windy)	5
Figure 3 : La TRACC : à quoi faut-il s'adapter, et quand ? (OEB, 2025)	6
Figure 4 : Modèles très différents du projet Explore 2 2022 (OEB, 2025)	6
Figure 5 : Maillage de la grille SAFRAN sur le sud de la baie d'Audierne (Lizmap)	7
Figure 6 : Méthode de calcul des quantiles multi-modèles sur Mon territoire sous + 4°C (OEB, 2024). 7	
Figure 7 : Zones agroclimatiques en Bretagne (©OEB, 2024).....	9
Figure 8 : Risque lié à l'érosion côtière en Bretagne (OEB, 2025).....	10
Figure 9 : Température de l'air sur la période 1991-2020 à la station de Penmarc'h (Infoclimat).....	12
Figure 10 : Occurrence des phénomènes de température de l'air (en °C, Tx : température maximale, Tn : température minimale) sur la période 1991-2020 à la station de Penmarc'h (Infoclimat)	13
Figure 11 : Sous-bassins versants sur le territoire du SAGE Ouest Cornouaille (Ouesco ³)	17
Figure 12 : Suivi des assecs sur le périmètre du SAGE Ouest Cornouaille en septembre 2024 (Ouesco, 2025).....	18
Figure 13 : Débits mensuels interannuels des stations hydrométriques du SAGE Ouest Cornouaille entre 1984 et 2010 pour Tremillec et Ty Poes et 1967-2010 pour Kermaria (Ouesco, 2011).....	19
Figure 14 : Distribution des débits spécifiques de crues (Atlas hydrologique de la Bretagne, DIREN, 1969-1993)	20

Figure 15 : Distribution spatiale des VCN30 quinquennaux spécifiques en baie d'Audierne (Atlas hydrologique de la Bretagne, DIREN, 1969-1993).....	20
Figure 16 : Masse d'eau souterraine (Ouesco, 2015.b)	22
Figure 17 : Profondeur relative de la nappe au piézomètre du Château d'eau (Landudec) de 1993 au 26 mai 2025 (ADES, 2025)	22
Figure 18 : Profondeur relative moyenne mensuelle de la nappe au piézomètre de Landudec entre 1993 et 2025 (ADES, 2025).....	23
Figure 19 : Causes de l'élévation du niveau marin entre 1971 et 2018 (D'après GIEC, 2021 - Réalisation E. Filliâtre 2025).....	24
Figure 20 : Niveau marin en Europe de l'Ouest lors de la dernière période glaciaire, il y a 20 000 ans (Ifremer)	25
Figure 21 : Elévation du niveau moyen de la mer à Brest par rapport à la période de référence 1711-1716 (OEB, 2025, d'après SHOM).....	25
Figure 22 : Elévation du niveau de la mer à Brest entre 1820 et 2100 (OEB, 2025)	26
Figure 23 : Direction de provenance des vents dominants à la côte (C. Jung et al, 2024).....	27
Figure 24 : Direction dominante du vent par mois entre 2010 et 2024 à Penmarc'h (Windfinder).....	28
Figure 25 : Rose des orientations des vents et vitesse mensuelle du vent en baie d'Audierne entre 2012 et 2024 (Windy).....	28
Figure 26 : Rose des vents des hivers 2019 à 2024 au droit des côtes de la CCPBS (EGIS, 2024).....	29
Figure 27 : Evolution des directions du vent entre 1961 à 1992 en baie d'Audierne (Lemasson et al, 1997).....	29
Figure 28 : Evolution des vitesses moyennes du vent de 1951 à 1992 à Penmarc'h (Lemasson et al, 1997).....	29
Figure 29 : Vent et rafales à la pointe de Penmarc'h entre 1973 et 2024 (Infoclimat)	30
Figure 30 : Pourcentage des houles formées dans l'Atlantique Nord-Ouest selon les côtes (Amores A. et Marcos M., 2019)	31
Figure 31 : Courants de houle (EGIS, 2024).....	31
Figure 32 : Transit sédimentaire en fonction des dérives littorale et éolienne dominantes en baie d'Audierne (Henaff et al, 2013).....	32
Figure 33 : Angles d'incidence du vent à la côte entre 1961 et 1992 (Lemasson et al, 1997)	33
Figure 34 : Fréquence de l'aléa de submersion marine sur le territoire du PAPI Littoral Sud Finistère (PAPI Littoral Sud Finistère, 2023).....	35
Figure 35 : Nombre et moyenne annuelle des tempêtes en Bretagne (OEB, 2025)	35
Figure 36 : Schéma de principe de sélection des événements de fortes houles (Lerma A. N. et al, 2014) (EGIS, 2024)	36
Figure 37 : Mesures de hauteur Hs de houle au large du littoral sud Finistère entre 2008 et 2019 (EGIS, 2024).....	37
Figure 38 : Dégâts littoraux dus aux tempêtes, aux submersions et à l'érosion en Bretagne (OEB, 2025)	37
Figure 39 : Bilan des événements historiques ayant occasionné des dégâts sur le littoral de la commune de Penmarc'h (PPRL Ouest Odet, 2016).....	38
Figure 40 : Les zones exposées à la submersion marine à +50 cm d'élévation du niveau marin sur le site (Réalisation E. Filliâtre, 2025, d'après BRGM).....	39
Figure 41 : Blockhaus sur la plage à Tronoën (©Boillot S., 2025)	40
Figure 42 : Morphologie du littoral de la baie d'Audierne entre Penhors et la pointe de la Torche (Faye et al, 2007).....	41

Figure 43 : Profil de la dune à la plage de la torche avant et après des marées de coefficient 96 et 97 associées à des rafales de 83 km/h de Sud-Ouest entre le 24 et 25 novembre 2022 (©Thomas G., 2022)	42
Figure 44 : Le retrait de la ligne de rivage depuis 1781 en baie d'Audierne : positions successives et quantification des vitesses de recul par période (Hénaff et al, 2013, modifié d'après : Faye et al, 2007)	43
Figure 45 : Dunes récemment formées au sud de l'Ero-Vili à l'emplacement des brèches de 1966 et 1978 ouvertes dans le cordon de galets (Faye et al, 2004)	44
Figure 50 : Poster du climat sur la future réserve naturelle régionale des dunes et paluds bigoudènes d'ici 2050 (CCPBS-CCHPB, 2025)	47
Figure 51 : Poster du climat sur la future réserve naturelle des dunes et paluds bigoudènes d'ici 2100 (CCPBS-CCHPB, 2025)	48

Table des tableaux

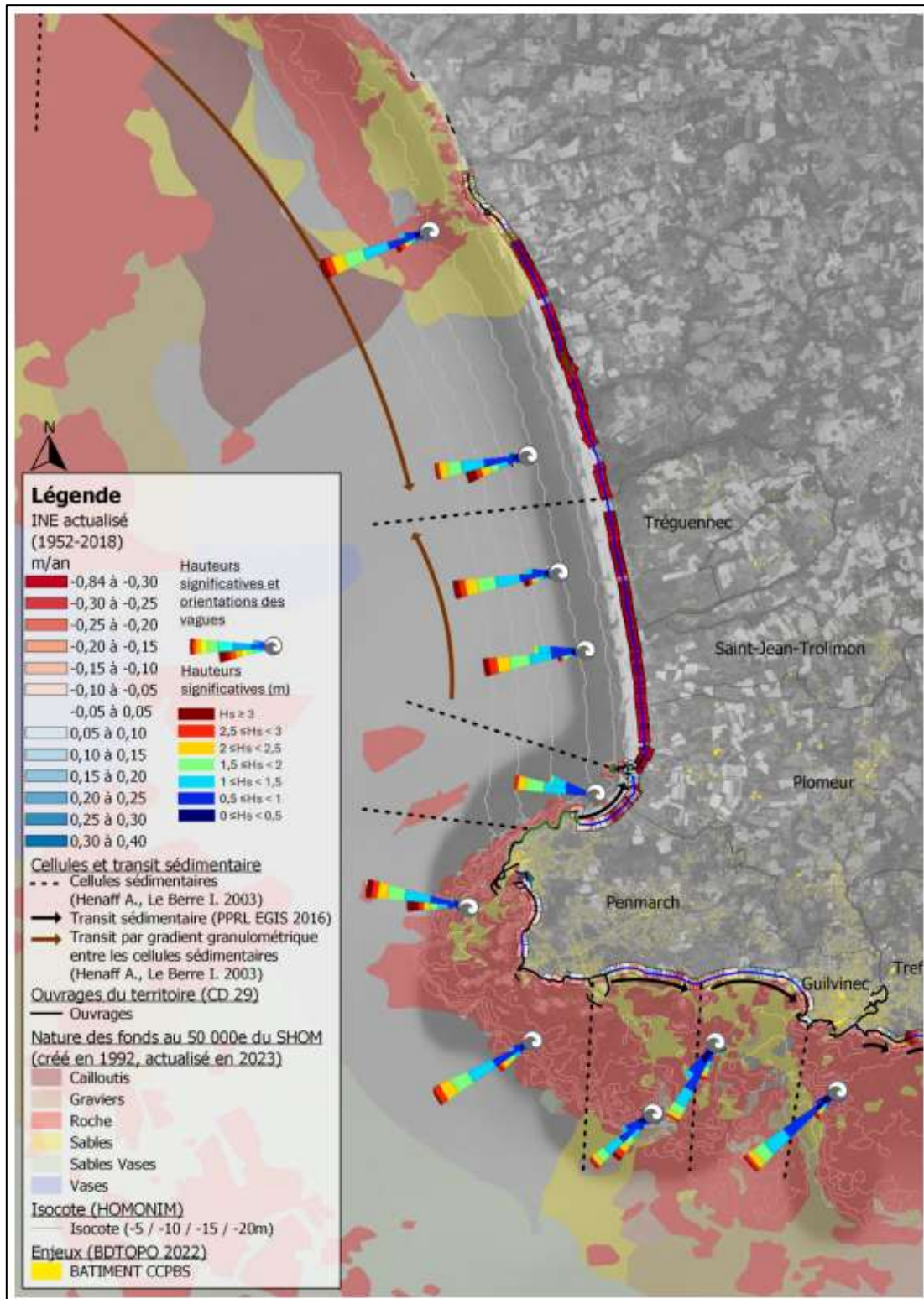
Tableau 1 : Indicateurs climatiques sélectionnés et leur justification (E. Filliâtre, 2025)	11
Tableau 2 : Projections climatiques sur l'évolution des températures de l'air sur le site de la future RNR bigoudène (Données : DRIAS – Traitement : OEB, 2025)	14
Tableau 3 : Projections climatiques sur l'évolution des précipitations sur le site de la future RNR bigoudène (Données : DRIAS – Traitement : OEB, 2025)	16
Tableau 4 : Caractéristiques des sous-bassins versants (d'après Ouesco, 2011)	18
Tableau 5 : Estimation des modules des masses d'eau non suivies entre 1984 et 2010 (d'après Ouesco, 2011)	19
Tableau 6 : Caractérisation des régimes de tempêtes entre 2008 et 2019 au large du littoral sud Finistère (EGIS, 2024)	36
Tableau 7 : Synthèse climatique de la future RNR des dunes et paluds bigoudènes (Réalisation : Filliâtre, 2025)	49

Table des annexes

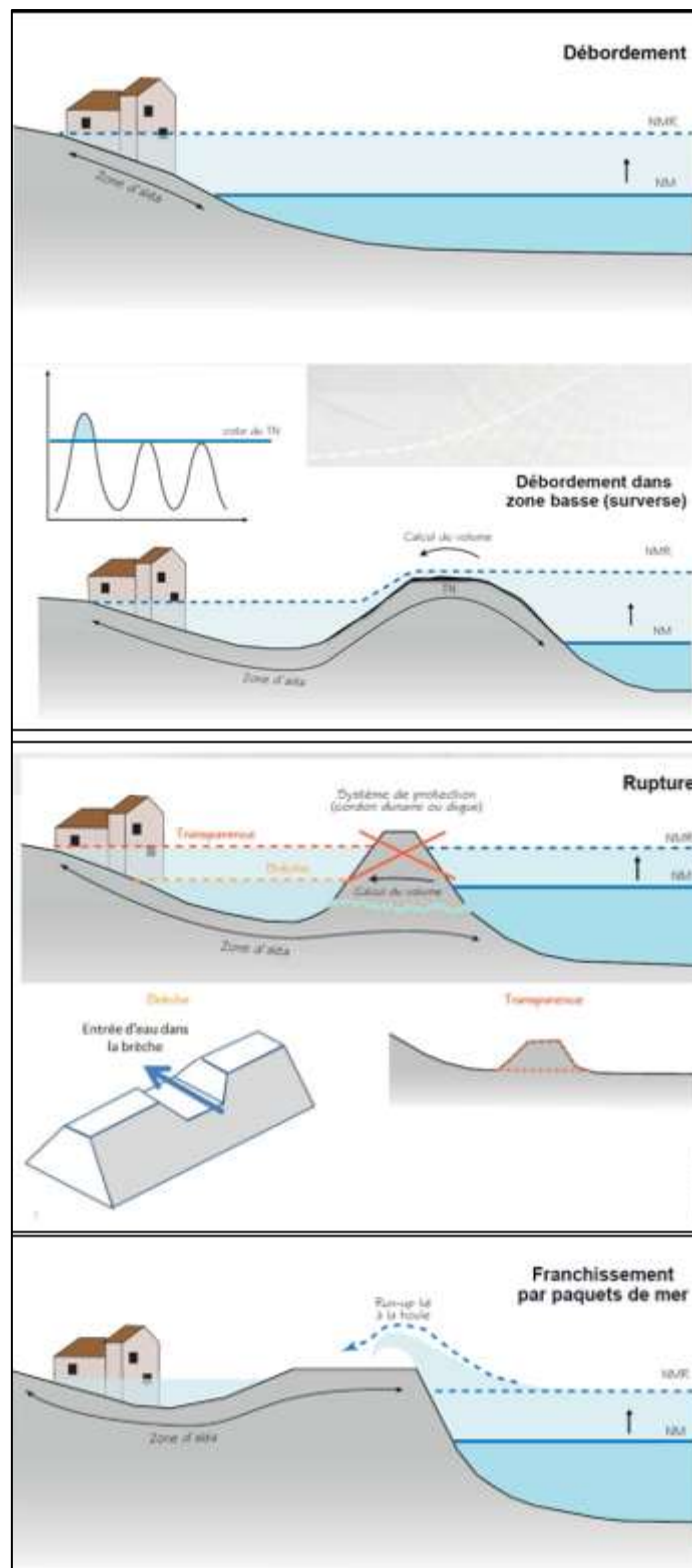
Annexe 1 : Schéma morpho-sédimentaire de la partie Ouest de la CCPBS (EGIS, 2024)	58
Annexe 2 : Types de submersions (PPRL Ouest Odet, 2016)	59
Annexe 3 : Carte du zonage réglementaire du PPRL Ouest Odet sur la commune de Penmarc'h (PPRL Ouest Odet)	60
Annexe 4 : Carte du zonage réglementaire du PPRL Ouest Odet sur la commune de Penmarc'h (PPRL Ouest Odet)	61
Annexe 5 : Critères physiques retenus pour définir le trait de côte en baie d'Audierne (Faye et al, 2007)	61
Annexe 6 : Brèche dans le cordon de galet en 1978 à Trunvel (©Hallégouët B., dans Faye et al, 2007)	62
Annexe 7 : Brèche dans le cordon de galet en 1989 à Trunvel (©Hallégouët B. 1990, dans Faye et al, 2007)	62

Annexe 8 : Indicateur National de l'Érosion côtière actualisé au droit des communes de Tréguennec, Saint-Jean-Trolimon, Plomeur et Penmarc'h entre 1952 et 2018 (EGIS, 2024)	63
--	----

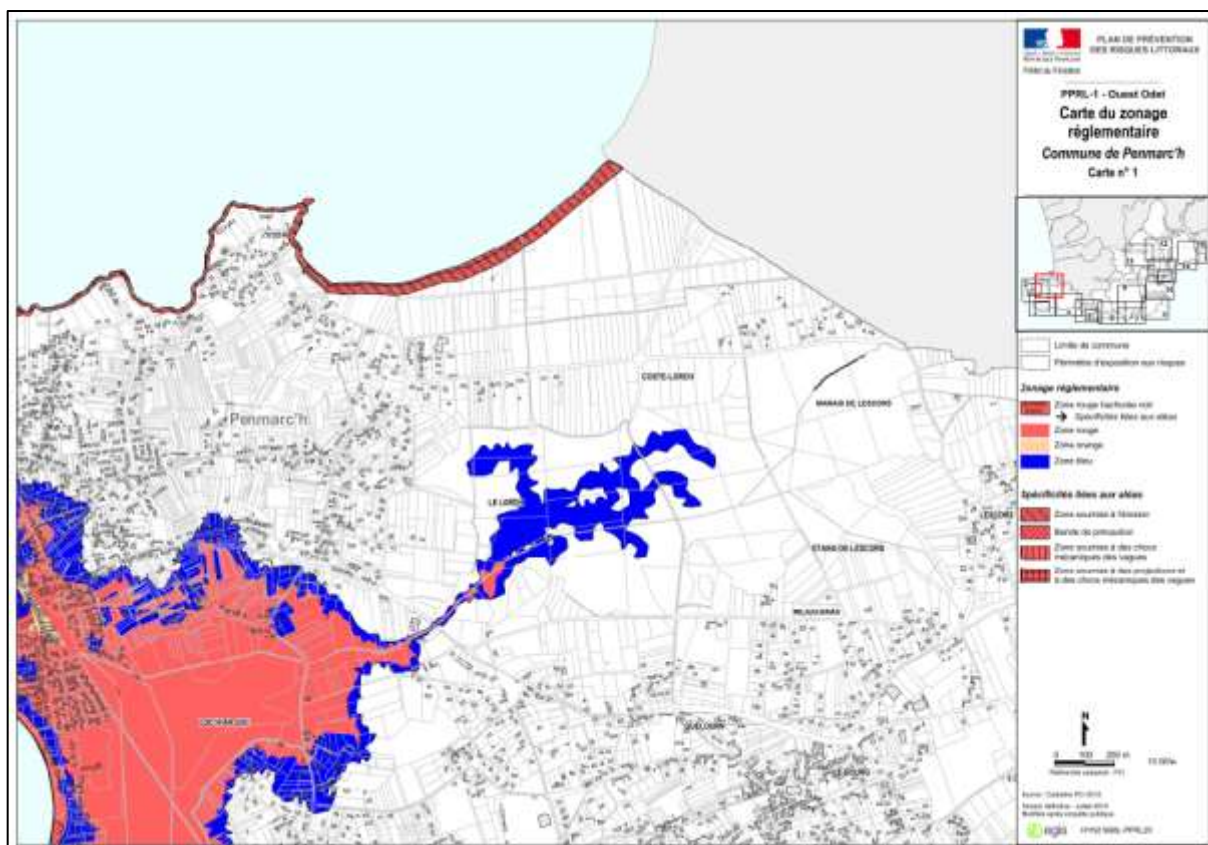
Annexes



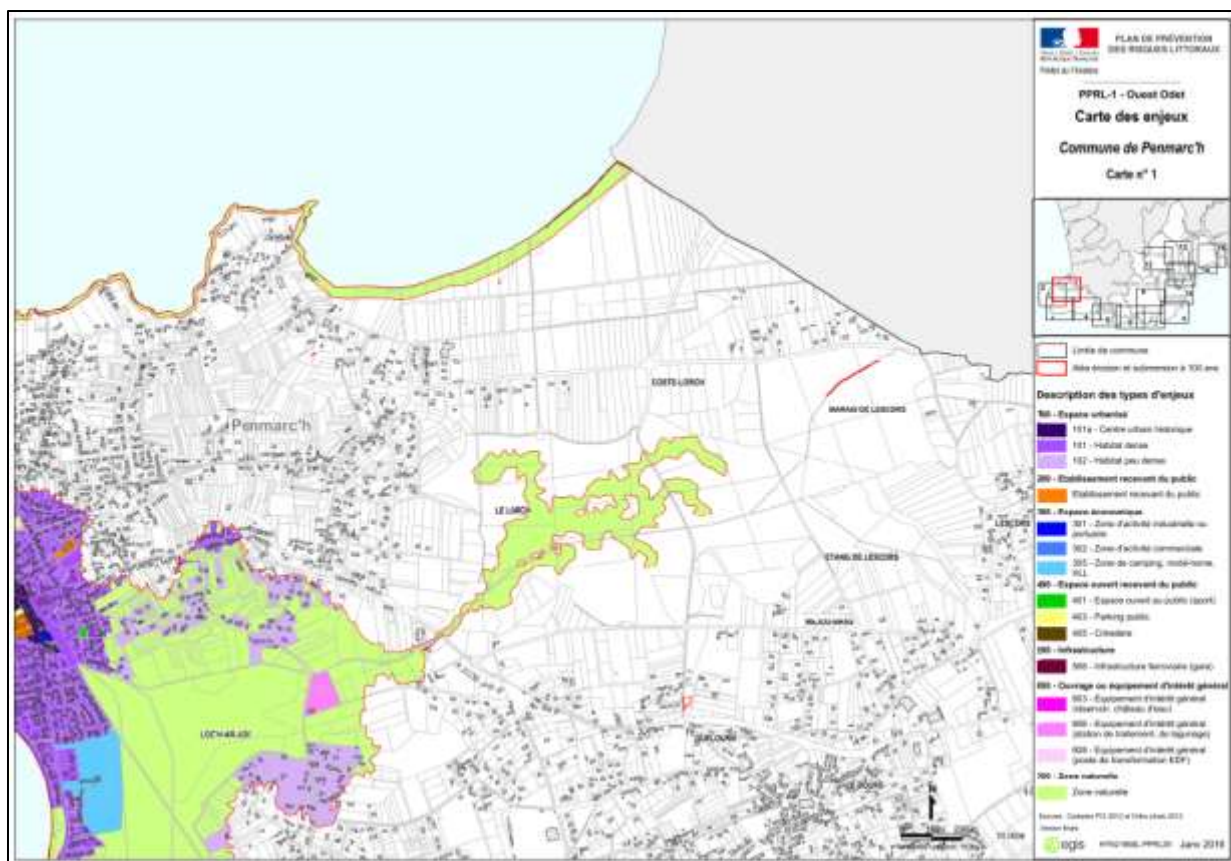
ANNEXE 1 : SCHEMA MORPHO-SEDIMENTAIRE DE LA PARTIE OUEST DE LA CCPBS (EGIS, 2024)



ANNEXE 2 : TYPES DE SUBMERSIONS (PPRL OUEST ODET, 2016)



ANNEXE 3 : CARTE DU ZONAGE REGLEMENTAIRE DU PPRL OUEST ODET SUR LA COMMUNE DE PENMARC'H (PPRL OUEST ODET)



ANNEXE 4 : CARTE DU ZONAGE REGLEMENTAIRE DU PPRL OUEST ODET SUR LA COMMUNE DE PENMARC'H (PPRL OUEST ODET)

Type de côte	Morphologie du front	Ligne de côte retenue
Cordon de galets	Croissants de plage	Ligne sommitale séparant le revers du front
	Abrupt	
	Gradins	
	Étalé (Crête effacée)	Limite de végétation
Dunes	Falaise	Pied de l'abrupt
	Rampe d'accumulation	Limite de végétation
Falaise	Pente douce	Pied de falaise
	Abrupte	Sommet de falaise
Brèche ou autre rentrant		Limite interne des laisses de mers

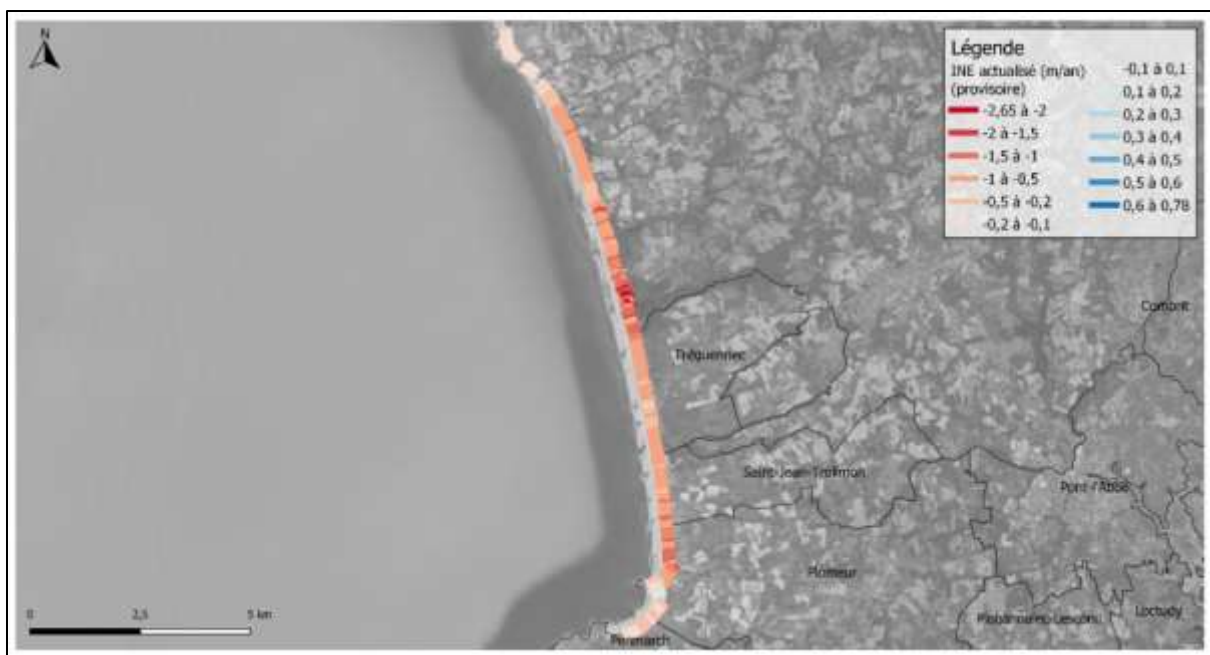
ANNEXE 5 : CRITERES PHYSIQUES RETENUS POUR DEFINIR LE TRAIT DE COTE EN BAIE D'AUDIERNE (FAYE ET AL, 2007)



ANNEXE 6 : BRECHE DANS LE CORDON DE GALET EN 1978 A TRUNVEL (©HALLEGOUËT B., DANS FAYE ET AL, 2007)



ANNEXE 7 : BRECHE DANS LE CORDON DE GALET EN 1989 A TRUNVEL (©HALLEGOUËT B. 1990, DANS FAYE ET AL, 2007)



ANNEXE 8 : INE ACTUALISE AU DROIT DES COMMUNES DE TREGUENNEC, SAINT-JEAN-TROLIMON, PLOMEUR ET PENMARC'H ENTRE 1952 ET 2018 (EGIS, 2024)

- Sur la commune de Tréguennec, il est observé un recul moyen de 0,8 m/an (recul maximum de 2,7 m/an).
- Sur la commune de St Jean Trolimon, il est observé un recul moyen de 0,8 m/an (recul maximum de 1,1 m/an).
- Sur la commune de Plomeur, il est observé un recul moyen de 0,6 m/an (recul maximum de 1,7 m/an).
- Sur la plage de Pors Carn, il est observé un recul moyen de 0,13 m/an (recul maximum de 0,4 m/an).

PILOTES



GESTIONNAIRES DES 6 RÉSERVES ET PROJETS DE RÉSERVES NATURELLES



PARTENAIRES



AVEC L'APPUI DE



#adaptonaire



Retrouvez les informations sur
le projet Breizh Natur'Adapt sur
naturadapt.com