



PRÉFET DE LA RÉGION BRETAGNE

Direction régionale de l'environnement,
de l'aménagement et du logement de Bretagne

Arrêté préfectoral portant décision après examen au cas par cas en application de l'article R. 122-3-1 du code de l'environnement

Le Préfet de la région Bretagne

Vu la directive 2011/92/UE du Parlement européen et du Conseil du 13 décembre 2011 modifiée concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement, notamment son annexe III ;

Vu le code de l'environnement ;

Vu l'arrêté de la ministre de l'environnement, de l'énergie et de la mer du 12 janvier 2017, relatif au contenu du formulaire d'examen au cas par cas ;

Vu le décret du 13 juillet 2023 portant nomination de Monsieur Philippe GUSTIN, préfet de la région Bretagne, préfet de la zone de défense et de sécurité Ouest, préfet d'Ille-et-Vilaine ;

Vu l'arrêté ministériel du 20 septembre 2021 nommant M. Eric FISSE directeur régional de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Bretagne, à compter du 1^{er} novembre 2021 ;

Vu l'arrêté préfectoral du 21 août 2023 portant délégation de signature à M. Eric FISSE, directeur régional de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Bretagne ;

Vu l'arrêté préfectoral du 23 août 2023 portant subdélégation de signature à Mme Aurélie MESTRES et M. Yves SALAÜN, respectivement directrice adjointe et directeur adjoint de la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Bretagne ;

Vu le dossier de demande d'examen au cas par cas n° 2024-011250 relatif au projet de réaménagement du passage du Treiz, sur le territoire de la commune de Douarnenez, déposé par la Commune de Douarnenez, reçu considéré complet le 5 janvier 2024 ;

Considérant que ce projet relève de la catégorie n° « 11° Travaux, ouvrages et aménagements côtiers de lutte contre l'érosion et d'endiguement » du tableau annexé à l'article R. 122-2 du code de l'environnement ;

Considérant la nature du projet :

- réaménagements pour assurer la continuité du cheminement piéton entre le port de Tréboul et la passerelle Jean Marin au niveau de la porte écluse, avec notamment l'installation d'une estacade à structure métallique de 130 m de long et 2,5 m de large et la création d'un perré de 3,5 m de hauteur, sur une longueur de 170 m, pour assurer un cheminement cycles et piétons par un remblaiement de 2000 à 5000 m³ au moyen de sédiments issus du dragage du port ;
- dans le cadre de l'aménagement d'une liaison intermodale entre Port Rhu et Tréboul et du réaménagement du port de Tréboul.

Considérant la localisation de ce projet :

- sur l'estran, en rive gauche ;

- au sein du site patrimonial remarquable de Douarnenez.

Considérant que :

- la réalisation du perré et le remblaiement impliquent la destruction d'habitats de haut de plage encore relativement préservés de la pression anthropique et rares à l'échelle locale ;
- l'exécution des travaux est susceptible de perturber voire détruire la faune et la flore (bruit, passage des engins, risque de pollution, etc.) et doit donner lieu à des mesures adéquates ;
- la compatibilité des sédiments issus du dragage du port avec un usage en remblai sur un secteur sensible doit faire l'objet d'une analyse (identification des polluants potentielles et des sensibilités du site) ;
- l'implantation d'un ouvrage de type estacade ou perré sur un secteur faiblement anthropisé est susceptible de modifier sensiblement la perception paysagère du site, en tenant compte de l'effet de cumul avec les autres aménagements envisagés dans le secteur, en particulier la réfection de la passerelle Jean Marin.

Considérant que le projet, au vu des éléments fournis, est susceptible d'avoir des incidences notables sur l'environnement au sens de la directive européenne susvisée et justifie la réalisation d'une évaluation environnementale ;

Arrête :

Article 1^{er}

En application de la section première du chapitre II du titre II du livre premier du code de l'environnement, le projet **de réaménagement du passage du Treiz à Douarnenez (29)** doit faire l'objet d'une évaluation environnementale.

Article 2

L'évaluation environnementale aura pour objectifs spécifiques de répondre aux éléments d'analyse ci-dessus motivant la présente décision. Au-delà de ces objectifs spécifiques, l'étude d'impact, qui constitue le rapport d'évaluation des incidences du projet sur l'environnement, devra démontrer la maîtrise de l'ensemble de ces incidences, de manière proportionnée, conformément à l'article R. 122-5 du code de l'environnement.

Article 3

La présente décision, délivrée en application de l'article R. 122-3-1 du code de l'environnement, ne dispense pas des autres procédures et autorisations administratives auxquelles le projet peut être soumis.

Article 4

Le présent arrêté sera transmis au pétitionnaire, avec copie au préfet du département concerné. Par ailleurs, il sera publié sur le site internet de la DREAL Bretagne.

Le Préfet,
Pour le Préfet et par délégation,

La présente décision peut faire l'objet d'un recours gracieux formé dans un délai de deux mois à compter de sa notification ou de sa mise en ligne sur internet.

Lorsqu'elle conclut à la nécessité d'une évaluation environnementale, la présente décision peut également faire l'objet d'un recours contentieux formé dans les mêmes conditions. Sous peine d'irrecevabilité de ce recours, un recours administratif préalable est obligatoire, conformément aux dispositions du VII de l'article R. 122-3-1 du code de l'environnement. Le recours contentieux doit être formé dans un délai de deux mois à compter du rejet du recours administratif préalable.

Recours gracieux ou administratif (hors hiérarchique) :

DREAL Bretagne
Service CoPrEv
Bâtiment l'Armorique
10, rue Maurice Fabre
CS 96515
35065 Rennes cedex

Recours hiérarchique :

M. le Ministre de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires

Recours contentieux :

Monsieur le Président du tribunal administratif de Rennes
Hôtel de Bizien
3, Contour de la Motte
CS 44416
35044 Rennes cedex

La juridiction administrative compétente peut aussi être saisie par l'application Télérecours citoyens à partir du site www.telerecours.fr.

Cartographie et inventaire des habitats marins du chemin du Treiz



Version	Date	Remarques
1.0	27/06/24	Transmission à la Ville
1.1	1/07/24	Transmission à la Ville

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable : en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations de **Gaïa – Terre bleue** ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.

Crédit photographique :**Gaïa – Terre bleue** (sauf mention particulière)**Auteurs**

Didier Grosdemange, Océanologue
Fanch Quénot, écologue
Mathieu le Duigou, benthologue

Gaïa - Terre bleue

Bureau n°6 – Criée Ouest
29900 Concarneau - France
06 08 21 05 67

dgrosdemange@gaia-terrebleue.fr
www.gaia-terrebleue.fr

Sommaire

1	LE CONTEXTE	6
2	MATERIEL ET METHODE	6
2.1	REALISATION D'UNE ORTHOPHOTOGRAPHIE PAR DRONE	6
2.2	INVENTAIRE DE L'ESTRAN MEUBLE ET CARACTERISATION DES HABITATS MARINS	9
2.3	INVENTAIRE DE L'ESTRAN ROCHEUX ET CARTOGRAPHIE DES HABITATS MARINS	13
2.4	QUALITE GEOCHIMIQUES DES SEDIMENTS	20
3	RESULTATS SUR LE SITE DU TREIZ	25
3.1	DATE DE LA CAMPAGNE	25
3.2	RESULTATS POUR LA QUALITE DES SEDIMENTS	25
3.3	RESULTATS DE L'INVENTAIRE DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE DE L'ESTRAN MEUBLE	28
3.4	RESULTATS DE L'INVENTAIRE DES MACROALGUES INTERTIDALES DE L'ESTRAN ROCHEUX	31
3.5	CARTOGRAPHIE DES HABITATS MARINS DE L'ESTRAN ROCHEUX ET MEUBLE DU SITE DU TREIZ	32
4	DISCUSSION ET CONCLUSION SUR LES NIVEAUX D'ENJEU	37
4.1	RAPPEL DE LA DEFINITION DE L'ENJEU	37
4.2	DEFINITION DE L'ENJEU HABITATS MARINS DU TREIZ	37
5	ANNEXES	39
5.1	ANNEXE 1 : MODELE DE FICHE TERRAIN POUR LES INVENTAIRES ESTRAN ROCHEUX	39
5.2	ANNEXE 2 : BORDEREAU D'ANALYSES EUROFINS	45

Tables des illustrations

Tableau 1 : effort d'échantillonnage.....	10
Tableau 2 : Définition des cinq groupes de polluosensibilité, d'après Glémarec et Hily (1981).	12
Tableau 3 : Nombre d'échantillons moyens à analyser pour une zone à échange libre (source circulaire 2000-62).....	20
Tableau 4 : Nombre d'échantillons moyens à analyser pour les ports de plaisance (source circulaire 2000-62)	21
Tableau 5 : Prescription du mode de prélèvement (source circulaire 2000-62)	21
Tableau 6 : Classification générale granulométrique	23
Tableau 7 : Niveaux relatifs aux métaux lourds.....	23
Tableau 8 : Niveaux relatifs aux PCB (modifié le 17 juillet 2014)	23
Tableau 9 : Niveaux relatifs aux HAP	24
Tableau 10 : Niveaux relatifs aux TBT.....	24
Tableau 11 : Paramètres physiques sur la plage du Treiz.....	25
Tableau 12 : Résultats sur les propriétés organiques et structurantes pour la plage du Treiz.....	26
Tableau 13 : Résultats sur les propriétés organiques et structurantes pour la plage du Treiz.....	27
Tableau 14 : Résultats pour les PCB pour la plage du Treiz.....	27
Tableau 15 : Résultats pour les HAP pour la plage du Treiz	27
Tableau 16 : Résultats pour les TBT pour la plage du Treiz	28
Tableau 17 : Valeurs des principaux descripteurs écologiques et statut attribué à chaque station selon l'indice BEQI-FR.	28
Tableau 18 : Aperçu de quelques invertébrés benthiques collectés dans les sédiments.....	29
Tableau 19 : Densités par sous-station des 35 espèces répertoriées en février 2024.	30
Tableau 20 : Résultats de la note CCO pour le transect Sud	31
Tableau 21 : Résultats de la note CCO pour le transect Milieu	31
Tableau 22 : Résultats de la note CCO pour le transect Nord	31
Tableau 21 : Niveaux d'enjeu des habitats sur le site.....	37
Figure 1 : Zone à lever par drone (source Balao).....	6
Figure 2 : Décollage du drone et cible géoréférencée (source Balao).....	7
Figure 3 : Rendu de la photographie finale (source Balao).....	8
Figure 4 : Période optimale en fonction de la masse d'eau (source Garcia, 2014)	9
Figure 5 : Localisation des stations pour l'étude du benthos de l'estran meuble	10
Figure 6 : Coordonnées des stations de prélèvements (en WGS 83)	10
Figure 7 : Mise en place du grand quadrat et matériel pour le fabriquer (source Ar Gall, 2004)	13
Figure 8 : Schéma de la zonation des ceintures en fonctions de l'exposition (d'après Lewis, 1964)	14
Figure 9 : Représentation schématisée de l'étagement des algues brunes (source Ar Gall, 2004)	14
Figure 10 : Évolution du pourcentage de temps d'exposition à l'air et du taux de recouvrement de la macrofaune, en fonction des ceintures algales (A, B, C et D) d'après Gruet, 1983	15
Figure 11 : Indice de recouvrement (d'après Lacoset & Salanon, 1969)	16
Figure 12 : Stratégie d'échantillonnage sur l'estran rocheux	16
Figure 13 : Tableaux indiciaires pour la couverture végétale globale en fonction de la surface et donc du rang de chaque ceinture (source Ar Gall, 2007)	17
Figure 14 : Tableau des espèces caractéristiques de l'estran par ceinture (les ceintures Pc et Fspi sont ici regroupées). Le nombre d'espèces caractéristiques figure en bas de chaque colonne (source Ar Gall, 2007).....	18
Figure 15 : Présentation des outils de prélèvements	21
Figure 16 : Granulométrie laser pour la station Treiz 1	25
Figure 17 : Granulométrie laser pour la station Treiz 2	25
Figure 18 : Granulométrie laser pour la station Treiz 3	26
Figure 19 : Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à <i>Pelvetia canaliculata</i> (A1-2.1.2.1) et <i>Fucus spiralis</i> (A1-2.1.2.2)	33
Figure 20 : Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue d' <i>Ascophyllum nodosum</i> , de spongiaires et d'ascidies	33
Figure 21 : <i>Fucus serratus</i> (en mélange avec <i>Fucus vesiculosus</i>)	34
Figure 22 : Blocs à Entéromorphes	35
Figure 23 : Champ de blocs	35
Figure 24 : On note la présence de nombreuses coques.....	36



Figure 26 : Détermination des niveaux d'enjeux (source DSF/OFB)	37
Figure 25: Carte des habitats marins du site du Treiz	38

1 LE CONTEXTE

Le réaménagement du chemin du Treiz est une démarche plus large de liaison multimodale reliant le port Rhu au port de Tréboul. La mise en œuvre de ce parcours continu est un projet global qui vise à la fois à offrir une meilleure liaison et accessibilité au cœur de la commune, mais aussi une relation plus forte à toute une part du paysage et de la géographie littorale qui fonde l'identité de Douarnenez.

Pour ce faire, il est nécessaire de connaître les habitats marins présents et également la qualité du milieu sédimentaire.

Ce présent rapport décrit les inventaires qui ont été réalisés le 12 et 13 février 2024.

2 MATERIEL ET METHODE

2.1 REALISATION D'UNE ORTHOPHOTOGRAPHIE PAR DRONE

La mission a consisté en un relevé aérophotogrammétrique, de la zone d'étude avec deux sens de profils (horizontaux et verticaux). Il a été ainsi couvert une zone de 31 721 m², avec un linéaire de vol de 6 ;46 Km, avec 376 photos prises et une résolution au sol de l'ordre de 2,01 cm/pixel.

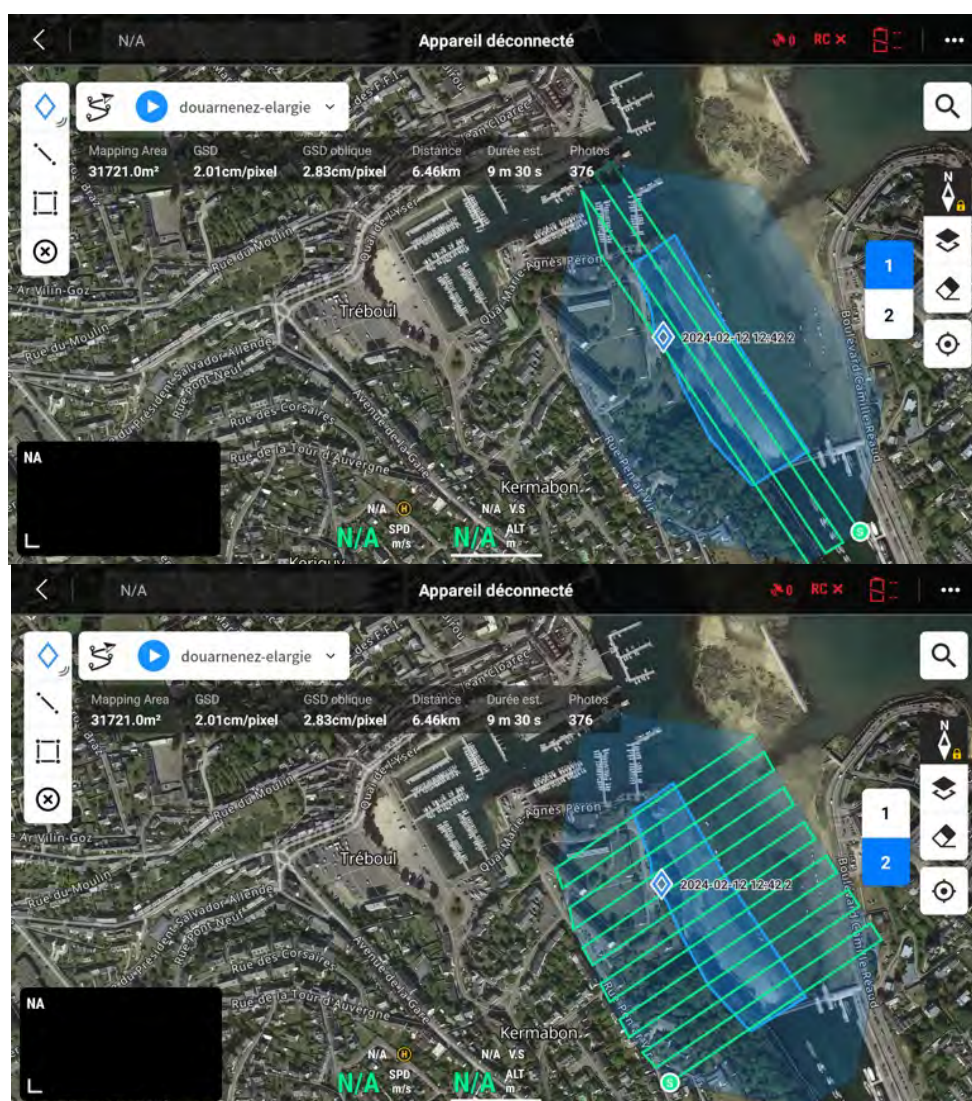


Figure 1 : Zone à lever par drone (source Balao)

Pour ce faire, il a été utilisé :

- ▷ 2 Drones PHANTOM 4 PRO : Capteur CMOS 1 pouce - Proportion image : 3:2 - 5472 x 3648 pixels. Résolution 20 MégaPixels. Système de positionnement GPS/Glonass
- ▷ GNSS Leica en RTK (Orphéon)
- ▷ Cibles de photogrammétrie - Mise en place des points de contrôles au sol (GCP) cibles 50X50cm noires et blanches
- ▷ Application de programmation de mission photogrammétrie : MAP Pilot
- ▷ Logiciel **de traitement photogrammétrique** : Agisoft PhotoScan Pro

Le taux de recouvrement d'une photo à l'autre est de 80% permettant de réaliser une mosaïque complète et un recouvrement total de la zone. Le post-traitement via Agisoft PhotoScan Pro permet la génération automatique de nuages de points denses, de modèles polygonaux texturés (modèles 3D), d'orthomosaïques géoréférencées, de modèles numériques de terrain (MNT) (ou DTM pour Digital Terrain Model, en anglais) et modèles numériques de surface (MNS).

La méthodologie proposée est la suivante :

1. Placement des cibles le long de la partie côte, et géoréférencement de celles-ci à l'aide du GNSS RTK. Les cibles sont référencées en WGS84.
2. Lorsque les cibles sont positionnées, le drone effectue le survol de la zone en question afin d'acquérir les photographies aériennes. À la fin du survol, contrôle de la qualité des données acquises.
3. Il est procédé ensuite à la phase de traitement des données acquises. Les photographies obtenues sont vérifiées. A cet instant, les photographies sont référencées par le gps interne au drone. Système géodésique WGS84 - Sexadécimales DMS. Lors de leur assemblage avec la suite logiciel AGISOFT PHOTOSCAN PRO, grâce aux cibles présentes sur les photos, il est procédé au géoréférencement de la mosaïque.
4. Au final, il est généré une orthophoto géoréférencée, en fichier qualité TIFF.
5. Le fichier est mis sous SIG (Qgis) et les zones sont détournées pour tracer les grands ensembles biosédimentaires (habitats). Avec la vérité terrain (inventaire au sol), alors, la carte est corrigée et permet ainsi une classification supervisée.



Figure 2 : Décollage du drone et cible géoréférencée (source Balao)

La figure suivante présente le survol qui a été réalisé.



Figure 3 : Rendu de la photographie finale (source Balao)

2.2 INVENTAIRE DE L'ESTRAN MEUBLE ET CARACTERISATION DES HABITATS MARINS

2.2.1 Référence du protocole

Il a été utilisé le protocole suivant :

- ▷ Protocole de suivi stationnel des macro-invertébrés benthiques de substrats meubles subtidiaux et intertidaux dans le cadre de la DCE - façades manche et atlantique. Rapport AQUAREF. Aurélie Garcia, Nicolas Desroy, Patrick Le Mao, Laurence Miossec, 2014
- ▷ Suivi stationnel des biocénoses des sables fins et hétérogènes envasés intertidaux – Rebent – Jacques Grall et Christian Hily, 2004.

2.2.2 Période d'étude

En raison du cycle de vie des organismes benthiques, la saison d'échantillonnage a une forte influence sur les résultats de richesse spécifique et d'abondance. Il est important de toujours effectuer les suivis à la même période. Le protocole Garcia, 2014 préconise pour :

- ▷ Les masses d'eau côtière (MEC) au début du printemps (de mi-février à fin avril), au moment où les peuplements sont à l'état le plus stable
- ▷ Les masses d'eau de transition (MET : estuaire) à la fin de l'été (septembre-octobre), lors de la période d'étiage des fleuves et des rivières côtières.

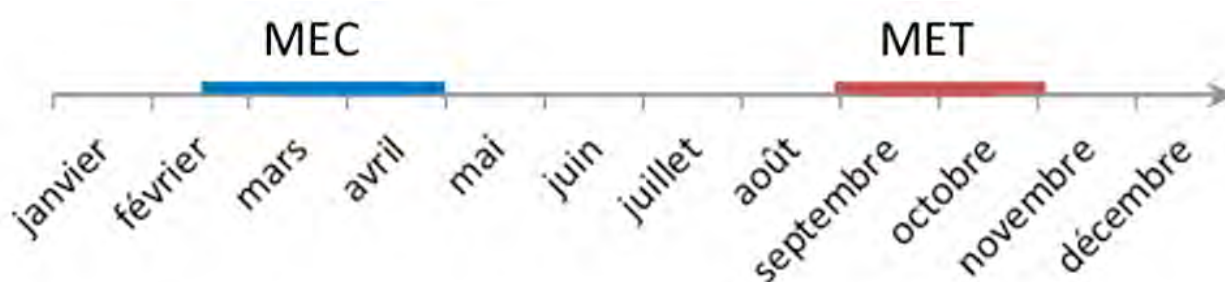


Figure 4 : Période optimale en fonction de la masse d'eau (source Garcia, 2014)

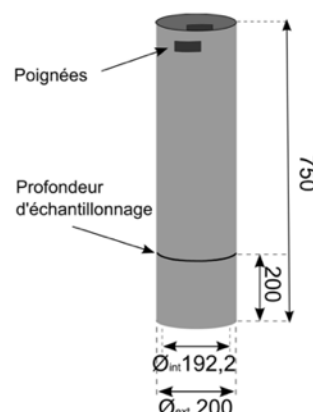
Pour la Masse d'eau Côtière (MEC), il est toujours possible d'échantillonner plus tard dans l'année (été), mais avec le risque de retrouver dans les échantillons, des larves d'organismes benthiques (qui ne sont pas de cette zone) qui auraient commencé leur développement sur le substrat du site (les larves du benthos ont une vie pélagique, avant de tomber sur le fond et de s'y sédentariser si le substrat est compatible avec leur écologie). Une grosse partie de ces larves vont donc périr durant l'été. Seules celles pouvant se développer dans la gamme du substrat du site pourront éventuellement survivre. Cependant, il faut aussi relativiser cette « contamination » de l'échantillon, car souvent ces larves à cette période n'ont pas atteint une taille supérieure à 1 mm et donc ne vont pas être conservées lors de la phase de tamisage.

2.2.3 Moyens matériels

Les prélèvements seront effectués à l'aide d'un carottier à main en PVC de diamètre interne 192,2 mm (diamètre extérieur : 200 mm ; épaisseur : 3,9 mm) ce qui équivaut à une surface unitaire égale à 0,029 m² (Cf. figure ci-contre). Le carottier est enfoncé jusqu'à 20 cm de profondeur. Il faut veiller à ce que les prélèvements soient réalisés dans un secteur non perturbé par le passage des opérateurs.

Pour chaque station, il est prélevé 9 carottes. Cela équivaut à prélever une surface de 0,26 m². Chaque carotte est tamisée sur un tamis de maille carrée de 1 mm. Le refus est mis en pot et alcoolisé à 70°.

Une dixième carotte est réalisée pour permettre une analyse granulométrique et de matière organique (perte au feu).



2.2.4 Stratégie d'échantillonnage

Sur un estran donné comme étant un site cohérent (même cellule hydrosédimentaire), il sera réalisé les prélèvements sur 3 stations à raison de 9 prélèvements (carottes) par station.

Substrat meuble	Stations	Carottes / station	Total carottes
1 profil Intertidal sableux	3	9	27

Tableau 1 : effort d'échantillonnage

Sur l'estran du Treiz, il a été placé les 3 stations le long de l'estran.



Figure 5 : Localisation des stations pour l'étude du benthos de l'estran meuble

Stations	Latitude	Longitude
Treiz 1	48° 5.679'N	4° 20.193'O
Treiz 2	48° 5.733'N	4° 20.228'O
Treiz 3	48° 5.759'N	4° 20.235'O

Figure 6 : Coordonnées des stations de prélèvements (en WGS 83)

2.2.5 Traitement des échantillons au laboratoire

2.2.5.1 Tri en laboratoire

Au laboratoire, les refus de tamis sont rincés à l'eau douce à l'aide d'un tamis (maille carrée de 800µm) pour éviter les pertes de matériel lors du tamisage fin. Toute la faune présente ensuite est récupérée sous la loupe binoculaire, c'est l'étape dite de « tri », qui consiste à séparer la faune benthique des sédiments et qui a été réalisée sous loupe binoculaire, afin d'assurer la bonne quantification des petits spécimens (jeunes bivalves et microgastéropodes notamment). Les invertébrés benthiques récoltés à l'issue de cette phase de tri ont été préservés dans de l'éthanol à 70°, puis identifiés et dénombrés au niveau spécifique, à l'exception des némertes et des oligochètes.

2.2.5.2 Identification

Les déterminations ont été réalisées à l'aide d'une binoculaire à fort grossissement (OLYMPUS SZX10) et d'un microscope (GXM 2800 avec caméra PARALUX). Les nomenclatures spécifiques ont toutes été contrôlées et actualisées à partir des référentiels [WORMS](#) (registre mondial des espèces marines) et TaxRef V16 (INPN).

2.2.5.3 Traitement des données

Le traitement des données stationnelles sera réalisé selon les préconisations d'interprétation des données issues du REBENT.

Ces analyses viseront à évaluer :

- ▷ Les paramètres de richesse spécifique
- ▷ L'abondance par espèce
- ▷ L'identification des espèces structurantes des biocénoses
- ▷ **L'indice de diversité de Shannon**, qui explique la diversité au sein d'un échantillon en fonction du nombre d'espèces récoltées et des abondances spécifiques.
- ▷ **L'indice d'équitabilité de Piélou**, qui rend compte de la répartition des individus entre les différentes espèces et permet d'affiner l'interprétation de l'indice de Shannon.
- ▷ **L'indice de qualité AMBI**, qui repose sur la classification des espèces benthiques en 5 groupes de polluo-sensibilités.
- ▷ **L'indice BEQI-FR**, retenu dans le cadre de la DCE/DCSMM afin d'évaluer le statut écologique de l'élément « macroinvertébrés benthiques » au sein des masses d'eau de transition.
- ▷ Enfin, l'identification de la typologie des habitats, selon les préconisations de Patrinat (MNMN/OFB) avec l'emploi de la **la typologie des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique** (Michez *et al.*, 20195), dite **NatHab-Atl et sa correspondance en EUNIS**

L'exploitation des données benthiques s'appuiera au final sur :

- ▷ La caractérisation des peuplements (indices, incidence trophique...)
- ▷ La caractérisation de l'état général de ces peuplements et de leur sensibilité dans le temps (espèces indicatrices)
- ▷ La comparaison avec les données biologiques et bibliographiques disponibles sur les zones marines proches et les résultats des campagnes précédentes.

À titre informatif, les modes de calcul de l'indice de diversité de Shannon, de l'indice d'équitabilité de Piélou, de l'indice AMBI et du BEQI-FR sont développés ci-après.

➔ Calcul de l'indice de diversité de Shannon

L'indice synthétique de diversité de Shannon explique la diversité spécifique au sein d'un échantillon en fonction du nombre d'espèces récoltées et du nombre d'individus appartenant à chaque espèce, tel que :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

avec p_i l'abondance relative de l'espèce i au sein de l'échantillon de richesse spécifique S (nombre total d'espèces identifiées).

Cet indice est nul si l'échantillon considéré ne comporte qu'une espèce et prend des valeurs minimales si chaque espèce ne présente qu'un seul individu, à l'exception d'une ou deux espèces aux abondances très importantes. Il affiche en revanche des valeurs maximales lorsque l'échantillon comporte de nombreuses espèces, dont les effectifs sont répartis en proportions équivalentes ($H'_{max} = \log_2 S$). L'indice de Shannon dépend étroitement de la surface et du type d'habitat échantillonnés.

→ Calcul de l'indice d'équitabilité de Piélou

La lecture de l'indice de Shannon s'accompagne couramment de celle de l'indice d'équitabilité de Piélou, encore appelé indice d'équirépartition, qui rend compte de la distribution des individus entre les différentes espèces. Il correspond au rapport de la valeur H' observée à l'indice maximal théorique dans le peuplement ($H'_{max} = \log_2 S$), et s'écrit tel que :

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Contrairement à l'indice de Shannon, l'indice d'équitabilité est insensible aux variations de richesse spécifique ; il facilite de fait la comparaison de plusieurs peuplements ou de différentes dates d'échantillonnages. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une espèce) à 1 (équirépartition des individus entre les espèces). Les peuplements perturbés se caractérisent généralement par de faibles valeurs des indices de Shannon (H') et de Piélou (J'). Les états transitoires, observés suite à une perturbation récente des peuplements, se traduisent quant à eux par des valeurs H' moyennes, conjuguées à de fortes valeurs J' . Les peuplements à l'équilibre enregistrent des valeurs élevées pour ces deux indices.

→ Calcul de l'indice AMBI

L'indice AMBI a initialement été conçu afin d'évaluer le statut de qualité écologique des masses d'eau côtières européennes. Il s'appuie sur la réponse des communautés benthiques de substrat meuble aux changements naturels et/ou anthropiques de qualité environnementale. Le développement de cet indice repose sur la classification des espèces benthiques en cinq groupes de polluo-sensibilités (groupe I : espèces sensibles ; groupe II : espèces indifférentes ; groupe III : espèces tolérantes ; groupe IV : espèces opportunistes de second ordre ; groupe V : espèces opportunistes de premier ordre).

Groupe	Type d'espèces	Caractéristiques	Groupes trophiques
● I	Sensibles	- largement dominantes en conditions normales - disparaissent les premières lors de l'enrichissement du milieu - dernières à se réinstaller	- suspensivores, carnivores sélectifs, quelques dépositivores tubicoles de subsurface
● II	Indifférentes	- espèces peu influencées par une augmentation de la quantité en matières organiques	- carnivores et nécrophages peu sélectifs
● III	Tolérantes	- naturellement présentes dans les vases, mais dont la prolifération est stimulée par l'enrichissement du milieu, elles sont le signe d'un déséquilibre du système	- dépositivores de surface profitant du film superficiel chargé de matière organique
● IV	Opportunistes 2 nd ordre	- cycle de vie court (souvent < 1 an), proliférant dans les sédiments réduits	- dépositivores de subsurface
● V	Opportunistes de 1 ^{er} ordre	- prolifèrent dans les sédiments réduits sur l'ensemble de leur épaisseur jusqu'à leur surface	- dépositivores

Tableau 2 : Définition des cinq groupes de polluosensibilité, d'après Glémarec et Hily (1981).

La formule de l'AMBI se base sur les proportions des différents groupes de polluo-sensibilité au sein des échantillons, tel que :

$$AMBI = \frac{(0 * \%GI) + (1,5 - \%GII) + (3 * \%GIII) + (4,5 * \%GIV) + (6 - \%GV)}{100}$$

Cette équation permet d'obtenir des valeurs comprises entre 0 et 6, les fortes valeurs étant indicatrices d'habitats dégradés. Dans cette étude, les valeurs AMBI ont été calculées par l'intermédiaire d'une routine R (<http://www.r-project.org/>), à partir de la classification AZTI mise à jour en mai 2022 (<https://ambi.azti.es>).

→ Calcul de l'indice BEQI-FR

Le BEQI est un indice multimétrique reposant sur le couplage de l'AMBI, de la richesse spécifique (S) et de l'indice de Shannon (H'), selon l'équation suivante :

$$BEQI - FR = \frac{\frac{S_{obs}}{S_{ref}} + \frac{H'_{obs}}{H'_{ref}} + \frac{(AMBI_{obs} - 7)}{(AMBI_{ref} - 7)}}{3}$$

Avec S_{ref} , H'_{ref} et $AMBI_{ref}$ les valeurs de référence pour l'habitat considéré.

La valeur obtenue définit l'**EQR** (Ecological Quality Ratio), déterminant la classe de qualité écologique de la station.

2.3 INVENTAIRE DE L'ESTRAN ROCHEUX ET CARTOGRAPHIE DES HABITATS MARINS

2.3.1 Références du Protocole

- ▷ Christian Hily et Jacques Grall, REBENT, 2003. Suivi stationnel des estrans
- ▷ Erwan Ar Gall et Solène Connan, REBENT 2004. Échantillonnage des macroalgues – Intertidal – substrats durs.
- ▷ Ar Gall et Le Duff, 2007. Protocole d'observation in situ et proposition de calcul d'un indice de qualité pour le suivi des macroalgues sur les estrans intertidaux rocheux dans le cadre de la DCE. LEBHAM-IUEM- UBO, Brest. 14p.

2.3.2 Période d'étude

La période d'étude de la couverture algale doit se faire **de mars à juillet**. Il est choisi des marées avec un coefficient au moins supérieur à **95** (mais 90 toléré). La période d'investigations se focalise entre PM-3 et PM+3. L'équipe est composée de 2 personnes au moins par site.

2.3.3 Moyens matériels

Il est utilisé :

- ▷ Un GPS à main pour localiser les stations
- ▷ Un appareil photo étanche pour photographier les quadrats
- ▷ Un grand quadrat léger, pliable et mobile de 1,65 m x 1,65m, découpé en 25 quadrats de 0,1 m² de surface

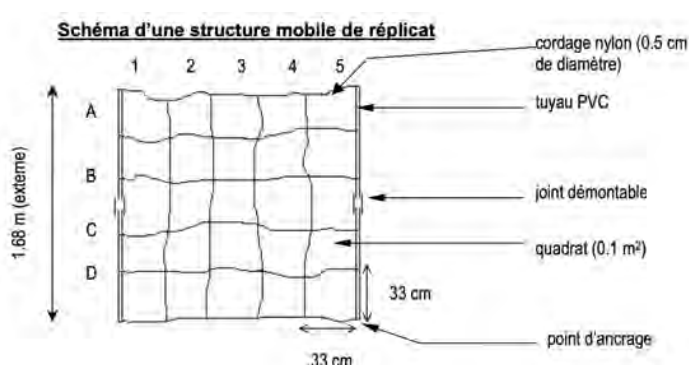


Figure 7 : Mise en place du grand quadrat et matériel pour le fabriquer (source Ar Gall, 2004)

2.3.4 Objectifs des inventaires

Il s'agit de décrire les ceintures algales qui sont liées à leur position sur l'estran (bathymétrie) et à leur mode d'exposition. En Manche-Atlantique, la typologie des habitats est celle retenue par le REBENT pour les estrans sur substrats durs, et s'inspire de travaux antérieurs (Floc'h, 1964). Ainsi, il y a 6 ceintures de macroalgues qui sont suivies sur l'intertidal et dans la partie haute de l'infralittoral, en mode abrité à semi-battu, là donc où elles sont présentes et où elles constituent des habitats bien définis (du haut estran en allant vers le bas) :

- ▷ *Pelvetia canaliculata* (Pc)
- ▷ *Fucus spiralis* (Fspi)
- ▷ *Ascophyllum nodosum* (An) / *Fucus vesiculosus* (Fves)
- ▷ *Fucus serratus* (Fser) + Rhodophycées
- ▷ *Himanthalia elongata* (He) / *Bifurcaria bifurcata* (Bb) / Rhodophycées Laminariales

Pour chaque site étudié, il est réparti 3 stations sur chacune des 6 ceintures (s'ils sont toutes présentes). Il y a donc 18 stations par site d'étude au maximum, entre le plus haut et bas niveau de marnage.



Figure 8 : Schéma de la zonation des ceintures en fonctions de l'exposition (d'après Lewis, 1964)

SUPRALITTORAL



Figure 9 : Représentation schématique de l'étagement des algues brunes (source Ar Gall, 2004)

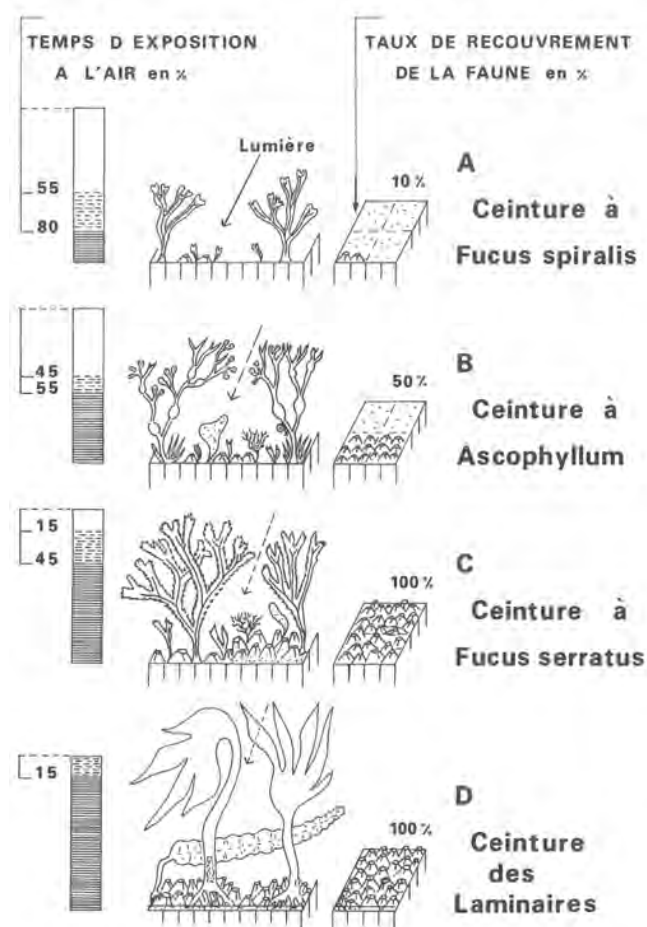


Figure 10 : Évolution du pourcentage de temps d'exposition à l'air et du taux de recouvrement de la macrofaune, en fonction des ceintures algales (A, B, C et D) d'après Gruet, 1983

Les surfaces de recouvrement par ceinture en m^2 et par site étudié sont déterminées par le passage de l'écologue à partir de l'orthophotodrone qui permet ainsi de détourner directement les surfaces.

Ensuite, au niveau de chaque ceinture, l'inventaire spécifique en appliquant le protocole va ainsi permettre de dénombrer les espèces caractéristiques par ceinture, ainsi que leur recouvrement dans les quadrats.

L'ensemble des résultats va permettre de donner un indice de qualité.

2.3.5 Effort d'échantillonnage et Inventaire

Sur le site, il va donc être placé par ceinture présente, 3 stations fixes qui permettront le déploiement du grand quadrat pliable. Celui-ci est donc placé au même endroit pour chaque campagne. Il sera donc repéré à la fois par le GPS, mais également par des photos d'ensemble et par un schéma.

Le grand quadrat est placé sur une surface plane et rocheuse en évitant les petits blocs, les surplombs, ou tombants avec trop de fissurations.

Le grand quadrat une fois déployé, il est sélectionné trois petits quadrats (de $0,1 m^2$) en son sein, aléatoirement. Chaque petit quadrat fait alors l'objet d'une photographie. Ensuite, il est compté et inventorié toutes les espèces de la flore du quadrat. Il est attaché une grande importance à la présence des espèces caractéristiques par ceinture et également des opportunistes.

Il a été annexé les fiches de terrain pour ce protocole Macroalgues.

Toutes les espèces (ou les taxons d'ordre supérieur dans les cas où l'identification des espèces est impossible) présentes dans les quadrats échantillonnés sous forme encroûtante (surface minimale de l'ordre de 1 cm²) ou érigée (individus d'une taille supérieure ou égale à 5 mm) seront notées dans la fiche terrain sous leur dénomination latine. La richesse spécifique représente le paramètre 1.

Le classement des espèces se fera par strate :

- ▷ Strate I : 0 à 0,5 cm : individus encroûtants : Lithothamnées, petits épiphytes...)
- ▷ Strate II : 0,5 à 30 cm : algues vertes et rouges, petites Fucales
- ▷ Strate III : 30 à 100 cm : Fucales taille moyenne
- ▷ Strate IV : > 100 cm : grandes Fucales, Laminaires

Le paramètre 2 représente la densité par quadrat de l'espèce concernée (dans sa strate) ou le % recouvrement pour les espèces encroûtantes.

Le pourcentage de recouvrement est le suivant :

Recouvrement de l'espèce	Coefficient d'abondance
Supérieur à 75%	5
Compris entre 50% et 75%	4
Compris entre 25% et 50%	3
Compris entre 5% et 25%	2
Inférieur à 5%	1
Très peu abondant	+
Espèce très rare	r
Espèce représentée par un individu unique	i

Figure 11 : Indice de recouvrement (d'après Lacoset & Salanon, 1969)

Sur un site dédié, il peut donc y avoir au plus 54 petits quadrats inventoriés dans la même marée.

Substrat	Stations	Petits quadrat / station	Total petits quadrats (au plus)
Rocheux Intertidal	3 stations par ceinture, soit 18 stations si présence des 6 ceintures	3 répliqués / station	54

Figure 12 : Stratégie d'échantillonnage sur l'estran rocheux

2.3.6 Traitement des Données produites

2.3.6.1 Diversité spécifique

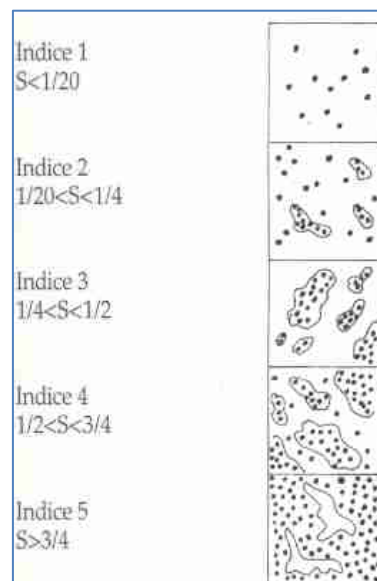
- ▷ Listes de présence des taxons, si possible par espèce
- ▷ Comparaison statistique des valeurs obtenues aux niveaux spatial et temporel (en cas de série) et graphiques correspondants

2.3.6.2 Recouvrement et stratification

- ▷ Tableaux des pourcentages et indices de recouvrement par espèce
- ▷ Tableaux des pourcentages et indices de recouvrement par ceinture

2.3.6.3 Calcul de l'indice de qualité (CCO)

L'indice a été baptisé CCO pour "Cover – Characteristic species – Opportunistic species" pour le protocole DCE.



Couverture végétale globale (Métrique 1)

Tous les niveaux du médio-littoral sont concernés, et la couverture de chaque ceinture est convertie en points. Seules les ceintures présentes sont prises en compte. Les points obtenus pour chaque ceinture sont cumulés pour donner une valeur globale pour l'estran. Si une ceinture est absente, il faut appliquer une règle de trois pour atteindre un maximum de 40. Pour tenir compte de l'importance relative du couvert végétal de chaque ceinture, tout en permettant un calcul simple du sous-indice, avec des nombres entiers et un total ne dépassant pas 40, chaque ceinture sera classée en fonction de la surface qu'elle représente. On utilise alors 5 tableaux indiciels différents, l'évaluation des deux ceintures les moins étendues passant par l'utilisation du même tableau. Si une ou deux ceintures sont absentes du site, on applique une règle de trois à partir de la somme obtenue avec les ceintures existantes, afin d'évaluer le sous-indice sur une échelle de 40 points.

Rank 1	
value	percentage
9	75 – 100 %
7	50 – 75 %
6	25 – 50 %
5	10 – 25 %
4	5 - 10 %
2	2.5 – 5 %
0	0 – 2.5 %

Rank 2	
value	percentage
8	75 – 100 %
7	50 – 75 %
6	25 – 50 %
5	10 – 25 %
3	5 - 10 %
2	2.5 – 5 %
0	0 – 2.5 %

Rank 3	
value	percentage
7	75 – 100 %
6	50 – 75 %
5	25 – 50 %
3	10 – 25 %
2	5 - 10 %
1	2.5 – 5 %
0	0 – 2.5 %

Rank 4	
value	percentage
6	75 – 100 %
5	50 – 75 %
4	25 – 50 %
3	10 – 25 %
2	5 - 10 %
1	2.5 – 5 %
0	0 – 2.5 %

Ranks 5 & 6	
value	percentage
5	75 – 100 %
4	50 – 75 %
3	25 – 50 %
3	10 – 25 %
2	5 - 10 %
1	2.5 – 5 %
0	0 – 2.5 %

Figure 13 : Tableaux indiciels pour la couverture végétale globale en fonction de la surface et donc du rang de chaque ceinture (source Ar Gall, 2007)

Nombre d'espèces caractéristiques présentes sur l'estran (Métrique 2)

Les espèces prises en compte sur le terrain pour le calcul d'indice sont celles qui figurent dans les listes ci-après et dont la couverture moyenne par ceinture est supérieure à 2.5%. Pour Pc et Fspi, les espèces prises en compte sont celles dont le recouvrement atteint au moins 2.5% dans l'une ou l'autre ceinture. Quand une espèce présente un cycle de vie hétéromorphe, les surfaces couvertes par les générations visibles seront additionnées (exemple : *Mastocarpus stellatus* / *Petrocelis cruenta*).

Le calcul sera fait a posteriori et non sur le terrain (cf. fiches de terrain).

Valeur du sous-indice = somme des valeurs obtenues par ceinture (ou groupement) / 5, lorsque 5 ceintures (ou au moins une des deux dans le cas de Pc + Fspi) sont présentes
ou valeur d'indice = somme des valeurs obtenues pour chaque ceinture / n X 5, lorsque n ceintures (ou Pc / Fspi) sont présentes

Pc + Fspi	An + Fves	Fser	He + Bb	Ld
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Chondrus crispus</i>	<i>Asparagopsis armata/Falkenbergia</i>	<i>Calliblepharis jubata</i>
<i>Catenella repens</i>	<i>Cladophora rupestris</i>	<i>Cladophora rupestris</i>	<i>Bifurcaria bifurcata</i>	<i>Chondracanthus acicularis</i>
<i>Fucus spiralis</i>	<i>Corallina spp.</i>	<i>Corallina spp.</i>	<i>Calliblepharis jubata</i>	<i>Chondrus crispus</i>
<i>Hildenbrandia rubra</i>	<i>Fucus serratus</i>	<i>Cryptopleura ramosa</i>	<i>Chondracanthus acicularis</i>	<i>Corallina spp.</i>
<i>Lichina pygmaea</i>	<i>Fucus vesiculosus</i>	<i>Fucus serratus</i>	<i>Chondrus crispus</i>	<i>Cryptopleura ramosa</i>
<i>Pelvetia canaliculata</i>	<i>Gelidium spinosum (pulchellum/latifolium)</i>	<i>Gelidium spinosum (pulchellum/latifolium)</i>	<i>Cladophora rupestris</i>	<i>Cystoclonium purpureum</i>
<i>Verrucaria maura</i>	<i>Gelidium pusillum</i>	<i>Gelidium pusillum</i>	<i>Corallina spp.</i>	<i>Himanthalia elongata</i>
	<i>Lithophyllum incrustans</i>	<i>Lithophyllum incrustans</i>	<i>Cryptopleura ramosa</i>	<i>Laminaria digitata</i>
	<i>Lithothamnion lenormandii</i>	<i>Lithothamnion lenormandii</i>	<i>Cystoclonium purpureum</i>	<i>Laminaria saccharina</i>
	<i>Lomentaria articulata</i>	<i>Lomentaria articulata</i>	<i>Gelidium spinosum (pulchellum/latifolium)</i>	<i>Laurencia obtusa/L. hybrida</i>
	<i>Mastocarpus stellatus</i>	<i>Mastocarpus stellatus</i>	<i>Himanthalia elongata</i>	<i>Lithophyllum incrustans</i>
	<i>Plumaria plumosa</i>	<i>Osmundea pinnatifida</i>	<i>Laurencia obtusa / L. hybrida</i>	<i>Lomentaria articulata</i>
	<i>Rhodothamniella floridula</i>	<i>Palmaria palmata</i>	<i>Lithophyllum incrustans</i>	<i>Mastocarpus stellatus</i>
		<i>Plumaria plumosa</i>	<i>Lomentaria articulata</i>	<i>Osmundea pinnatifida</i>
		<i>Rhodothamniella floridula</i>	<i>Mastocarpus stellatus</i>	<i>Palmaria palmata</i>
			<i>Osmundea pinnatifida</i>	<i>Plocamium cartilagineum</i>
			<i>Palmaria palmata</i>	<i>Saccorhiza polyschides</i>
			<i>Plocamium cartilagineum</i>	
			<i>Rhodothamniella floridula</i>	
7 espèces	13 espèces	15 espèces	19 espèces	17 espèces

Figure 14 : Tableau des espèces caractéristiques de l'estran par ceinture (les ceintures Pc et Fspi sont ici regroupées). Le nombre d'espèces caractéristiques figure en bas de chaque colonne (source Ar Gall, 2007)

Il y a donc 33 genres ou espèces caractéristiques d'un estran rocheux (hors micro-habitats) sur la façade Nord Gascogne à Manche-Est :

Ascophyllum nodosum

Asparagopsis armata / Falkenbergia rufolanosa

Bifurcaria bifurcata

Calliblepharis jubata

Catenella repens

Chondracanthus acicularis

Chondrus crispus

Cladophora rupestris

Corallina spp. pour *C. elongata* + *C. officinalis* + *Haliptilon squamatum* *Cryptopleura ramosa*

Cystoclonium purpureum

Fucus serratus

Fucus spiralis

Fucus vesiculosus

Gelidium spinosum = *G. pulchellum* = *G. latifolium*

Gelidium pusillum

Hildenbrandia rubra = *H. prototypus*

Himanthalia elongata

Laminaria digitata

Laminaria saccharina

Laurencia obtusa ou *L. hybrida*

Lichina pygmaea

Lithophyllum incrustans

Lithothamnion lenormandii

Lomentaria articulata

Mastocarpus stellatus / Petrocelis cruenta

Osmundea pinnatifida = *Laurencia pinnatifida*

Palmaria palmata

Pelvetia canaliculata

Plumaria plumosa

Rhodothamniella floridula

Saccorhiza polyschides

Verrucaria maura

Les indices sont ainsi les suivant :

characteristical species	
value	Pc - Fspi
30	≥ 4
20	3
10	2
5	1
0	0

characteristical species	
value	An - Fves
30	≥ 7
20	5 - 6
10	3 - 4
5	1 - 2
0	0

characteristical species	
value	Fser
30	≥ 8
20	6 - 7
10	4 - 5
5	1 - 3
0	0

characteristical species	
value	He - Bb
30	≥ 10
20	7 - 9
10	4 - 6
5	1 - 3
0	0

characteristical species	
value	Ld
30	≥ 9
20	7 - 8
10	4 - 6
5	1 - 3
0	0

Nombre d'espèces opportunistes (Métrique 3)

L'indice tient compte du couvert des espèces ou groupes d'espèces opportunistes ci-après dans chacune des ceintures :

Phaeophyceae	Ectocarpales (Ectocarpaceae : <i>Ectocarpus spp.</i> , <i>Pylaiella spp.</i> , <i>Hinckia spp.</i>)
Chlorophyceae	<i>Enteromorpha compressa</i> <i>Enteromorpha ramulosa</i> <i>Ulva spp.</i>
Rhodophyceae	<i>Ceramium spp.</i> <i>Polysiphonia spp.</i> (hormis <i>P. lanosa</i> et <i>P. elongata</i>) <i>Boergeseniella spp.</i>
Microalgues coloniales	Diatomées (épiphytes ou épilithes)

Les valeurs obtenues par ceinture sont sommées pour atteindre un maximum de 30, lorsque les recouvrements par les opportunistes sont $< 5\%$ partout. Lorsqu'une ceinture est absente, le total se fait en sommant les valeurs des ceintures présentes et en appliquant une règle de trois. Pour le calcul, chaque ceinture, ou regroupement de ceintures dans le cas de Pc et Fspi, a le même poids. Les calculs de moyennes de recouvrement se font après coup et non sur le terrain (Cf. fiches de terrain).

Opportunistic species per belt	
value	cover
6	$< 5\%$
4	5 – 25 %
2	25 – 50 %
1	50 – 75 %
0	75 – 100 %

Dans le cas du regroupement Pc + Fspi, les recouvrements d'un taxon donné dans les deux ceintures sont moyennés (Pc + Fspi / 2).

2.3.6.4 Détermination de l'état qualitatif (indice de qualité)

L'état qualitatif d'un site « macroalgues intertidales » est obtenu en comparant l'indice calculé avec les CFR boundaries définies au préalable au niveau européen. L'indice global est calculé en sommant les sous-indices obtenus pour le recouvrement global (0 - 40), le nombre d'espèces caractéristiques de l'ensemble des ceintures présentes (0 - 30) et le recouvrement des espèces opportunistes (0 - 30).

CFR boundaries	status
83 - 100	High
62 – 82	Good
41 – 61	Moderate
20 – 40	Poor
0 - 19	Bad

2.3.1 Traitement des données appliqué au site

Les données traitées permettront de définir une cartographie des habitats marins (typologie NatHab-Atl et correspondance Eunis), ainsi que la qualité de ces habitats (état de conservation).

2.4 QUALITE GEOCHIMIQUES DES SEDIMENTS

Le site allant faire l'objet de travaux qui pourrait remettre en suspension ou excaver des sédiment, il est important de connaître l'état de contamination des sédiments en place, étant en pleine zone urbaine/portuaire.

2.4.1 Références du Protocole

Le protocole technique relatif à la qualité géochimique des sédiments est défini par un cadre réglementaire (circulaire n°2000-62 et instructions techniques jointes à l'arrêté du 14 juin 2000, modifié par l'arrêté du 1er avril 2008). La circulaire explicite les conditions d'utilisation des référentiels de qualité fixés par arrêtés interministériels et décrit les modalités d'échantillonnage et d'analyse des sédiments marins ou estuariens en milieu naturel ou portuaire.

2.4.2 Nombre de stations

Les instructions techniques fixent un maillage des prélèvements à effectuer en faisant la distinction entre les zones à échanges libres, les zones confinées et les ports de plaisance.

Elle distingue ainsi :

- ▷ les **zones à échanges libres** caractérisées par des échanges importants de masse d'eau dus à de forts courants et/ou à une agitation importante du plan d'eau (houle...) ;
- ▷ les **zones confinées** caractérisées par un faible renouvellement des masses d'eaux. Entrent souvent dans cette catégorie les bassins portuaires fermés soumis à des apports (industriels, urbains, ...) ;
- ▷ les **ports de plaisance**, en considérant soit le volume à draguer défini pour les zones confinées, soit la capacité d'accueil (nombre de navires de plaisance).

Le nombre d'échantillons à analyser correspond au critère **le plus contraignant** entre capacité d'accueil et volume à extraire.

<i>Volumes dragués en place (m³)</i>	<i>Nombre de stations à prélever</i>	<i>Nombre d'échantillons à analyser (pour matériaux hétérogènes)</i>	<i>Nombre d'échantillons à analyser (pour matériaux homogènes)</i>
< 25.000 m ³	3	3	1
25.000 ≤ < 100.000 m ³	4 - 6	4-6	2- 3
100.000 ≤ < 500.000 m ³	7 - 15	7-15	3- 5
500.000 ≤ < 2000.000 m ³	16 - 30	16-30	6-10
≥ 2.000.000 m ³	10 de plus par million de m ³ supplémentaire	10 de plus par million de m ³ supplémentaire	4 de plus par million de m ³ supplémentaire

Tableau 3 : Nombre d'échantillons moyens à analyser pour une zone à échange libre (source circulaire 2000-62)

Capacité d'accueil	Nombre d'échantillons à analyser
<100 bateaux	1
100 ≤ <500 bateaux	2
500 ≤ <1.000 bateaux	3
500 ≤ <1.000 bateaux	4
≥ 1.000 bateaux	5

Tableau 4 : Nombre d'échantillons moyens à analyser pour les ports de plaisance (source circulaire 2000-62)

2.4.3 Choix du mode de prélèvement

3/ Méthodes de prélèvement

Il s'avère nécessaire d'opérer une distinction entre :

Travaux neufs :

Les analyses sont effectuées sur chaque grand faciès de carottes prélevées pour l'étude géotechnique (à l'exception des faciès graveleux).

Dragages d'entretien :

Le prélèvement est effectué avant le début des travaux de façon à évaluer les risques potentiellement induits par les sédiments. Il sera réalisé in situ à l'aide d'une benne à main, par un plongeur, Toutefois, les techniques de carottage peuvent être utilisées en tant que de besoin.

Tableau 5 : Prescription du mode de prélèvement (source circulaire 2000-62)

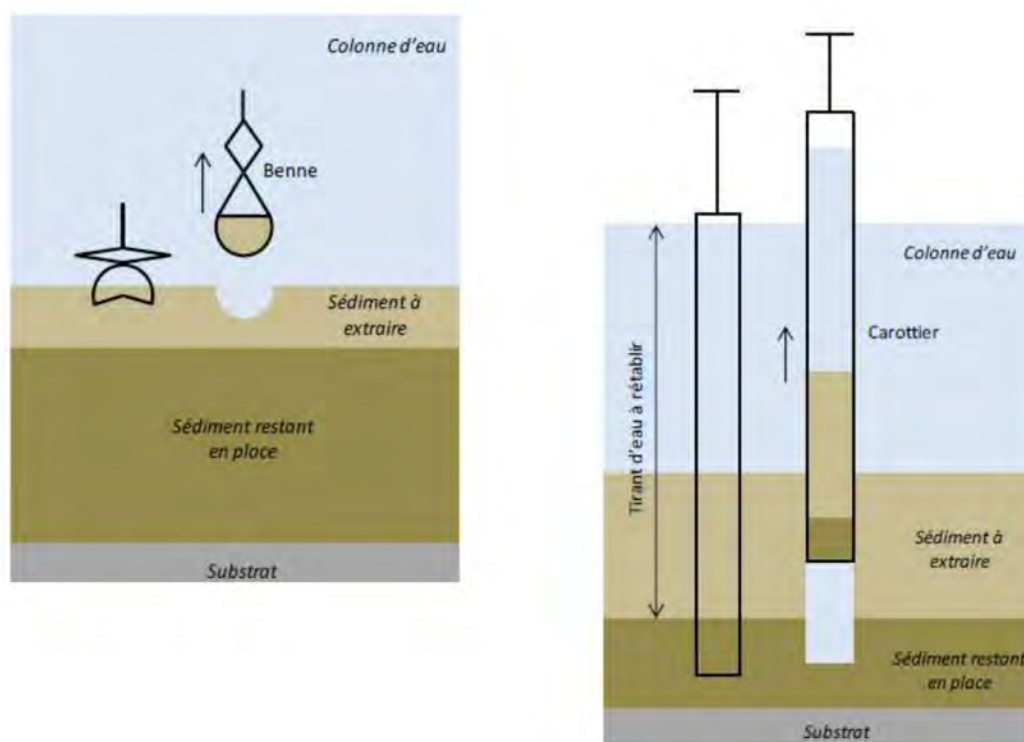


Figure 15 : Présentation des outils de prélèvements

Les sédiments ont été prélevés à partir de la réalisation d'une carotte de 20 cm de profondeur, réalisé lors des prélèvements pour le benthos de l'estran meuble.

Les échantillons moyens sont élaborés à terre (ou sur le navire s'il y a suffisamment de place sur le pont). Les mélanges sont faits à volume identique, dans un récipient neutre. L'ensemble est homogénéisé à l'aide d'une spatule en acier inoxydable. Le mélange a été placé dans un nouveau flacon et renommé à l'aide du nom de la station, suivi de l'extension –MOY (pour échantillon moyen), puis placé en glacière. Le récipient est alors abondamment rincé et séché entre deux manipulations. L'ensemble des manipulations effectuées est consigné dans un cahier précisant le nom des échantillons élémentaires mélangés, un rappel de la texture, le nom de l'échantillon moyen obtenu, et la mention reportée sur le flacon concernant le type d'analyse demandé. Une photographie de chaque échantillon sera prise au moment du dépôtage de la carotte.

Les échantillons de sédiment sont déposés au laboratoire d'analyses au plus tard 24 heures après le prélèvement. Pour le transport, les échantillons sont placés en glacière prévue pour le transport, immobilisés à l'aide de mousse ou de papier à bulle, et intercalés avec des pains de glace congelés.

2.4.4 Choix du laboratoire

Les laboratoires susceptibles de réaliser les analyses physico-chimiques de prélèvements sédimentaires, doivent être agréés par le Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES) Cet agrément est nécessaire pour se conformer à la réglementation sur les opérations de dragage (Arrêté du 14 juin et circulaires accompagnatrices) et pour avoir une acceptation du dossier réglementaire par la MISE, administrations en charge de l'instruction pour la Préfecture. Les modalités de l'agrément sont définies dans l'arrêté du ministre de l'Environnement du 29 novembre 2006, abrogé par l'arrêté du 27 octobre 2011, portant sur les analyses dans le domaine de l'eau et des sédiments, qui fixe les procédures devant être suivies par les laboratoires d'analyses souhaitant être agréés, et qui fixe également les méthodes analytiques devant être suivies. Les laboratoires sont désormais agréés par typologie d'analyse et de matrice (eaux, sédiments...). L'ensemble des agréments des tous les laboratoires est disponible sur le site WEB suivant :

www.labeau.ecologie.gouv.fr

Le laboratoire choisi a été EUROFINS (Saverne) l'ensemble des analyses prévues.

2.4.5 Analyses réalisées sur Chaque Échantillon moyen

L'arrêté relatif aux conditions d'utilisation du référentiel de qualité des sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire du 1^{er} avril 2008 définit les modalités de la mise en œuvre du référentiel de qualité, et en particulier elle liste les analyses à réaliser :

- ▷ Propriétés physiques : granulométrie et sédimentométrie, % de matières sèches, densité, teneur en Aluminium, Carbone Organique Total (COT).
- ▷ Propriétés chimiques : Métaux lourds (As, Cr, Hg, Pb, Cd, Cu, Ni, Zn), Σ PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180), Σ 16 HAP (Hydrocarbures aromatiques polycycliques), Σ TBT (TBT, DBT, MBT)
- ▷ Nutriments : Azote de Kjeldahl (NTK), Phosphore total (Pt)
- ▷ Bactériologie (*E. coli*)

2.4.6 Interprétation des résultats et niveaux de références

2.4.6.1 Données granulométriques

Classe	Diamètre des grains
Colloïdes	< 0,12 μ m
Précolloïdes	0,12 – 4 μ m
Silts	4 – 63 μ m
Sables très fins	63 – 125 μ m
Sables fins	125 – 250 μ m
Sables moyens	250 – 500 μ m

Sables grossiers	500 – 1 000 µm
Sables très grossiers	1 – 2 mm
Graviers	2 – 20 mm
Galets	20 – 200 mm
Blocs	> 200 mm

Tableau 6 : Classification générale granulométrique

Les résultats granulométriques permettent de classer les sédiments selon le tableau ci-dessus.

2.4.6.2 Contaminants et seuils de qualité

Pour chaque substance, sélectionnée en fonction des connaissances et de sa représentativité en matière de potentiel d'impact sur le milieu naturel dans le cas de sédiments dragués destinés à être immergés, des seuils ont été définis, correspondants à des niveaux potentiels d'impact croissant sur un même milieu.

Les niveaux de référence

L'arrêté du 9 août 2006 (complété par ceux du 23 décembre 2009, du 8 février 2013 et du 17 juillet 2014), relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée au décret n°93-742 du 29 mars 1993 (mentionné également à l'arrêté du 14 juin 2000 relatif aux niveaux de référence à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire) précise par son article 1 : « Lorsque, pour apprécier l'incidence de l'opération sur le milieu aquatique (ou par apprécier l'incidence sur le milieu aquatique d'une action déterminée), une analyse est requise en application du décret nomenclature : La qualité des sédiments marins ou estuariens est appréciée au regard des seuils de la rubrique 4.1.3.0 de la nomenclature dont les niveaux de référence N1 et N2 sont précisés dans les tableaux suivants » :

Éléments traces	U	Niveau N1	Niveau N2
Arsenic (As)	mg/kg	25	50
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,2	2,4
Chrome (Cr)	mg/kg	90	180
Cuivre (Cu)	mg/kg	45	90
Mercure (Hg)	mg/kg	0,4	0,8
Nickel (Ni)	mg/kg	37	74
Plomb (Pb)	mg/kg	100	200
Zinc (Zn)	mg/kg	276	552

Tableau 7 : Niveaux relatifs aux métaux lourds

Polluants organiques	U	Niveau N1	Niveau N2
PCB totaux	mg/kg	0,5	1
PCB 28	mg/kg	0,005	0,01
PCB 52	mg/kg	0,005	0,01
PCB 101	mg/kg	0,01	0,02
PCB 118	mg/kg	0,01	0,02
PCB 138	mg/kg	0,02	0,04
PCB 153	mg/kg	0,02	0,04
PCB 180	mg/kg	0,01	0,02

Tableau 8 : Niveaux relatifs aux PCB (modifié le 17 juillet 2014)

HAP	Unité	Niveau N1	Niveau N2
Naphtalène	µg/kg	160	1 130
Acénaphène	µg/kg	15	260
Acénaphthylène	µg/kg	40	340
Fluorène	µg/kg	20	280

Anthracène	µg/kg	85	590
Phénanthrène	µg/kg	240	870
Fluoranthène	µg/kg	600	2 850
Pyrène	µg/kg	500	1 500
Benzo [a] anthracène	µg/kg	260	930
Chrysène	µg/kg	380	1 590
Benzo [b] fluoranthène	µg/kg	400	900
Benzo [k] fluoranthène	µg/kg	200	400
Benzo [a] pyrène	µg/kg	430	1 015
Di-benzo [a,h] anthracène	µg/kg	60	160
Benzo [g,h,i] pérylène	µg/kg	1 700	5 650
Indéno [1,2,3-cd] pyrène	µg/kg	1 700	5 650

Tableau 9 : Niveaux relatifs aux HAP

TBT	U	Niveau N1	Niveau N2
TBT	µg/kg	100	400

Tableau 10 : Niveaux relatifs aux TBT

Les conditions d'utilisation

La circulaire (jointe à l'arrêté du 14 juin 2000) définit, par son point 3, les conditions d'utilisation des seuils et stipule que :

- ▶ Au-dessous du niveau N1, **l'impact potentiel est en principe jugé d'emblée neutre ou négligeable**, les teneurs étant « normales » ou comparables au bruit de fond environnemental. Toutefois, dans certains cas exceptionnels, un approfondissement de certaines données peut s'avérer utile
- ▶ Entre le niveau N1 et le niveau N2, une investigation complémentaire peut s'avérer nécessaire en fonction du projet considéré et du degré de dépassement du niveau N1. Ainsi, une mesure dépassant légèrement le niveau N1 sur seulement un ou quelques échantillons analysés, ne nécessite pas de complément sauf raison particulière (par exemple toxicité de l'élément considéré : Cd, Hg,...) ; de façon générale, l'investigation complémentaire doit être proportionnée à l'importance de l'opération envisagée. Elle peut porter, pour les substances concernées, sur des mesures complémentaires et/ou des estimations de sensibilité du milieu. Toutefois, le coût et les délais en résultant doivent rester proportionnés au coût du projet et le maître d'ouvrage doit intégrer les délais de réalisation des analyses dans son propre calendrier
- ▶ Au-delà du niveau N2, une investigation complémentaire est généralement nécessaire, car des indices notables laissent présager un impact potentiel négatif de l'opération. Il faut alors mener une étude spécifique portant sur la sensibilité du milieu aux substances concernées, avec au moins un test d'écotoxicité globale du sédiment, une évaluation de l'impact prévisible sur le milieu et, le cas échéant, affiner le maillage des prélèvements sur la zone concernée (afin, par exemple, de délimiter le secteur plus particulièrement concerné). En fonction des résultats, le maître d'ouvrage pourra étudier des solutions alternatives pour réaliser le dragage, ou des phasages de réalisation (ex. : réduire le dragage en période de reproduction ou d'alevinage de certaines espèces rares très sensibles).

2.4.7 Effort d'échantillonnage choisi

Sur les 3 échantillons élémentaires, il a été réalisé les analyses suivantes :

- ▶ Teneur en eau
- ▶ Fraction pondérale supérieure à 2 mm
- ▶ Densité
- ▶ Perte au feu
- ▶ COT, Azote total, Phosphore total
- ▶ Teneur en Aluminium

Sur l'échantillon moyen, il a été recherché les contaminants métalliques et organiques. Il n'a pas été recherché les bactéries d'origine fécale (E. coli).

3 RESULTATS SUR LE SITE DU TREIZ

3.1 DATE DE LA CAMPAGNE

La campagne sur le terrain pour la partie habitat marin a eu lieu le mardi 12 février 2024.

3.2 RESULTATS POUR LA QUALITE DES SEDIMENTS

3.2.1 Analyses granulométriques

Propriétés	Treiz 1	Treiz 2	Treiz 3	Treiz Moy
Teneur en eau	78,2	80,5	83	76,3
Fraction > 2 mm (pondéral)	5,3	20	17,4	14,6
Densité	1,68	2,24	1,69	2,11
Médiane (en μm)	274,13	80,36	346	

Tableau 11 : Paramètres physiques sur la plage du Treiz

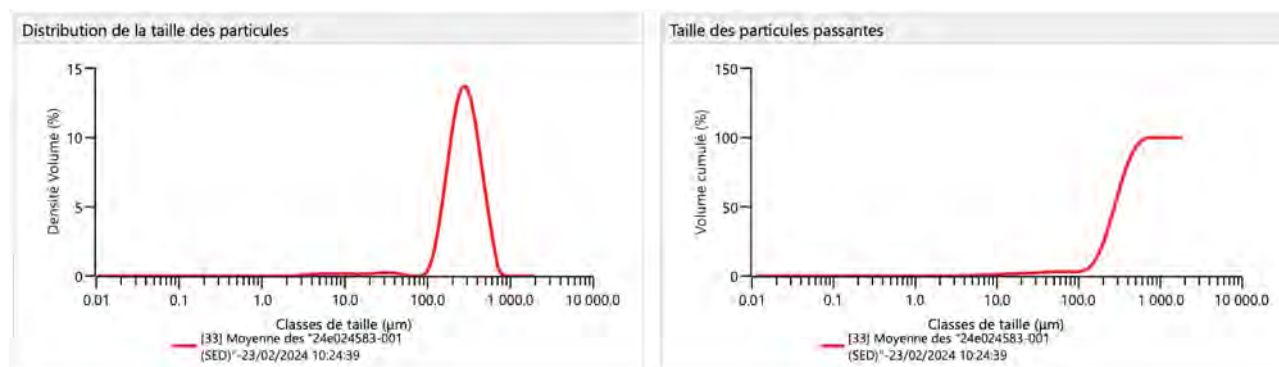


Figure 16 : Granulométrie laser pour la station Treiz 1

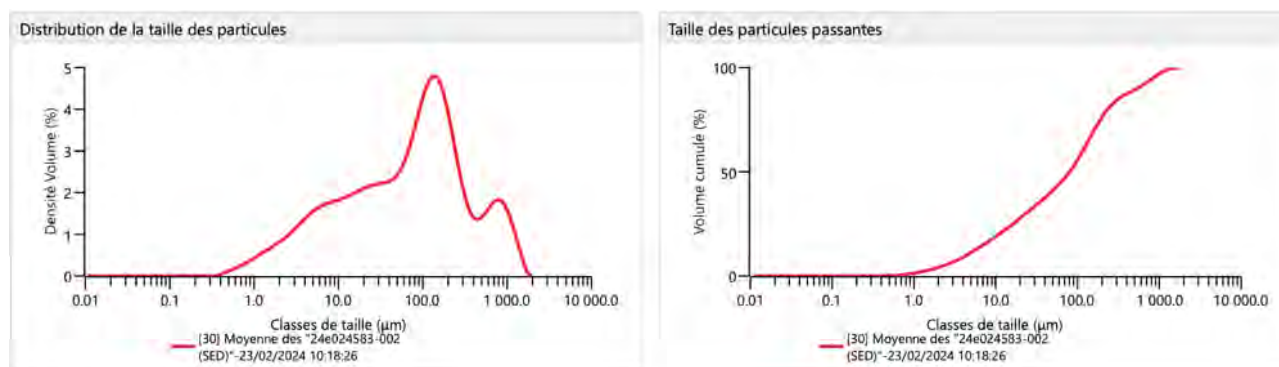


Figure 17 : Granulométrie laser pour la station Treiz 2

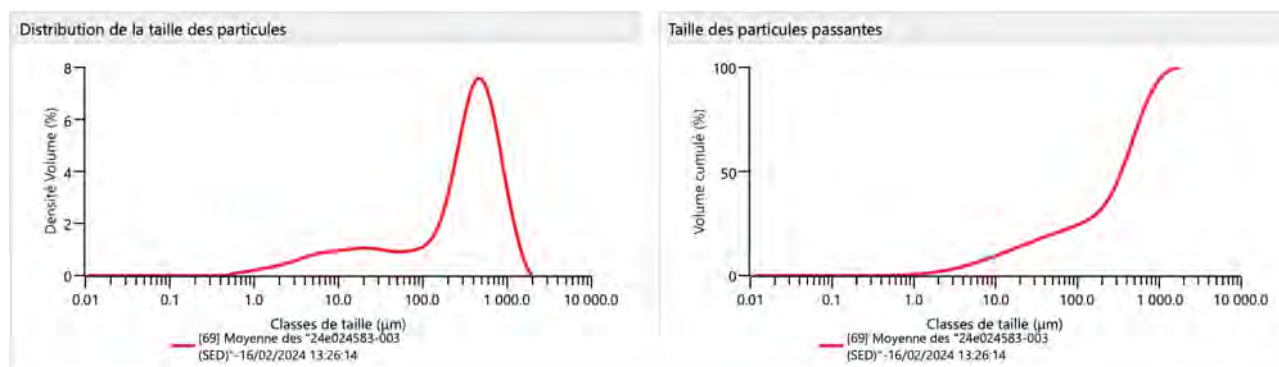


Figure 18 : Granulométrie laser pour la station Treiz 3

Treiz 1 représente un sable moyen bien trié (il n'y a qu'un seul pic. Comme la station est proche du port Rhu et du seuil, il s'effectue une chasse des sédiments à la marée descendante.

Treiz 2 comprend 3 pics : un premier assez fin qui correspond à de la vase, puis un autre vers les 130 µm qui correspond à du sable fin et enfin un dernier vers les 1 mm qui correspond à du sable grossier.

Treiz 3 est un sable moyen, mais contenant qu'en même des sédiments fins (vase).

3.2.2 Concentration en matière organique et éléments structurants

Propriétés	Treiz 1	Treiz 2	Treiz 3	Treiz Moy
pH				8,9
Perte au feu (Matière Organique) % de la MS	0,428	1,52	0,82	1,28
COT en g/kg (MS)	1 540	6 900	3 940	3 110
Azote Kjeldahl (g/Kg MS)				< 0,5
Phosphore total (g/Kg MS)				0,499
Aluminium (en g/Kg MS)	4 070	8 330	6 720	5 590

Tableau 12 : Résultats sur les propriétés organiques et structurantes pour la plage du Treiz

Treiz 1 est assez pauvre en matière organique 1,5%, tandis que Treiz 2 est au-dessus de la moyenne 6,9 % (généralement en dessous de 5% pour des sédiments marins). Il faut noter que Treiz 2 et 3 contiennent des petites coques en très grandes abondances.

3.2.3 Concentrations en contaminants

3.2.3.1 Concentration en Éléments Traces – Contaminants Métalliques

Métaux lourds	U	A	N1	N2
Arsenic (As)	En mg/Kg de MS	4,22	25	50
Cadmium (Cd)		<0,10	1,2	2,4
Chrome (Cr)		9,37	90	180
Cuivre (Cu)		6,89	45	90
Mercure (Hg)		0,17	0,4	0,8
Nickel (Ni)		6,08	37	74

Plomb (Pb)		9,22	100	200
Zinc (Zn)		36,5	276	552

Tableau 13 : Résultats sur les propriétés organiques et structurantes pour la plage du Treiz

Les sédiments du site ne présentent aucune trace de contamination métallique.

3.2.3.2 Concentrations en contaminants organiques

PCB	U	A	N1	N2
PCB totaux	En mg/Kg de MS	0,004	0,5	1
PCB 28		<0.001	0,005	0,01
PCB 52		<0.001	0,005	0,01
PCB 101		<0.001	0,01	0,02
PCB 118		<0.001	0,01	0,02
PCB 138		<0.001	0,02	0,04
PCB 153		<0.001	0,02	0,04
PCB 180		<0.001	0,01	0,02

Tableau 14 : Résultats pour les PCB pour la plage du Treiz

HAP (16)	U	Treiz Moy	N1	N2
Naphtalène	En mg/Kg de MS	<0.002	0,16	1,13
Fluorène		<0.002	0,02	0,28
Phénanthrène		0,003	0,24	0,870
Pyrène		0,0073	0,5	1,5
Benzo-(a)-anthracène		0,0097	0,26	0,93
Chrysène		0,013	0,38	1,59
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène		0,0083	1,7	5,65
Dibenzo(a,h)anthracène		0,003	0,06	0,16
Acénaphthylène		<0.0023	0,040	0,34
Acénaphène		<0.002	0,015	0,026
Anthracène		<0.002	0,085	0,59
Fluoranthène		0,011	0,6	2,85
Benzo(b)fluoranthène		0,017	0,4	0,9
Benzo(k)fluoranthène		0,005	0,2	0,4
Benzo(a)pyrène		0,011	0,43	1,015
Benzo(ghi)Pérylène		0,01	1,7	5,65
Somme des HAP		0,098		

Tableau 15 : Résultats pour les HAP pour la plage du Treiz

TBT (3)	U	Treiz Moy	N1	N2
MBT	En µg/Kg de MS	<2		
DBT		<2		
TBT		<2	100	400

Tableau 16 : Résultats pour les TBT pour la plage du Treiz

Les sédiments du site ne présentent aucune trace de contamination organique.

3.2.4 Conclusions sur la qualité des sédiments pour Port Olona

Les sédiments du Treiz sont considérés dans le bruit de fond géochimique, cela veut dire qu'ils sont exempts de toutes traces de contamination. En cas de libération de fines durant les travaux, la turbidité ne présente aucun risque chimique pour la biodiversité.

3.3 RESULTATS DE L'INVENTAIRE DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE DE L'ESTRAN MEUBLE

3.3.1 Principaux descripteurs écologiques

Descripteur	Treiz 1			Treiz 2			Treiz 3		
	T1.1	T1.2	T1.3	T2.1	T2.2	T2.3	T3.1	T3.2	T3.3
Richesse totale	5	5	8	17	12	15	17	15	17
Densité	494	230	552	2 011	1 712	3 504	2 424	2 264	2 034
Indice de Shannon	0,85	1,58	2,03	2,7	2,24	2,1	3,08	2,67	3,09
Indice de Pielou	0,37	0,68	0,68	0,66	0,63	0,54	0,75	0,68	0,76
Indice AMBI	0,26	0,8	1,69	3,12	3,27	3,2	2,85	2,7	2,81
BEQI-FR	0,58	0,67	0,77	0,69	0,58	0,61	0,74	0,69	0,75
Statut écologique (BEQI-FR moy.)	● Bon (0.67)			● Bon (0.63)			● Bon (0.73)		

Tableau 17 : Valeurs des principaux descripteurs écologiques et statut attribué à chaque station selon l'indice BEQI-FR.

La qualité écologique donnée par l'indice BEQI-FR moy est **Bon** pour les 3 stations.


a) *Apseudopsis latreilli*

b) *Bathyporeia pilosa*

c) *Cyathura carinata*

d) *Eurydice affinis*

e) *Lekanesphaera levii*

f) *Abra alba*

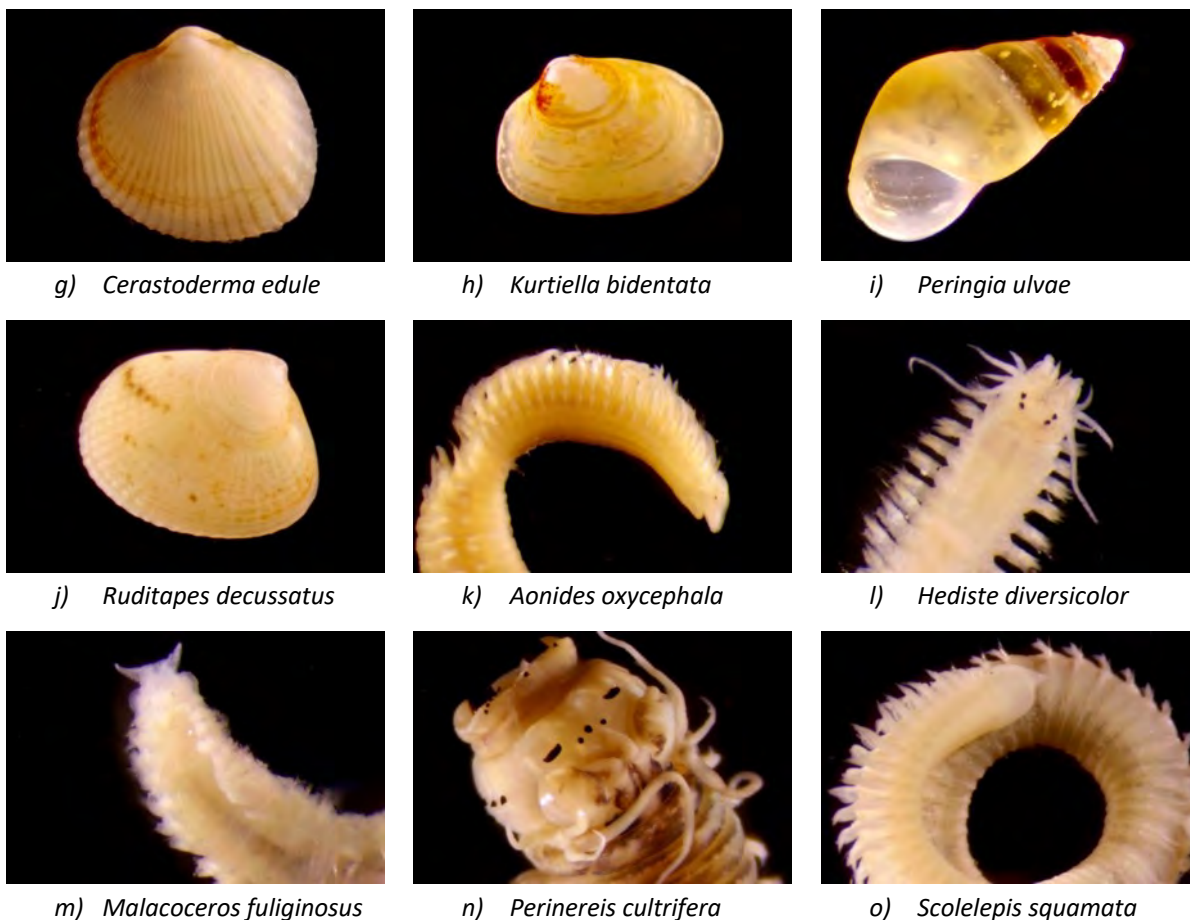


Tableau 18 : Aperçu de quelques invertébrés benthiques collectés dans les sédiments

En page suivante le tableau des espèces observées et de la densité.

Il est à noter la forte abondance de coques et du petit gastéropode l'hydrobie *Peringia ulvae*.

3.3.2 Habitats identifiés

Les habitats indetifiés sont donc :

- ▷ la station **Treiz 1** s'apparente à l'habitat **NatHab-Atl A5-2 « Sables médiolittoraux mobiles »** (équivalence EUNIS 2012 : A2.2 « Sables et sables vaseux intertidaux » - équivalence EUNIS 2022 : MA5-2 « Sables du supra- et du médiolittoral en Atlantique »), plus précisément au sous-habitat **NatHab-Atl A5-2.1 « Sables médiolittoraux mobiles propres »**. Au-delà des données granulométriques (pélites < 5%), on relève la présence de plusieurs espèces caractéristiques: l'amphipode *Bathyporeia pilosa*, l'annélide *Scolelepis squamata*, les oligochètes Enchytraeidae et l'isopode *Eurydice affinis*. Néanmoins, sans doute en raison de la situation originale de ces sables (milieu à salinité variable), l'assemblage reste relativement pauvre, notamment vis-à-vis des amphipodes qui sont habituellement plus diversifiés dans cet habitat.
- ▷ Les stations Treiz 2 et Treiz 3 se rattachent quant à elles à l'habitat **NatHab-Atl A5-5 « Sables médiolittoraux en milieu à salinité variable »** (mêmes équivalences EUNIS que l'habitat précédent). On a là tout un cortège d'espèces classiquement associées à cet habitat : notamment les mollusques *Peringia ulvae*, *Cerastoderma edule*, *Scrobicularia plana* et *Ruditapes decussatus*, les annélides *Pygospio elegans* et *Hediste diversicolor*, les oligochètes *Tubificoides spp.* et l'isopode *Cyathura carinata*.

Taxon	Treiz 1			Treiz 2			Treiz 3		
	T1.1	T1.2	T1.3	T2.1	T2.2	T2.3	T3.1	T3.2	T3.3
Annélides [11 taxons]									
CLITELLATA									
● <i>Enchytraeidae</i> spp.	11	23	138				34		11
● <i>Tubificoides</i> spp.				184	253	414	103		23
POLYCHAETA									
● <i>Aonides oxycephala</i>				57	11		92	11	
● <i>Capitella minima</i>				34		11			11
● <i>Eunice vittata</i>				11					
● <i>Hediste diversicolor</i>				57		46			11
● <i>Malacoceros fuliginosus</i>				11	11		23		
● <i>Owenia fusiformis</i>				92	46	23	11	11	23
● <i>Perinereis cultrifera</i>					11		23	11	23
● <i>Pygospio elegans</i>						23	80	46	184
● <i>Scolecopsis squamata</i>	23	11	34						
Arthropodes [9 taxons]									
HEXAPODA									
● <i>Dolichopodidae</i> (larvae)	23	34	11						
MALACOSTRACA									
● <i>Apseudopsis latreillii</i>									11
● <i>Bathyporeia pilosa</i>	425	149	287	11			34	11	
● <i>Carcinus maenas</i>		11							
● <i>Cyathura carinata</i>				57	46	57	218	368	218
● <i>Eurydice affinis</i>	11		34						
● <i>Lekanesphaera levii</i>							11		11
● <i>Pseudocuma longicorne</i>							11		
● <i>Sphaeroma serratum</i>						11			
Cnidaires [1 taxon]									
ANTHOZOA									
● <i>Edwardsia claparedii</i>				11					
Mollusques [11 taxons]									
BIVALVIA									
● <i>Abra alba</i>				11				11	
● <i>Abra tenuis</i>					11				
● <i>Cerastoderma edule</i>			23	724	609	816	839	931	563
● <i>Kurtiella bidentata</i>				11	11	34	23	23	11
● <i>Macomangulus tenuis</i>								11	
● <i>Modiolus modiolus</i>						11			
● <i>Musculus subpictus</i>						11			
● <i>Ruditapes decussatus</i>				11				46	57
● <i>Scrobicularia plana</i>				57	34	46			
● <i>Venerupis corrugata</i>						23			
GASTROPODA									
● <i>Peringia ulvae</i>			11	609	620	1 838	322	299	391
Nématodes [1 taxon]									
● Nematoda ind.			11	57	46	138	333	218	241
Némertes [1 taxon]									
● Nemertea ind.							80	115	149
Sipunculiens [1 taxon]									
● <i>Golfingia</i> sp.							184	149	92

Tableau 19 : Densités par sous-station des 35 espèces répertoriées en février 2024.

Groupes de polluosensibilité : espèces sensibles ●, indifférentes ●, tolérantes ●, opportunistes de 2nd ordre ●, opportunistes de 1er ordre ●, espèces non assignées ●

3.4 RESULTATS DE L'INVENTAIRE DES MACROALGUES INTERTIDALES DE L'ESTRAN ROCHEUX

Le protocole Ar Gall a été mis en œuvre sur 3 transects (les résultats bruts sont dans un fichier Excel de données), les résultats sont les suivants :

3.4.1 Transect « Sud », présentant seulement 2 ceintures (Fspi et An).

Note globale : CCO

Métrique	Points	
M1	30	*
M2	10	*
M3	15	*
Total	55	Moyen

Score global	Statut
83-100	Très bon
62-82	Bon
41-61	Moyen
20-40	Pauvre
0-19	Mauvais

* corrigés des ceintures manquantes

Tableau 20 : Résultats de la note CCO pour le transect Sud

3.4.2 Transect « Milieu », présentant 4 ceintures (Pc, Fspi, An, Fser)

Note globale : CCO

Métrique	Points	
M1	29,33	*
M2	13,2	*
M3	23,34	*
Total	65,87	Bon

Score global	Status
83-100	Très bon
62-82	Bon
41-61	Moyen
20-40	Pauvre
0-19	Mauvais

* corrigés des ceintures manquantes

Tableau 21 : Résultats de la note CCO pour le transect Milieu

3.4.3 Transect « Nord », présentant 3 ceintures (Pc, Fspi, An)

Note globale : CCO

Métrique	Points	
M1	30	*
M2	17,5	*
M3	30	*
Total	77,5	Bon

Score global	Status
83-100	Très bon
62-82	Bon
41-61	Moyen
20-40	Pauvre
0-19	Mauvais

* corrigés des ceintures manquantes

Tableau 22 : Résultats de la note CCO pour le transect Nord

Marqués l'absence de plusieurs ceintures sur chaque transect, les résultats corrigés sont « **Moyen** » pour un transect et « **Bons** » pour 2 transects. De fait, les résultats s'améliorent lorsqu'on s'éloigne de la passerelle Jean Marin en direction du nord, vers l'entrée du port de plaisance de Tréboul.

3.5 CARTOGRAPHIE DES HABITATS MARINS DE L'ESTRAN ROCHEUX ET MEUBLE DU SITE DU TREIZ

3.5.1 Synthèse des habitats observés

10 habitats principaux ont été identifiés avec un total de 16 sous-habitats.

Il s'agit des habitats de l'estran rocheux :

- ▷ A1-1 Roches ou blocs à Lichens (supralittoral)
- ▷ A1-2 Roches médiolittorales à dominance algale
 - A1-2.1.2.1 Roches à *Pelvetia* (couverture discontinue)
 - A1-2.1.2.2 Roches à *Fucus spiralis* (discontinu)
 - A1-2.2.2 Fucales des roches du médiolitt. moy. (disc.)
 - A1-2.2.2.1 Roches à *Ascophyllum* (disc.)
 - A1-2.2.2.2 Roches à *Fucus vesiculosus* (disc.)
 - A1-2.3.2.3 Roches à *Fucus serratus* (disc.)
 - A1-2.5 Roches avec algues opportunistes
- ▷ A1-4 Roches ou blocs médiolittoraux à très faible couverture macrobenthique
- ▷ B1-1.1.2 Roches de la frange infralitt. à *Mastocarpus*
- ▷ B1-1.1.3 Roches à *Fucus serratus* et *Mastocarpus*

Et des habitats de l'estran meubles :

- ▷ A3-1 Galets et cailloutis supralittoraux
- ▷ A3-2.2 Gravier et sables grossiers médiolittoraux
- ▷ A4-1 Sédiments hétérogènes envasés médiolittoraux
- ▷ A4-2 Sédiments hétérogènes envasés (salinité variable)
- ▷ A5-2 Sables médiolittoraux mobiles

3.5.2 Détail des habitats observés

3.5.2.1 A1-1 Roches ou blocs supralittoraux

(Correspondance EUNIS 2022 : MA1-21 Lichens ou petites algues vertes sur roche du supralittoral et de la frange supralittorale en Atlantique)

Cet habitat occupe une bande quasi-continue sur les hauts d'estran de la plage du Treiz. Directement au contact inférieur des premières végétations terrestres, l'habitat A1-1 est essentiellement colonisé par des lichens. Sur les parties supérieures, les lichens jaunes et gris sont dominants (*Ramalina*, *Xanthoria*, *Ochrolechia*) alors que les parties inférieures sont caractérisées par les lichens noirs du genre *Hydropunctaria*. Cet habitat peut également se développer sur les substrats artificiels de l'habitat JA (enrochements).

Un habitat décliné (A1-1.2) est présent sur le site du Treiz sur les parties basses des microfalaises, en contexte ombragée et/ou avec suintements phréatiques, caractérisé par la présence d'algues vertes ou rouges opportunistes

3.5.2.2 A1-2.1.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Pelvetia canaliculata* et cirripèdes

(Correspondance EUNIS 2022 : MA1-23B *Pelvetia canaliculata* sur roche abritée de la frange littorale)

Cet habitat est le premier colonisé par les algues. Caractéristique du médiolittoral supérieur, il peut présenter une couverture plus ou moins continue en fonction de l'hydrodynamisme et du type de substrat rocheux. De fait, l'habitat est absent des portions d'estran présentant des substrats de type galets ou cailloutis. Sur la plage du Treiz, le A1-2.1.2.1 ne présente que de rares patches très peu étendus.

3.5.2.3 A1-2.1.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à couverture discontinue de *Fucus spiralis*

(correspondance EUNIS 2022 : MA1-23C *Fucus spiralis* sur roche abritée du médiolittoral supérieur)

Situé juste en dessous du A1-2.1.2.1, cet habitat est caractérisé par la présence marquée de *Fucus spiralis*. Sans être abondant, cet habitat est toutefois assez bien représenté sur le Treiz.



Figure 19 : Roches ou blocs du médiolittoral supérieur à *Pelvetia canaliculata* (A1-2.1.2.1) et *Fucus spiralis* (A1-2.1.2.2)

3.5.2.4 A1-2.2.2 Fuciales des roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue

3.5.2.5 A1-2.2.2.1 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue d'*Ascophyllum nodosum*, de spongiaires et d'ascidies

(correspondance EUNIS 2022 : MA1-23E *Ascophyllum nodosum* sur roche très abritée du médiolittoral moyen)

En mode abrité, *Ascophyllum nodosum* peut former de vastes à-plats très homogènes, à fort taux de recouvrement et présentant une biomasse très importante. En fonction de l'hydrodynamisme, *Fucus vesiculosus* peut y constituer une algue compagne. Peu favorisé par les types de substrats constituant l'estran du Treiz, cet habitat dominé par l'ascophylle y occupe des surfaces très limitées.



Figure 20 : Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue d'*Ascophyllum nodosum*, de spongiaires et d'ascidies

3.5.2.6 A1-2.2.2.2 Roches ou blocs du médiolittoral moyen à couverture discontinue de *Fucus vesiculosus* et de cirripèdes

(correspondance EUNIS 2022 : MA1-23D *Fucus vesiculosus* sur roche abritée à modérément exposée du médiolittoral moyen)

En mode moyennement battu, *Fucus vesiculosus* remplace *Ascophyllum nodosum* pour former un habitat à recouvrement modéré, laissant visible les cirripèdes. Sans être abondant sur le site d'étude, le A1-2.2.2.2 est l'habitat à fucales le mieux représenté.

3.5.2.7 A1-2.3.2.3 Roches ou blocs du médiolittoral inférieur à couverture discontinue de *Fucus serratus*

(correspondance EUNIS 2022 : MA1-23F *Fucus serratus* sur roche abritée du médiolittoral inférieur)

En mode abrité à moyennement battu, *Fucus serratus* peut former une ceinture homogène à recouvrement plus ou moins fort, au contact inférieur des ceintures à *Ascophyllum nodosum* (A1-2.2.1.2) ou à *Fucus vesiculosus* (A1-2.2.2.2). Dans le cas du Treiz, la rareté des substrats durs à l'étage médiolittoral inférieur implique la rareté de l'habitat et de son algue caractéristique.



Figure 21 : *Fucus serratus* (en mélange avec *Fucus vesiculosus*)

3.5.2.8 A1-2.5 Roches ou blocs médiolittoraux avec algues opportunistes

(correspondance EUNIS 2022 : MA1-23H *Porphyra purpurea* ou *Ulva* (anciennement *Enteromorpha*) spp. sur roche abrasée par le sable du médiolittoral moyen ou inférieur)

Cet habitat peut se développer à mi-estran, en situation assez variable, favorisé par différents facteurs : retournement des blocs ou décapage liés à une forte houle, écoulements phréatiques. Les algues vertes *Ulva* spp. ou *Enteromorpha* spp. sont les plus souvent rencontrées sur cet habitat. A noter que le A1-2.5 peut aussi être plus visible en fin d'été, dans des conditions d'eaux plus chaudes et moins brassées. L'algue rouge *Porphyra* sp. est également présente localement.



Figure 22 : Blocs à Entéromophes

3.5.2.9 A1-4 Roches ou blocs médiolittoraux à très faible couverture macrobiotique

Cet habitat se rencontre en mode battu, à mi-estran, au niveau de la zone de déferlement.



Figure 23 : Champ de blocs

3.5.2.10 A3-1 Galets et cailloutis supralittoraux

Cet habitat est ici bien représenté sur les hauts d'estran.

3.5.2.11 A3-2.2 Gravier et sables grossiers médiolittoraux

Dans le contexte de la plage du Treiz, ces sédiments grossiers peuvent se rencontrer sur plusieurs zones soumises à un hydrodynamisme modéré.

3.5.2.12 A4-1 Sédiments hétérogènes envasés médiolittoraux marins

Cet habitat est bien présent sur la partie nord du site d'étude, au bord du chenal.



Figure 24 : On note la présence de nombreuses coques

3.5.2.13 A4-2 Sédiments hétérogènes envasés médiolittoraux en milieu à salinité variable

Assez fréquent sur l'estran du Treiz, cet habitat de plage est caractérisé par une proportion importante de vase au sein du substrat et une influence marquée des apports d'eau douce.

3.5.2.14 A5-4 Sables fins médiolittoraux mobile

Le A5-3 est surtout présent sur la partie sud de la zone d'étude.

4 DISCUSSION ET CONCLUSION SUR LES NIVEAUX D'ENJEU

4.1 RAPPEL DE LA DEFINITION DE L'ENJEU

Le dernier guide du Ministère de la Transition Écologique publié et reprenant les définitions sur les études d'impacts est le guide d'application de l'autorisation environnementale pour les projets EMR (Énergies marines Renouvelables) à « caractéristiques variables » (publié en avril 2022). Il est défini l'**enjeu**, comme suit :

« L'enjeu représente pour la portion de la zone considérée comme zone projet, compte tenu de son état initial ou prévisible, une valeur au regard de préoccupations écologiques, patrimoniales, paysagères, ou de santé. Les enjeux sont appréciés par rapport à des critères tels que la qualité, la rareté, l'originalité, la diversité, la richesse, le statut de protection... L'appréciation de l'enjeu est indépendante du projet. »

De plus au regard des objectifs de la France, notamment dans les Documents Stratégiques de Façade (DSF) pour l'Hexagone ou dans les Document Stratégique de Bassin (DSB, comme celui Antillais) et également au travers de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité (SNB3), les enjeux écologiques sont considérés comme des éléments des écosystèmes marins ou de leur fonctionnement dont on doit **établir ou maintenir le bon état**. Les enjeux prioritaires sont ceux pour lesquels l'atteinte ou le maintien du bon état est prioritaire, en l'état des connaissances actuelles et au regard de la représentativité de la zone pour cet enjeu, de sa sensibilité et de son importance fonctionnelle. Il est donc possible ensuite de qualifier le niveau d'enjeu. Aux termes de l'analyse de l'état de référence, une synthèse sera présentée et un niveau d'enjeu sera attribué pour chaque composante selon le classement suivant :

Enjeu Majeur
Enjeu Fort
Enjeu modéré
Enjeu faible
Enjeu Nul ou Négligeable (N) ou Non Déterminé (ND)

Figure 25 : Détermination des niveaux d'enjeux (source DSF/OFB)

4.2 DEFINITION DE L'ENJEU HABITATS MARINS DU TREIZ

Les habitats observés sont des habitats communs des espaces naturels du littoral. Ils ne présentent pas de remarquabilité particulière. Cependant, il faut les analyser séparément en fonction de la nature de leur substrat.

Les habitats présents de l'**estran meuble** sont en **bon état écologique** et présentent des quantités très importantes de coques et d'hydrobie. Il est donc possible de considérer que même si ces habitats sont communs, leur bon état les classe ainsi de facto en **enjeu fort**. Les travaux devront tenter de préserver au mieux ces habitats, sachant que l'impact sera estimé au regard des sensibilités de ces habitats aux pressions du chantier et à l'intensité de ces pressions après l'application des mesures d'évitement et de réduction.

Concernant les habitats de l'**estran rocheux** du Treiz, il s'apparente à un platier émergent, c'est à dire une roche affleurante, qui se situe en haut d'estran, de taille modeste (25 m de large environ) et enfin presque tout le long. C'est essentiellement aussi sur cette zone que le chantier du Treiz va avoir une emprise directe. Les inventaires les placent dans un statut de qualité plus moyen que la qualité de l'estran meuble. Le niveau d'enjeu à ce stade a donc été de les qualifier comme un **enjeu modéré**.

Estran (tous les habitats confondus)	Niveau d'Enjeu
Estran meuble	Fort
Estran rocheux	Modéré

Tableau 23 : Niveaux d'enjeu des habitats sur le site

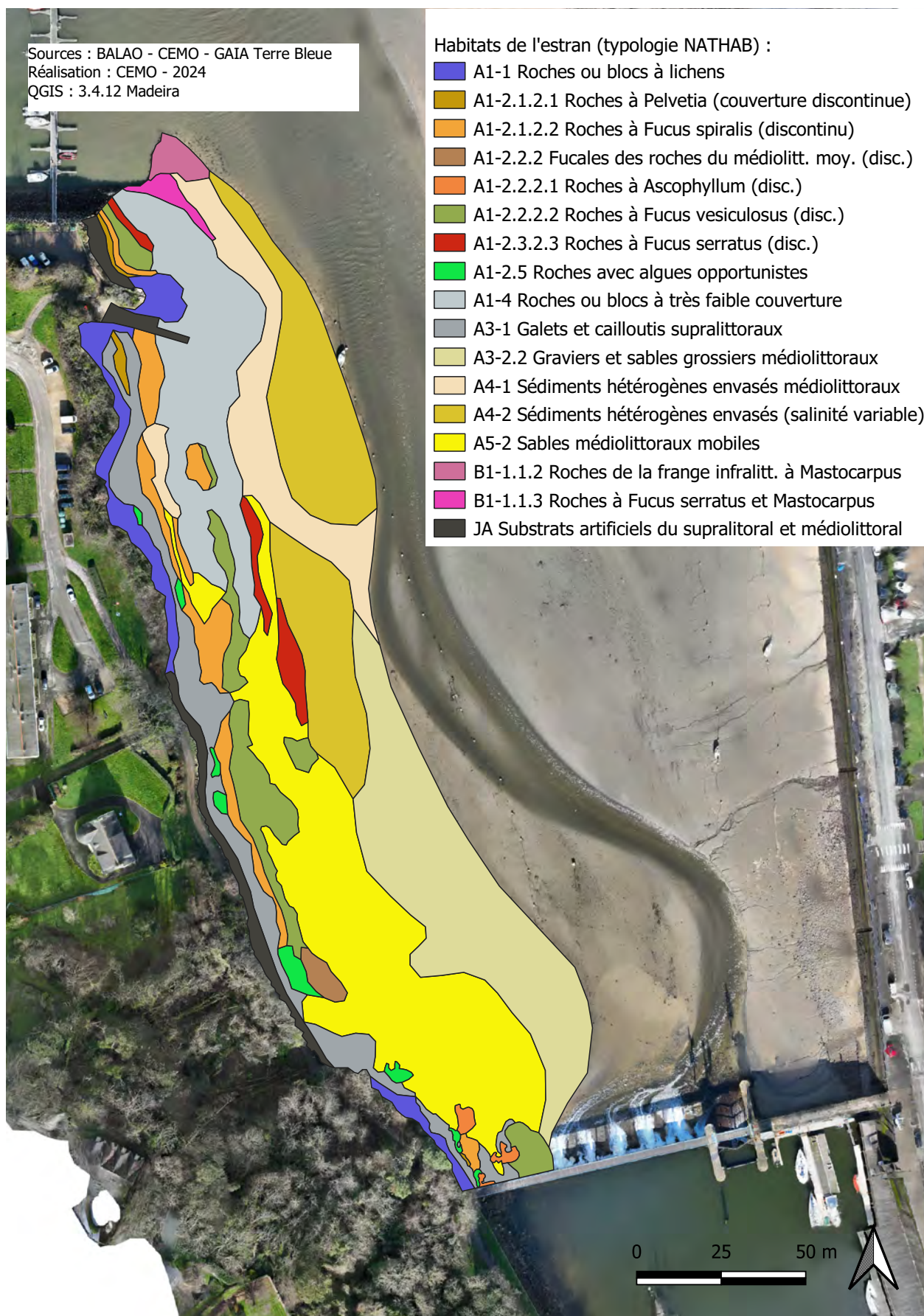


Figure 26: Carte des habitats marins du site du Treiz

5 ANNEXES

5.1 ANNEXE 1 : MODELE DE FICHE TERRAIN POUR LES INVENTAIRES ESTRAN ROCHEUX

Fiche terrain DCE Macroalgues Intertidales

Site :
Date :
Opérateurs :

1. Couverture végétale globale des ceintures (pourcentages de recouvrement, à 1 % près)

<i>Pelvetia canaliculata</i> (Pc)	:
<i>Fucus spiralis</i> (Fspi)	:
<i>Ascophyllum nodosum</i> (An) / <i>Fucus vesiculosus</i> (Fves)	:
<i>Fucus serratus</i> (Fser) / Rhodophyceae	:
<i>Himanthalia elongata</i> (He) / <i>Bifurcaria bifurcata</i> (Bb) / Rhodophyceae	:
<i>Laminaria digitata</i> / Laminariales (Ld)	:

2. Surface de couvert végétal de chaque ceinture (en m²)

<i>Pelvetia canaliculata</i> (Pc)	:
<i>Fucus spiralis</i> (Fspi)	:
<i>Ascophyllum nodosum</i> (An) / <i>Fucus vesiculosus</i> (Fves)	:
<i>Fucus serratus</i> (Fser) / Rhodophyceae	:
<i>Himanthalia elongata</i> (He) / <i>Bifurcaria bifurcata</i> (Bb) / Rhodophyceae	:
<i>Laminaria digitata</i> (Ld)	:

3. Observations dans les quadrats

Recouvrement dans chaque quadrat de chacune des espèces caractéristiques et opportunistes.

Pourcentages de recouvrement à noter par ceinture et par quadrat :

0 - 5 %, > 5 - 25 %, > 25% - 50%, >50 % - 75 %, > 75 % - 100 %

Rappel : trois quadrats de 33 cm X 33 cm par point, pris au hasard à chaque sortie, en trois points fixes de 1.65 m X 1.65 m par ceinture, soit 9 quadrats par ceinture.

Ceinture à *Pelvetia canaliculata*

Espèces caractéristiques	Pc1, 1	Pc1, 2	Pc1, 3	Pc2, 1	Pc2, 2	Pc2, 3	Pc3, 1	Pc3, 2	Pc3, 3
<i>Catenella repens</i>									
<i>Fucus spiralis</i>									
<i>Hildenbrandia rubra</i>									
<i>Lichina pygmaea</i>									
<i>Pelvetia canaliculata</i>									
<i>Verrucaria maura</i>									
Espèces opportunistes									
Ectocarpales									
<i>Enteromorpha compressa</i>									
<i>Enteromorpha ramulosa</i>									
<i>Ulva spp.</i>									
<i>Ceramium spp.</i>									
<i>Polysiphonia spp.</i> (sauf <i>lanosa</i> / <i>elongata</i>)									
<i>Boergeseniella spp.</i>									
Diatomées coloniales									

Ceinture à *Fucus spiralis*

Espèces caractéristiques	Fspi1, 1	Fspi1, 2	Fspi1, 3	Fspi2, 1	Fspi2, 2	Fspi2, 3	Fspi3, 1	Fspi3, 2	Fspi3, 3
<i>Ascophyllum nodosum</i>									
<i>Catenella repens</i>									
<i>Fucus spiralis</i>									
<i>Hildenbrandia rubra</i>									
<i>Pelvetia canaliculata</i>									
<i>Verrucaria maura</i>									
Espèces opportunistes									
Ectocarpales									
<i>Enteromorpha compressa</i>									
<i>Enteromorpha ramulosa</i>									
<i>Ulva spp.</i>									
<i>Ceramium spp.</i>									
<i>Polysiphonia spp.</i> (sauf <i>lanosa</i> / <i>elongata</i>)									
<i>Boergeseniella spp.</i>									
Diatomées coloniales									

Ceinture à *Ascophyllum nodosum* - *Fucus vesiculosus*

Espèces caractéristiques	An1, 1	An1, 2	An1, 3	An2, 1	An2, 2	An2, 3	An3, 1	An3, 2	An3, 3
<i>Ascophyllum nodosum</i>									
<i>Cladophora rupestris</i>									
<i>Corallina elongata</i>									
<i>Fucus serratus</i>									
<i>Fucus vesiculosus</i>									
<i>Gelidium spinosum</i> (<i>pulchellum</i> / <i>latifolium</i>)									
<i>Gelidium pusillum</i>									
<i>Lithophyllum incrustans</i>									
<i>Lithothamnion</i> <i>lenormandii</i>									
<i>Lomentaria articulata</i>									
<i>Mastocarpus stellatus</i> (dont <i>Petrocelis</i>)									
<i>Plumaria plumosa</i>									
<i>Rhodothamniella floridula</i>									
Espèces opportunistes									
Ectocarpales									
<i>Enteromorpha compressa</i>									
<i>Enteromorpha ramulosa</i>									
<i>Ulva spp.</i>									
<i>Ceramium spp.</i>									
<i>Polysiphonia spp.</i> (sauf <i>lanosa</i> / <i>elongata</i>)									
<i>Boergeseniella spp.</i>									
Diatomées coloniales									

Ceinture à *Fucus serratus* (- Rhodophyceae)

Espèces caractéristiques	Fser1, 1	Fser1, 2	Fser1, 3	Fser2, 1	Fser2, 2	Fser2, 3	Fser3, 1	Fser3, 2	Fser3, 3
<i>Chondrus crispus</i>									
<i>Cladophora rupestris</i>									
<i>Corallina elongata</i>									
<i>Cryptopleura ramosa</i>									
<i>Fucus serratus</i>									
<i>Gelidium spinosum</i> (<i>pulchellum/latifolium</i>)									
<i>Gelidium pusillum</i>									
<i>Lithophyllum incrustans</i>									
<i>Lithothamnion lenormandii</i>									
<i>Lomentaria articulata</i>									
<i>Mastocarpus stellatus</i> (dont <i>Petrocelis</i>)									
<i>Osmundea pinnatifida</i>									
<i>Palmaria palmata</i>									
<i>Plumaria plumosa</i>									
<i>Rhodothamniella floridula</i>									
Espèces opportunistes									
Ectocarpales									
<i>Enteromorpha compressa</i>									
<i>Enteromorpha ramulosa</i>									
<i>Ulva</i> spp.									
<i>Ceramium</i> spp.									
<i>Polysiphonia</i> spp. (sauf <i>lanosa</i> / <i>elongata</i>)									
<i>Boergeseniella</i> spp.									
Diatomées coloniales									

Ceinture à *Himanthalia elongata* - *Bifurcaria bifurcata* (- Rhodophyceae)

Espèces caractéristiques	He1, 1	He1, 2	He1, 3	He2, 1	He2, 2	He2, 3	He3, 1	He3, 2	He3, 3
<i>Asparagopsis armata</i> / <i>Falkenbergia</i>									
<i>Bifurcaria bifurcata</i>									
<i>Calliblepharis jubata</i>									
<i>Chondracanthus acicularis</i>									
<i>Chondrus crispus</i>									
<i>Cladophora rupestris</i>									
<i>Corallina elongata</i>									
<i>Cryptopleura ramosa</i>									
<i>Cystoclonium purpureum</i>									
<i>Gelidium spinosum</i> (<i>pulchellum</i> /latifolium)									
<i>Himanthalia elongata</i>									
<i>Laurencia obtusa</i> / <i>L. hybrida</i>									
<i>Lithophyllum incrustans</i>									
<i>Lomentaria articulata</i>									
<i>Mastocarpus stellatus</i> (dont <i>Petrocelis</i>)									
<i>Osmundea pinnatifida</i>									
<i>Palmaria palmata</i>									
<i>Plocamium cartilagineum</i>									
<i>Rhodothamniella floridula</i>									
Espèces opportunistes									
Ectocarpales									
<i>Enteromorpha compressa</i>									
<i>Enteromorpha ramulosa</i>									
<i>Ulva</i> spp.									
<i>Ceramium</i> spp.									
<i>Polysiphonia</i> spp. (sauf <i>lanosa</i> / <i>elongata</i>)									
<i>Boergeseniella</i> spp.									
Diatomées coloniales									

Ceinture à *Laminaria digitata* (ou Laminariales)

Espèces caractéristiques	Ld1, 1	Ld1, 2	Ld1, 3	Ld2, 1	Ld2, 2	Ld2, 3	Ld3, 1	Ld3, 2	Ld3, 3
<i>Calliblepharis jubata</i>									
<i>Chondracanthus acicularis</i>									
<i>Chondrus crispus</i>									
<i>Corallina elongata</i>									
<i>Cryptopleura ramosa</i>									
<i>Cystoclonium purpureum</i>									
<i>Himanthalia elongata</i>									
<i>Laminaria digitata</i>									
<i>Laminaria saccharina</i>									
<i>Laurencia obtusa</i> /L. hybrida									
<i>Lithophyllum incrustans</i>									
<i>Lomentaria articulata</i>									
<i>Mastocarpus stellatus</i> (dont <i>Petrocelis</i>)									
<i>Osmundea pinnatifida</i>									
<i>Palmaria palmata</i>									
<i>Plocamium cartilagineum</i>									
<i>Saccorhiza polyschides</i>									
Espèces opportunistes									
Ectocarpales									
<i>Enteromorpha compressa</i>									
<i>Enteromorpha ramulosa</i>									
<i>Ulva</i> spp.									
<i>Ceramium</i> spp.									
<i>Polysiphonia</i> spp. (sauf <i>lanosa</i> / <i>elongata</i>)									
<i>Boergeseniella</i> spp.									
Diatomées coloniales									



5.2 ANNEXE 2 : BORDEREAU D'ANALYSES EUROFINs

Rapport d'analyse AR-24-LK-044120-01 du 2 mars 2024.

GAIA - TERRE BLEUE
Monsieur Didier GROSDÉMANGE
 16, rue des Fougères
 29900 CONCARNEAU

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 24E024583

Version du : 02/03/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-044120-01

Date de réception technique : 13/02/2024

Première date de réception physique : 13/02/2024

Référence Dossier : N° Projet : TREIZ

Nom Projet : Inventaire écologique de l'estran

Nom Commande : TREIZ

Référence Commande : rtyztbvzeerc ezrwxz

Coordinateur de Projets Clients : Marie Diebolt / MarieDiebolt@eurofins.com / +33 3 88 91 19 11

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Sédiments	(SED)	TREIZ 1
002	Sédiments	(SED)	TREIZ 2
003	Sédiments	(SED)	TREIZ 3
004	Sédiments	(SED)	TREIZ MOY

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 24E024583

Version du : 02/03/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-044120-01

Date de réception technique : 13/02/2024

Première date de réception physique : 13/02/2024

Référence Dossier : N° Projet : TREIZ

Nom Projet : Inventaire écologique de l'estran

Nom Commande : TREIZ

Référence Commande : rtyztbvzeerc ezrwxz

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001	002	003	004
TREIZ 1	TREIZ 2	TREIZ 3	TREIZ MOY
SED	SED	SED	SED
12/02/2024	12/02/2024	12/02/2024	12/02/2024
13/02/2024	13/02/2024	13/02/2024	20/02/2024
9.1°C	9.1°C	9.1°C	9.1°C

Préparation Physico-Chimique

XXS06 : Prétraitement et séchage à 40°C		*	Fait	*	Fait	*	Fait	*	Fait
LSA07 : Matière sèche	% P.B.	*	78.2	*	80.5	*	83.0	*	76.3
XXS07 : Refus Pondéral à 2 mm	%	*	5.30	*	20.0	*	17.4	*	14.6

Mesures physiques

LS918 : Masse volumique sur échantillon brut	g/cm³		1.68		2.24		1.69		2.11
LS995 : Perte au feu à 550°C	% MS		0.428		1.52		0.820		1.28

Granulométrie

LS4WH : Pourcentage cumulé 0.02 à 2 µm	%	*	0.00	*	4.11	*	1.87	*	1.11
LS4P2 : Pourcentage cumulé 0.02 à 20 µm	%	*	1.71	*	27.72	*	14.00	*	9.03
LSQK3 : Pourcentage cumulé 0.02 à 63 µm	%	*	2.95	*	44.97	*	21.30	*	13.76
LS3PB : Pourcentage cumulé 0.02 à 200 µm	%	*	23.92	*	76.25	*	32.40	*	36.33
LS9AT : Pourcentage cumulé 0.02 à 2000 µm	%	*	100.00	*	100.00	*	100.00	*	99.89
LS9AS : Fraction 2 - 20 µm	%	*	1.71	*	23.62	*	12.12	*	7.92
LSSKU : Fraction 20 - 63 µm	%	*	1.24	*	17.24	*	7.31	*	4.73
LS9AV : Fraction 63 - 200 µm	%	*	20.97	*	31.29	*	11.10	*	22.57
LS3PC : Fraction 200 - 2000 µm	%	*	76.08	*	23.75	*	67.60	*	63.56

Analyses immédiates

LSL4H : pH H2O									8.9
pH extrait à l'eau									
Température	°C								20

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E024583

Version du : 02/03/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-044120-01

Date de réception technique : 13/02/2024

Première date de réception physique : 13/02/2024

Référence Dossier : N° Projet : TREIZ

Nom Projet : Inventaire écologique de l'estran

Nom Commande : TREIZ

Référence Commande : rtyztbvzeerc ezrwxz

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001	002	003	004
TREIZ 1	TREIZ 2	TREIZ 3	TREIZ MOY
SED	SED	SED	SED
12/02/2024	12/02/2024	12/02/2024	12/02/2024
13/02/2024	13/02/2024	13/02/2024	20/02/2024
9.1°C	9.1°C	9.1°C	9.1°C

Indices de pollution
**ZS0HH : Carbone organique total (COT) par
combustion sèche**

Carbone Organique Total par Combustion	mg C/kg M.S.	*	1540	*	6900	*	3940	*	3110
Carbone Organique Total	% C	*	0.15	*	0.69	*	0.39	*	0.31
Coefficient de variation (CV)	%	*	11.9						
LS916 : Azote Kjeldahl (NTK)	g/kg M.S.							*	<0.5

Métaux

XXS01 : Minéralisation eau régale - Bloc chauffant		*	Fait	*	Fait	*	Fait	*	Fait
LS862 : Aluminium (Al)	mg/kg M.S.	*	4070	*	8230	*	6720	*	5590
LS865 : Arsenic (As)	mg/kg M.S.							*	4.22
LS874 : Cuivre (Cu)	mg/kg M.S.							*	6.89
LS881 : Nickel (Ni)	mg/kg M.S.							*	6.08
LS882 : Phosphore (P)	mg/kg M.S.							*	218
LS883 : Plomb (Pb)	mg/kg M.S.							*	9.22
LS894 : Zinc (Zn)	mg/kg M.S.							*	36.5
LSA09 : Mercure (Hg)	mg/kg M.S.							*	0.17
LS931 : Cadmium (Cd)	mg/kg M.S.							*	<0.10
LS934 : Chrome (Cr)	mg/kg M.S.							*	9.37
LSA6B : Phosphore total (P2O5)	mg/kg M.S.								499

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs)

LSRHU : Naphtalène	mg/kg M.S.					*	<0.002
LSRHI : Fluorène	mg/kg M.S.					*	<0.002
LSRHJ : Phénanthrène	mg/kg M.S.					*	0.003
LSRHM : Pyrène	mg/kg M.S.					*	0.0073
LSRHN : Benzo-(a)-anthracène	mg/kg M.S.					*	0.0097
LSRHP : Chrysène	mg/kg M.S.					*	0.013

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 24E024583

Version du : 02/03/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-044120-01

Date de réception technique : 13/02/2024

Première date de réception physique : 13/02/2024

Référence Dossier : N° Projet : TREIZ

Nom Projet : Inventaire écologique de l'estran

Nom Commande : TREIZ

Référence Commande : rtyztbvzeerc ezrwxz

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001
TREIZ 1
SED

12/02/2024

13/02/2024

9.1°C

002
TREIZ 2
SED

12/02/2024

13/02/2024

9.1°C

003
TREIZ 3
SED

12/02/2024

13/02/2024

9.1°C

004
TREIZ MOY
SED

12/02/2024

20/02/2024

9.1°C

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs)

LSRHS : Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	mg/kg M.S.			*	0.0083
LSRHT : Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg M.S.			*	0.003
LSRHV : Acénaphthylène	mg/kg M.S.			*	<0.0023
LSRHW : Acénaphène	mg/kg M.S.			*	<0.002
LSRHK : Anthracène	mg/kg M.S.			*	<0.002
LSRHL : Fluoranthène	mg/kg M.S.			*	0.011
LSRHQ : Benzo(b)fluoranthène	mg/kg M.S.			*	0.017
LSRHR : Benzo(k)fluoranthène	mg/kg M.S.			*	0.005
LSRHH : Benzo(a)pyrène	mg/kg M.S.			*	0.011
LSRHX : Benzo(ghi)Pérylène	mg/kg M.S.			*	0.01
LSFF9 : Somme des HAP	mg/kg M.S.				0.098

Polychlorobiphényles (PCBs)

LS3U7 : PCB 28	mg/kg M.S.			*	<0.001
LS3UB : PCB 52	mg/kg M.S.			*	<0.001
LS3U8 : PCB 101	mg/kg M.S.			*	<0.001
LS3U6 : PCB 118	mg/kg M.S.			*	<0.001
LS3U9 : PCB 138	mg/kg M.S.			*	<0.001
LS3UA : PCB 153	mg/kg M.S.			*	<0.001
LS3UC : PCB 180	mg/kg M.S.			*	<0.001
LSFEH : Somme PCB (7)	mg/kg M.S.				0.004

Organoétains

LS2GK : Dibutylétain cation-Sn (DBT)	µg Sn/kg M.S.			*	<2.0
LS2GL : Tributylétain cation-Sn (TBT)	µg Sn/kg M.S.			*	<2.0
LS2IJ : Tétrabutylétain -Sn (TeBT)	µg Sn/kg M.S.				<10

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E024583

Version du : 02/03/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-044120-01

Date de réception technique : 13/02/2024

Première date de réception physique : 13/02/2024

Référence Dossier : N° Projet : TREIZ

Nom Projet : Inventaire écologique de l'estran

Nom Commande : TREIZ

Référence Commande : rtyztbvzeerc ezrwxz

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001**TREIZ 1****SED**

12/02/2024

13/02/2024

9.1°C

002**TREIZ 2****SED**

12/02/2024

13/02/2024

9.1°C

003**TREIZ 3****SED**

12/02/2024

13/02/2024

9.1°C

004**TREIZ MOY****SED**

12/02/2024

20/02/2024

9.1°C

Organoétains
LS2IK : **Monobutylétain cation-Sn (MBT)** µg Sn/kg M.S.

* <2.0

LS2IL : **Triphénylétain cation-Sn (TPhT)** µg Sn/kg M.S.

* <2.0

LS2IM : **MonoOctyletain cation-Sn (MOT)** µg Sn/kg M.S.

* <2.0

LS2IN : **DiOctyletain cation-Sn (DOT)** µg Sn/kg M.S.

* <2.0

LS2IP : **Tricyclohexyletain cation-Sn (TcHexT)** µg Sn/kg M.S.

* <2.0

Observations
N° d'échantillon
Référence client

Du fait d'une LQ labo supérieure à la LQ réglementaire, la valeur retenue pour le calcul de la somme SOMME PCB (7) pour le(s) paramètre(s) PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180 est LQ labo/2

(004)

TREIZ MOY

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 24E024583

Version du : 02/03/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-044120-01

Date de réception technique : 13/02/2024

Première date de réception physique : 13/02/2024

Référence Dossier : N° Projet : TREIZ

Nom Projet : Inventaire écologique de l'estran

Nom Commande : TREIZ

Référence Commande : rtyztbvzeerc ezrwxz

**Justine Bailly**

Coordinatrice Projets Clients

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 10 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Les données transmises par le client pouvant affecter la validité des résultats (la date de prélèvement, la matrice, la référence échantillon et autres informations identifiées comme provenant du client), ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire. Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Tous les éléments de traçabilité et incertitude (déterminée avec $k = 2$) sont disponibles sur demande.

Laboratoire agréé par le gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg pour l'accomplissement de tâches techniques d'étude et de vérification dans le domaine de l'environnement – Détail disponible sur demande

Le résultat d'une somme de paramètres est soumis à une méthodologie spécifique développée par notre laboratoire. Celle-ci peut dépendre de la LQ réglementaire du ou des paramètres sommés. Pour plus d'informations, n'hésitez pas à contacter votre chargé d'affaires ou votre coordinateur de projet client.

Annexe technique

Dossier N° :24E024583

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-044120-01

Emetteur : Mr Didier Grosdemange

Commande EOL : 006-10514-1109989

Nom projet : N° Projet : TREIZ
Inventaire écologique de l'estran
Nom Commande : TREIZ

Référence commande : rtyztbvzeerc ezrwxz

Sédiments

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
LS2GK	Dibutylétain cation-Sn (DBT)	GC/MS/MS [Dérivation, extraction Solide/Liquide] - XP T 90-250	2	34%	µg Sn/kg M.S.	Eurofins Analyses pour l'Environnement France
LS2GL	Tributylétain cation-Sn (TBT)		2	35%	µg Sn/kg M.S.	
LS2IJ	Tétra-butylétain -Sn (TeBT)		10	45%	µg Sn/kg M.S.	
LS2IK	Monobutylétain cation-Sn (MBT)		2	35%	µg Sn/kg M.S.	
LS2IL	Triphénylétain cation-Sn (TPhT)		2	46%	µg Sn/kg M.S.	
LS2IM	MonoOctylétain cation-Sn (MOT)		2	40%	µg Sn/kg M.S.	
LS2IN	DiOctylétain cation-Sn (DOT)		2	36%	µg Sn/kg M.S.	
LS2IP	Tricyclohexylétain cation-Sn (TcHexT)		2	35%	µg Sn/kg M.S.	
LS3PB	Pourcentage cumulé 0.02 à 200 µm	Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne	0		%	
LS3PC	Fraction 200 - 2000 µm		0		%	
LS3U6	PCB 118	GC/MS/MS [ou GC/ECD - Extraction Hexane / Acétone] - NF EN 17322	0.001	34%	mg/kg M.S.	
LS3U7	PCB 28		0.001	30%	mg/kg M.S.	
LS3U8	PCB 101		0.001	32%	mg/kg M.S.	
LS3U9	PCB 138		0.001	34%	mg/kg M.S.	
LS3UA	PCB 153		0.001	29%	mg/kg M.S.	
LS3UB	PCB 52		0.001	32%	mg/kg M.S.	
LS3UC	PCB 180		0.001	37%	mg/kg M.S.	
LS4P2	Pourcentage cumulé 0.02 à 20 µm	Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne	0		%	
LS4WH	Pourcentage cumulé 0.02 à 2 µm		0		%	
LS862	Aluminium (Al)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - Méthode interne	5	50%	mg/kg M.S.	
LS865	Arsenic (As)		1	40%	mg/kg M.S.	
LS874	Cuivre (Cu)		5	50%	mg/kg M.S.	
LS881	Nickel (Ni)		1	40%	mg/kg M.S.	
LS882	Phosphore (P)		1	45%	mg/kg M.S.	
LS883	Plomb (Pb)		5	30%	mg/kg M.S.	
LS894	Zinc (Zn)		5	25%	mg/kg M.S.	
LS916	Azote Kjeldahl (NTK)	Volumétrie [Minéralisation] - Méthode interne (Sols) - NF EN 13342 (autres matrices)	0.5	35%	g/kg M.S.	
LS918	Masse volumique sur échantillon brut	Gravimétrie - Méthode interne			g/cm³	

Annexe technique

Dossier N° :24E024583

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-044120-01

Emetteur : Mr Didier Grosdemange

Commande EOL : 006-10514-1109989

 Nom projet : N° Projet : TREIZ
 Inventaire écologique de l'estran
 Nom Commande : TREIZ

Référence commande : rtyztbvzeerc ezrwxz

Sédiments

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
LS931	Cadmium (Cd)	ICP/MS [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 17294-2 - Méthode interne	0.1	28%	mg/kg M.S.	
LS934	Chrome (Cr)		0.1	30%	mg/kg M.S.	
LS995	Perte au feu à 550°C	Gravimétrie - NF EN 12879 (annulée)	0.1		% MS	
LS9AS	Fraction 2 - 20 µm	Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne	0		%	
LS9AT	Pourcentage cumulé 0.02 à 2000 µm		0		%	
LS9AV	Fraction 63 - 200 µm		0		%	
LSA07	Matière sèche	Gravimétrie - NF EN 12880	0.1	5%	% P.B.	
LSA09	Mercure (Hg)	SFA / vapeurs froides (CV-AAS) [Minéralisation à l'eau régale] - Méthode interne	0.1	20%	mg/kg M.S.	
LSA6B	Phosphore total (P2O5)	Calcul - Calcul			mg/kg M.S.	
LSFEH	Somme PCB (7)				mg/kg M.S.	
LSFF9	Somme des HAP				mg/kg M.S.	
LSL4H	pH H2O pH extrait à l'eau Température	Potentiométrie - NF EN ISO 10390			°C	
LSQK3	Pourcentage cumulé 0.02 à 63 µm	Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne	0		%	
LSRHH	Benzo(a)pyrène	GC/MS/MS [Extraction Hexane / Acétone] - NF EN 17503 - NF ISO 18287 (Sols)	0.002	46%	mg/kg M.S.	
LSRHI	Fluorène		0.002	27%	mg/kg M.S.	
LSRHJ	Phénanthrène		0.002	39%	mg/kg M.S.	
LSRHK	Anthracène		0.002	34%	mg/kg M.S.	
LSRHL	Fluoranthène		0.002	41%	mg/kg M.S.	
LSRHM	Pyrène		0.002	36%	mg/kg M.S.	
LSRHN	Benzo-(a)-anthracène		0.002	34%	mg/kg M.S.	
LSRHP	Chrysène		0.002	36%	mg/kg M.S.	
LSRHQ	Benzo(b)fluoranthène		0.002	39%	mg/kg M.S.	
LSRHR	Benzo(k)fluoranthène		0.002	41%	mg/kg M.S.	
LSRHS	Indeno (1,2,3-cd) Pyrène		0.002	36%	mg/kg M.S.	
LSRHT	Dibenzo(a,h)anthracène		0.002	31%	mg/kg M.S.	
LSRHU	Naphtalène		0.002	34%	mg/kg M.S.	
LSRHV	Acénaphthylène		0.002	32%	mg/kg M.S.	
LSRHW	Acénaphène		0.002	31%	mg/kg M.S.	
LSRHX	Benzo(ghi)Pérylène		0.002	34%	mg/kg M.S.	
LSSKU	Fraction 20 - 63 µm	Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne	0		%	

Annexe technique

Dossier N° :24E024583

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-044120-01

Emetteur : Mr Didier Grosdemange

Commande EOL : 006-10514-1109989

Nom projet : N° Projet : TREIZ
Inventaire écologique de l'estran
Nom Commande : TREIZ

Référence commande : rtyztbvzeerc ezrwxz

Sédiments

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
XXS01	Minéralisation eau régale - Bloc chauffant	Digestion acide -				
XXS06	Prétraitement et séchage à 40°C	Séchage [Le laboratoire travaillera sur la fraction <2mm de l'échantillon sauf demande explicite du client] - NF ISO 11464				
XXS07	Refus Pondéral à 2 mm	Tamissage [Le laboratoire travaillera sur la fraction <à 2mm de l'échantillon sauf demande explicite du client] - NF ISO 11464	1		%	
ZS0HH	Carbone organique total (COT) par combustion sèche Carbone Organique Total par Combustion Carbone Organique Total Coefficient de variation (CV)	Combustion [sèche] - NF EN 15936 - Méthode B	1000 0.1	40% 40%	mg C/kg M.S. % C %	

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flacons des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 24E024583

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-044120-01

Emetteur :

Commande EOL : 006-10514-1109989

Nom projet : N° Projet : TREIZ
Inventaire écologique de l'estran
Nom Commande : TREIZ

Référence commande : rtyztbvzeerc ezrwxz

Sédiments

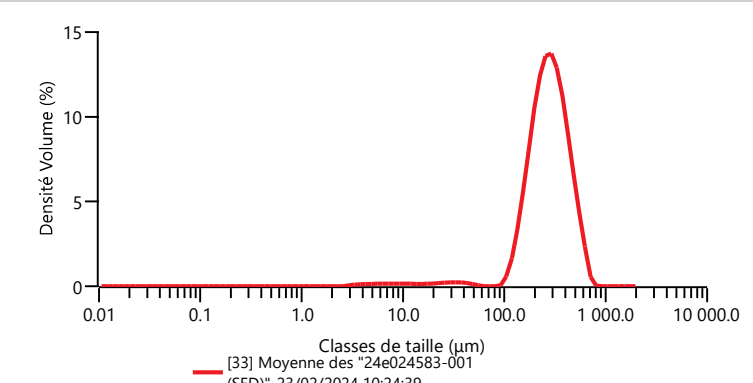
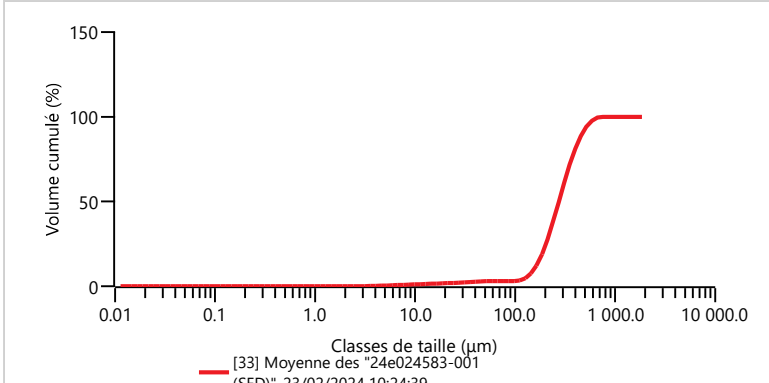
N° Ech	Référence Client	Date & Heure Prélèvement	Date de Réception Physique (1)	Date de Réception Technique (2)	Code-Barre	Nom Flacon
001	TREIZ 1	12/02/2024 13:00:00	13/02/2024	13/02/2024		
002	TREIZ 2	12/02/2024 13:00:00	13/02/2024	13/02/2024		
003	TREIZ 3	12/02/2024 13:00:00	13/02/2024	13/02/2024		
004	TREIZ MOY	12/02/2024 13:00:00	19/02/2024	19/02/2024		

(1) : Date à laquelle l'échantillon a été réceptionné au laboratoire.

Lorsque l'information n'a pas pu être récupérée, cela est signalé par la mention N/A (non applicable).

(2) : Date à laquelle le laboratoire disposait de toutes les informations nécessaires pour finaliser l'enregistrement de l'échantillon.

Annexe au rapport d'analyse accrédité

Granulométrie laser à pas variable (prestation réalisée sur le site de SAVERNE).							
NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 Méthode interne T-PS-WO22915							
Réf. de l'échantillon:		Opérateur		Date	Source	Obscuration	
Moyenne des "24e024583-001 (SED)"		FPEP		23/02/2024 10:24:39	Averaged	13.74	
Données Statistiques							
Moyenne(µm)	Médiane(µm)	Variance(µm²)	Ecart Type (µm)	Ratio: Moyenne/Médiane(µm)	Mode(µm)	Specific surface(m²/g)	
292.14	274.13	15935.53	126.24	1.06	277.84	39.62	
Pourcentages relatifs				*Pourcentages cumulés en %			
0.02-2µm	2-20 µm	20-50 µm	50-200 µm	200-2000 µm	20-63µm	63-200µm	
0.00	1.71	1.18	21.04	76.08	1.24	20.97	
				0.02-2µm 0.02-20 µm 0.02-63 µm 0.02-200 µm 0.02-2000 µm			
				0.00 1.71 2.95 23.92 100.00			
Distribution de la taille des particules				Taille des particules passantes			
							
[33] Moyenne des "24e024583-001 (SED)"-23/02/2024 10:24:39				[33] Moyenne des "24e024583-001 (SED)"-23/02/2024 10:24:39			
Pourcentage relatif				Pourcentage passant			
Taille (µm)	% Volume Dans	Taille (µm)	% Volume Dans	Taille (µm)	% Volume Passant	Taille (µm)	% Volume Passant
0.010	0.00	20.000	0.51	300.000	23.09	300.000	58.14
1.000	0.00	30.000	0.43	400.000	11.60	400.000	81.23
2.000	0.00	40.000	0.24	500.000	5.24	500.000	92.82
2.500	0.20	50.000	0.06	600.000	1.94	600.000	98.06
4.000	0.64	63.000	0.07	800.000	0.00	800.000	100.00
8.000	0.22	100.000	5.94	900.000	0.00	900.000	100.00
10.000	0.37	150.000	14.96	1000.000	0.00	1000.000	100.00
15.000	0.06	200.000	17.85	1500.000	0.00	1500.000	100.00
16.000	0.21	250.000	16.36	2000.000		2000.000	100.00
Paramètres d'analyse				Dispersant Eau 900 mL			
Type de l'Instrument Mastersizer3000				Durée d'analyse : 2 x 30 secondes			
Nom du préparateur d'échantillons Hydro EV				L'alignement du laser est effectué avant chaque mesure			
Modèle de diffusion Mie							
Vitesse d'agitateur atteinte 3500 rpm							
La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale, en complément du rapport d'analyse auquel il est annexé. Il comporte 1 page. Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.							
Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *							
EUROFINS Analyses pour l'Environnement France - Site de Saverne							

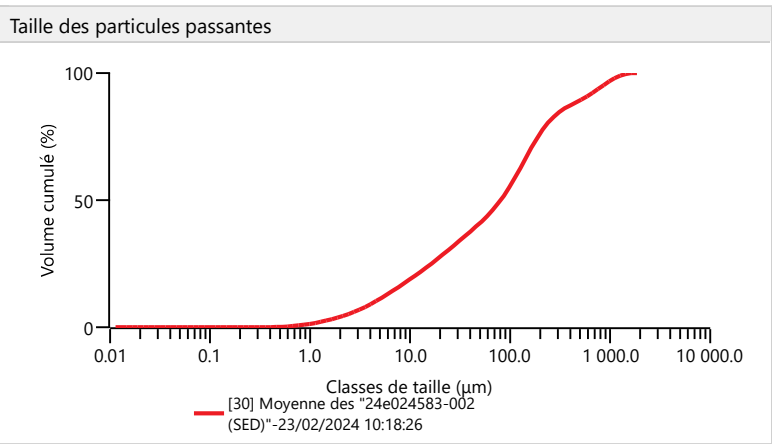
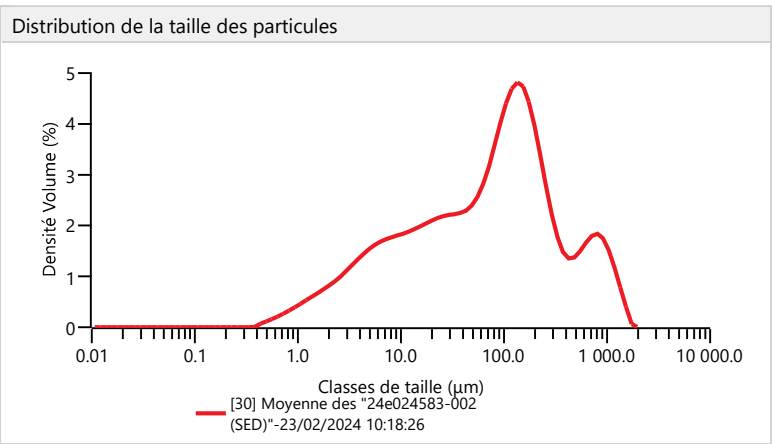
Annexe au rapport d'analyse accrédité

Granulométrie laser à pas variable (prestation réalisée sur le site de SAVERNE).					
NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 Méthode interne T-PS-WO22915					
Réf. de l'échantillon:	Opérateur	Date	Source	Obscuration	
Moyenne des "24e024583-002 (SED)"	FPEP	23/02/2024 10:18:26	Averaged	19.61	

Données Statistiques							
Moyenne(μm)	Médiane(μm)	Variance(μm²)	Ecart Type (μm)	Ratio: Moyenne/Médiane(μm)	Mode(μm)	Specific surface(m²/g)	
178.51	80.36	73678.84	271.44	2.22	136.9	514.12	

Pourcentages relatifs						
0.02-2μm	2-20 μm	20-50 μm	50-200 μm	200-2000 μm	20-63μm	63-200μm
4.11	23.62	13.31	35.22	23.75	17.24	31.29

*Pourcentages cumulés en %					
0.02-2μm	0.02-20 μm	0.02-63 μm	0.02-200 μm	0.02-2000 μm	
4.11	27.72	44.97	76.25	100.00	



Pourcentage relatif					
Taille (μm)	% Volume Dans	Taille (μm)	% Volume Dans	Taille (μm)	% Volume Dans
0.010	1.30	20.000	5.73	300.000	3.15
1.000	2.81	30.000	4.19	400.000	1.97
2.000	1.30	40.000	3.39	500.000	1.78
2.500	3.58	50.000	3.93	600.000	3.31
4.000	7.29	63.000	10.60	800.000	1.40
8.000	2.61	100.000	12.38	900.000	1.17
10.000	5.02	150.000	8.31	1000.000	2.79
15.000	0.84	200.000	4.98	1500.000	0.24
16.000	2.99	250.000	2.95	2000.000	

Pourcentage passant					
Taille (μm)	% Volume Passant	Taille (μm)	% Volume Passant	Taille (μm)	% Volume Passant
0.010	0.00	20.000	27.72	300.000	84.19
1.000	1.30	30.000	33.45	400.000	87.34
2.000	4.11	40.000	37.64	500.000	89.31
2.500	5.40	50.000	41.03	600.000	91.09
4.000	8.98	63.000	44.97	800.000	94.40
8.000	16.27	100.000	55.57	900.000	95.79
10.000	18.88	150.000	67.94	1000.000	96.97
15.000	23.90	200.000	76.25	1500.000	99.76
16.000	24.74	250.000	81.24	2000.000	100.00

Paramètres d'analyse	
Type de l'Instrument	Mastersizer3000
Nom du préparateur d'échantillons	Hydro EV
Modèle de diffusion	Mie
Vitesse d'agitateur atteinte	3500 rpm

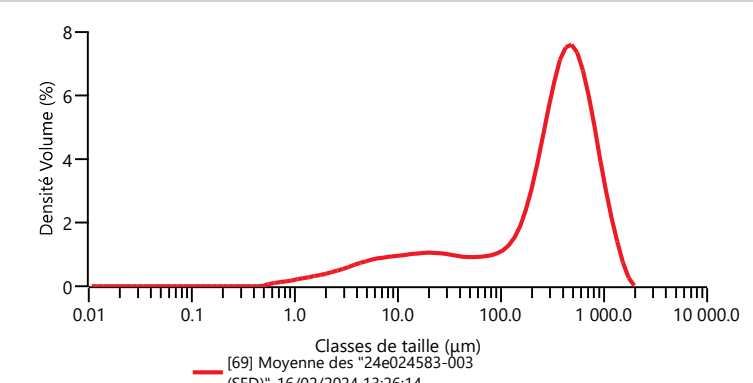
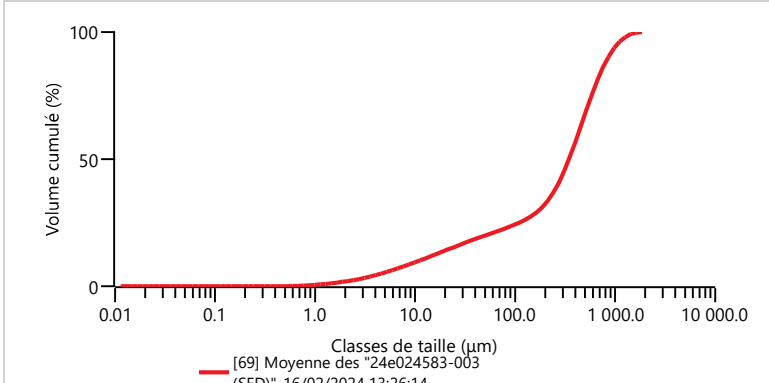
Dispersant Eau 900 mL	
Durée d'analyse : 2 x 30 secondes	
L'alignement du laser est effectué avant chaque mesure	

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale, en complément du rapport d'analyse auquel il est annexé. Il comporte 1 page. Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

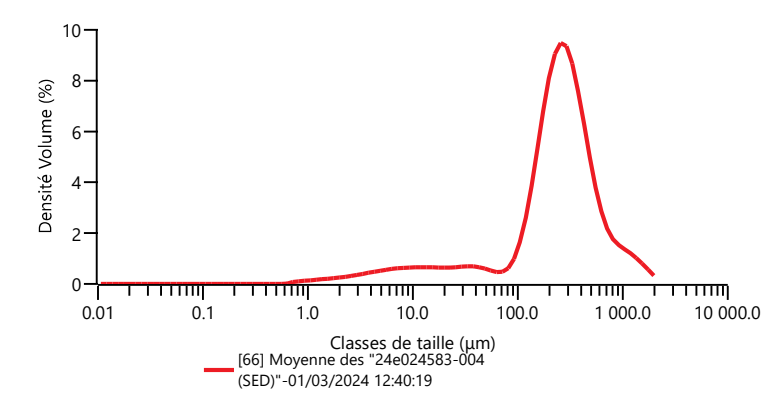
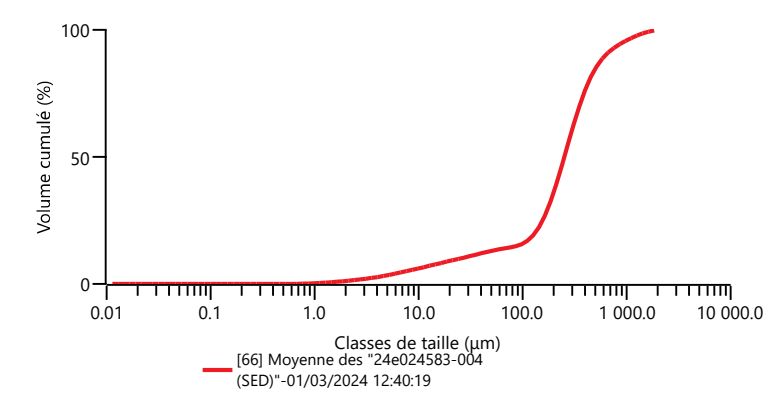
Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *

EUROFINS Analyses pour l'Environnement France - Site de Saverne

Annexe au rapport d'analyse accrédité

Granulométrie laser à pas variable (prestation réalisée sur le site de SAVERNE)						
NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 Méthode interne T-PS-WO22915						
Réf. de l'échantillon:		Opérateur		Date	Source	Obscuration
Moyenne des "24e024583-003 (SED)"		FPEP		16/02/2024 13:26:14	Averaged	23.32
Données Statistiques						
Moyenne(µm)	Médiane(µm)	Variance(µm²)	Ecart Type (µm)	Ratio: Moyenne/Médiane(µm)	Mode(µm)	Specific surface(m²/g)
395	346	110781.16	332.84	1.14	468.83	246.02
*Pourcentages cumulés en %						
0.02-2µm	0.02-20 µm	0.02-63 µm	0.02-200 µm	0.02-2000 µm		
1.87	14.00	21.30	32.40	100.00		
Distribution de la taille des particules						
						
[69] Moyenne des "24e024583-003 (SED)"-16/02/2024 13:26:14						
Taille des particules passantes						
						
[69] Moyenne des "24e024583-003 (SED)"-16/02/2024 13:26:14						
Pourcentage relatif						
Taille (µm)	% Volume Dans	Taille (µm)	% Volume Dans	Taille (µm)	% Volume Dans	
0.010	0.54	20.000	2.75	300.000	12.56	
1.000	1.33	30.000	1.83	400.000	11.05	
2.000	0.63	40.000	1.35	500.000	8.75	
2.500	1.79	50.000	1.38	600.000	11.48	
4.000	3.76	63.000	2.96	800.000	3.57	
8.000	1.36	100.000	3.64	900.000	2.62	
10.000	2.63	150.000	4.50	1000.000	5.25	
15.000	0.43	200.000	5.54	1500.000	0.59	
16.000	1.52	250.000	6.20	2000.000		
Pourcentage passant						
Taille (µm)	% Volume Passant	Taille (µm)	% Volume Passant	Taille (µm)	% Volume Passant	
0.010	0.00	20.000	14.00	300.000	44.14	
1.000	0.54	30.000	16.74	400.000	56.70	
2.000	1.87	40.000	18.58	500.000	67.75	
2.500	2.50	50.000	19.92	600.000	76.49	
4.000	4.29	63.000	21.30	800.000	87.97	
8.000	8.05	100.000	24.26	900.000	91.55	
10.000	9.41	150.000	27.90	1000.000	94.17	
15.000	12.04	200.000	32.40	1500.000	99.41	
16.000	12.47	250.000	37.94	2000.000	100.00	
Paramètres d'analyse						
Type de l'Instrument Mastersizer3000						
Nom du préparateur d'échantillons Hydro EV						
Modèle de diffusion Mie						
Vitesse d'agitateur atteinte 3500 rpm						
Dispersant Eau 900 mL						
Durée d'analyse : 2 x 30 secondes						
L'alignement du laser est effectué avant chaque mesure						
La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale, en complément du rapport d'analyse auquel il est annexé. Il comporte 1 page. Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.						
Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *						
EUROFINS Analyses pour l'Environnement France - Site de Saverne						

Annexe au rapport d'analyse accrédité

Granulométrie laser à pas variable (prestation réalisée sur le site de SAVERNE).						
NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 Méthode interne T-PS-WO22915						
Réf. de l'échantillon:		Opérateur		Date	Source	Obscuration
Moyenne des "24e024583-004 (SED)"		FPEP		01/03/2024 12:40:19	Averaged	15.64
Données Statistiques						
Moyenne(µm)	Médiane(µm)	Variance(µm²)	Ecart Type (µm)	Ratio: Moyenne/Médiane(µm)	Mode(µm)	Specific surface(m²/g)
319.77	252.55	86206.15	293.61	1.27	264.15	161.35
Pourcentages relatifs						
0.02-2µm	2-20 µm	20-50 µm	50-200 µm	200-2000 µm	20-63µm	63-200µm
1.11	7.92	3.95	23.35	63.56	4.73	22.57
*Pourcentages cumulés en %						
0.02-2µm	0.02-20 µm	0.02-63 µm	0.02-200 µm	0.02-2000 µm		
1.11	9.03	13.76	36.33	99.89		
Distribution de la taille des particules						
						
Taille des particules passantes						
						
Pourcentage relatif						
Taille (µm)	% Volume Dans	Taille (µm)	% Volume Dans	Taille (µm)	% Volume Dans	
0.010	0.26	20.000	1.73	300.000	15.58	
1.000	0.85	30.000	1.29	400.000	8.34	
2.000	0.40	40.000	0.93	500.000	4.59	
2.500	1.15	50.000	0.78	600.000	4.36	
4.000	2.50	63.000	2.07	800.000	1.27	
8.000	0.93	100.000	7.93	900.000	1.02	
10.000	1.73	150.000	12.58	1000.000	3.02	
15.000	0.27	200.000	13.04	1500.000	1.07	
16.000	0.93	250.000	11.27	2000.000		
Pourcentage passant						
Taille (µm)	% Volume Passant	Taille (µm)	% Volume Passant	Taille (µm)	% Volume Passant	
0.010	0.00	20.000	9.03	300.000	60.64	
1.000	0.26	30.000	10.77	400.000	76.21	
2.000	1.11	40.000	12.05	500.000	84.56	
2.500	1.51	50.000	12.98	600.000	89.15	
4.000	2.66	63.000	13.76	800.000	93.51	
8.000	5.16	100.000	15.83	900.000	94.79	
10.000	6.09	150.000	23.75	1000.000	95.80	
15.000	7.83	200.000	36.33	1500.000	98.83	
16.000	8.10	250.000	49.37	2000.000	99.89	
Paramètres d'analyse						
Type de l'Instrument Mastersizer3000						
Nom du préparateur d'échantillons Hydro EV						
Modèle de diffusion Mie						
Vitesse d'agitateur atteinte 3500 rpm						
Dispersant Eau 900 mL						
Durée d'analyse : 2 x 30 secondes						
L'alignement du laser est effectué avant chaque mesure						

Annexe au rapport d'analyse accrédité

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale, en complément du rapport d'analyse auquel il est annexé. Il comporte 1 page. Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *
EUROFINS Analyses pour l'Environnement France - Site de Saverne



VILLE DE DOUARNENEZ

16 rue Berthelot

29174 Douarnenez

ÉTUDE CARBONE DU PROJET DE REAMENAGEMENT DU CHEMIN DU TREIZ - VILLE DE DOUARNENEZ



DOUARNENEZ

BRETAGNE

JUIN 2024



Maître d'ouvrage : **VILLE DE DOUARNENEZ**

Bureau d'études : **ECO-STRATEGIE**

Référence	Date	Version	Auteur	Contrôle
A24019	19/07/2024	3	Ronan ANDRE Antoine MACHUEL	Frédéric BRUYERE

Le présent dossier est basé sur la bibliographie, nos observations, notre retour d'expérience en aménagement du territoire et les informations fournies par le porteur de projet.

En cohérence avec le guide méthodologique du CGDD et son décret de juillet de 2022 concernant « la méthode de réalisation des bilans d'émissions de GES », il a pour objet d'assister, en toute objectivité, le maître d'ouvrage dans la définition de son projet.

Le contenu de ce rapport ne pourra pas être utilisé par un tiers en tant que document contractuel. Il ne peut être utilisé de façon partielle, en isolant telle ou telle partie de son contenu.

Le présent rapport est protégé par la législation sur le droit d'auteur et sur la propriété intellectuelle. Aucune publication, mention ou reproduction, même partielle, du rapport et de son contenu ne pourra être faite sans accord écrit préalable d'ECO-STRATEGIE et du maître d'ouvrage.



Table des matières

I.	Le contexte	4
I.1.	Les causes du changement climatique	4
I.2.	GES et Pouvoir de Réchauffement Global	6
I.3.	Le cadre législatif et réglementaire	8
I.4.	Les bilans carbone.....	9
I.5.	L'objectif du présent rapport.....	11
II.	Définition de l'aire d'étude	12
II.1.	Présentation du projet	12
II.2.	Périmètre temporel	13
II.3.	Périmètre des émissions	13
II.4.	Détermination des postes d'émissions significatifs	14
II.5.	Collecte des données et quantification	15
II.6.	L'incertitude des résultats	16
III.	Le Bilan des émissions	17
III.1.	Emissions du projet.....	17
III.2.	Présentation des résultats par tronçon.....	18
III.3.	Poste n°1 : achats de biens.....	19
III.4.	Poste n°2 : achats de services.....	21
III.5.	Poste n°3 : fin de vie des matériaux.....	22
III.6.	Poste n°4 : Les émissions liées au fret	23
IV.	Indicateurs et émissions évitées.....	30
IV.1.	Comparaison avec d'autres ouvrages d'art	30
IV.2.	Emissions évitées par l'aménagement.....	31
IV.2.1	<i>Hypothèse haute</i>	32
IV.2.2	<i>Hypothèse médiane</i>	32
IV.2.3	<i>Hypothèse basse</i>	32
IV.2.4	<i>Conclusion sur les émissions évitées</i>	33
V.	Compensation du projet.....	34
V.1.	La neutralité carbone.....	34
V.2.	La compensation carbone volontaire	35
V.3.	Comment compenser.....	36
VI.	Pistes d'amélioration et de réduction des GES	37

Annexes

Annexe 1 : Caractérisation des émissions significatives	39
Annexe 2 : Extrait du guide méthodologique de calcul des incertitudes	40

I. LE CONTEXTE

I.1. Les causes du changement climatique

Compte tenu des conjonctures actuelles qui sont celles des dérèglements du climat et du contexte socio-économique incertain, la nécessité de baisser les émissions de gaz à effets de serre (GES) est incontestable. En effet, comme précisé dans les derniers rapports du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), les scientifiques sont clairs : le système terre se réchauffe trop, trop vite et malheureusement les activités humaines en sont la cause. Il est donc urgent d'anticiper et de s'adapter aux impacts du changement climatique dès maintenant.

Le GIEC représente un groupe d'experts qui ont pour but de faire un bilan, une synthèse des connaissances scientifiques sur le climat. Des rapports d'évaluation sont délivrés tous les 6 ans. Composé de 3 groupes de travail, les auteurs des rapports, élus par les bureaux d'experts scientifiques, eux même élu par les 195 états membres, publient des rapports sur les thématiques suivantes :

- La base des connaissances scientifiques sur le climat ;
- Les conséquences du changement climatique et des possibilités pour s'y adapter ;
- Les solutions pour réduire les émissions mondiales de GES ;
- Et enfin, le rapport de synthèse des 3 rapports précédents.

A ce jour, le groupe du GIEC a sorti son sixième rapport d'évaluation en mars 2023. Au cours de ce cycle, le groupe a établi trois rapports spéciaux, l'un sur le constat des bases scientifique, un deuxième sur les conséquences sur les populations et un dernier sur la réduction des émissions mondial. En mars, le groupe à réaliser le rapport synthétique de ces 3 rapports spéciaux.

Pour bien comprendre la responsabilité de l'homme dans ce phénomène de dérèglement climatique, il faut d'abord s'intéresser à un mécanisme qui lui est parfaitement naturel : **l'effet de serre**.

Lorsque la terre est éclairée par le soleil, (composé de rayonnements hautes fréquences : d'ultraviolets, d'infrarouges et de lumière visible) sa surface renvoie vers l'espace une partie du rayonnement qu'elle a reçue. Cependant les gaz à effet de serre comme la Vapeur d'eau (H_2O), le Dioxyde de Carbone (CO_2), le Méthane (CH_4), ou encore le Protoxyde d'azote (N_2O), réagissent avec les rayonnements infrarouges émis par la terre ce qui provoque un dégagement d'énergie sous forme de chaleur. Cette chaleur est renvoyée en partie vers la surface terrestre contribuant donc au maintien de la température sur terre.



Figure 1 : Schéma de synthèse de l'effet de serre

Cet effet de serre naturel a permis à la vie de se développer sur terre puisque qu'il a assuré une la température moyenne terrestre de +15°C pendant toute la durée de l'Holocène (12 000 dernières années). Sans ce phénomène, la température moyenne mondiale serait de -18°C.

C'est justement cette mécanique que l'homme a dérégulée.

Depuis la révolution industrielle, la combustion d'énergie fossile, la déforestation, l'agriculture intensive et d'autres activités humaines, ont émis une quantité plus que conséquente de gaz à effet de serre. Principalement du dioxyde de carbone et du méthane. Ces gaz s'accumulent dans l'atmosphère et atteignent désormais des **niveaux record** avec une concentration de CO₂ qui est aujourd'hui la plus forte depuis 800 000 ans au moins. Elle est passée de 280 à 415 ppm (parties par millions) en 150 ans.

Conséquences : **l'effet de serre s'intensifie** et le surplus d'énergie introduit dans le système, provoque des phénomènes dramatiques tels que la hausse des températures, les sécheresses, l'élévation et l'acidification des océans, l'augmentation des catastrophes naturelles, la perturbation du cycle de l'eau, etc... On parle donc ici, d'effet de serre additionnel.

Aujourd'hui, la Terre s'est réchauffée d'environ 1,18°C par rapport à l'ère préindustrielle, et près de 1.5°C en France. Ces hausses de températures commencent d'ores et déjà à entraîner des conséquences dramatiques sur l'ensemble des systèmes terrestres et toutes les régions du monde sont affectées de manière disproportionnée (ex : acidification de l'océan, hausse du niveau des mers et des océans, modification du régime des précipitations, déplacements massifs de populations animales et humaines, émergences de maladies, multiplication des catastrophes naturelles...). L'ONU se prépare donc à de multiples phénomènes météorologiques extrêmes mais aussi à une élévation des conflits géopolitiques induite en partie par des mouvements massifs de populations, des pénuries alimentaires et de ressources.

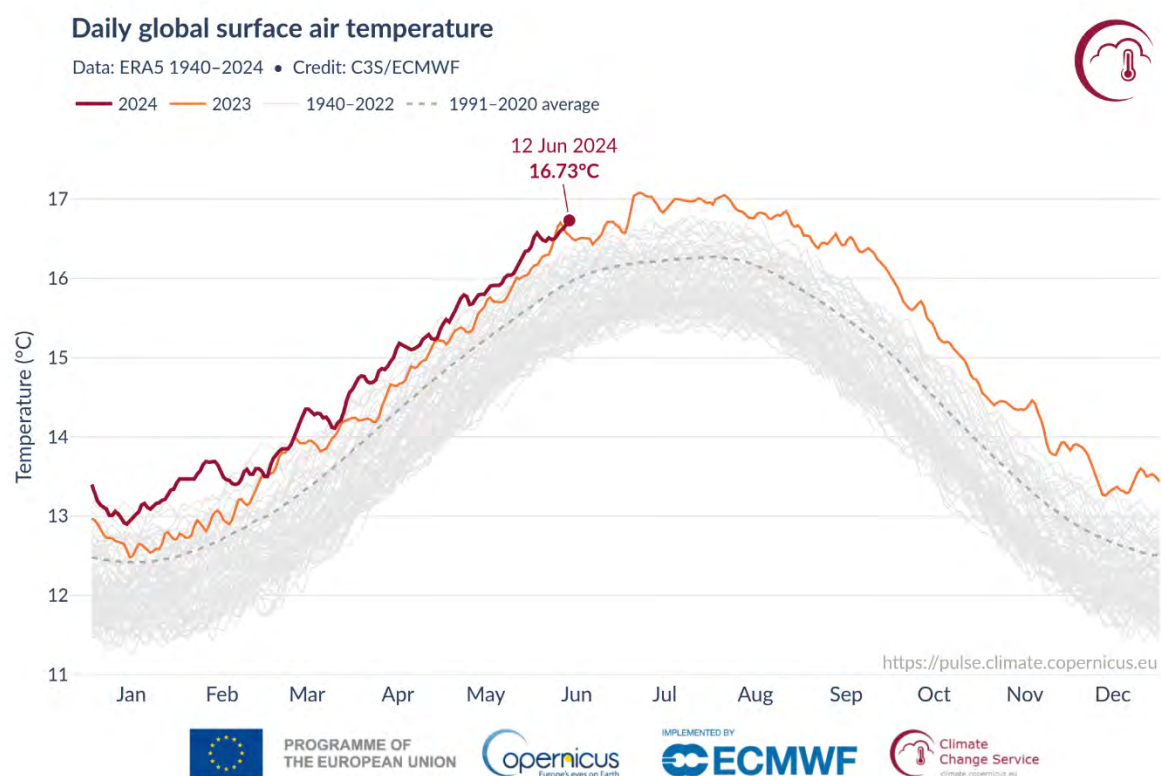


Figure 2 - Evolution de la température moyenne sur Terre.

Source : Copernicus

Même avec un arrêt complet des émissions « demain », la température moyenne pourrait continuer à monter jusqu'à +1.5°C. Le système climatique possédant une inertie telle que les températures continueraient à grimper jusqu'à **15 à 20 ans après l'arrêt des émissions**. Ceci est dû à la durée de vie dans l'atmosphère de certains gaz à effet de serre.

Le GIEC décrit l'évolution des températures à venir selon 5 différentes trajectoires et dans l'ensemble des scénarios d'émissions, à l'exception du plus bas, nous dépasserons le seuil de réchauffement mondial de $+1.5^{\circ}\text{C}$ dans les prochaines décennies. Le scénario le plus pessimiste prévoit une augmentation de $+5^{\circ}\text{C}$ qui correspond à un changement d'ère géologique impliquant un changement d'état du système terre et donc une adaptation de **l'ensemble du monde vivant**.

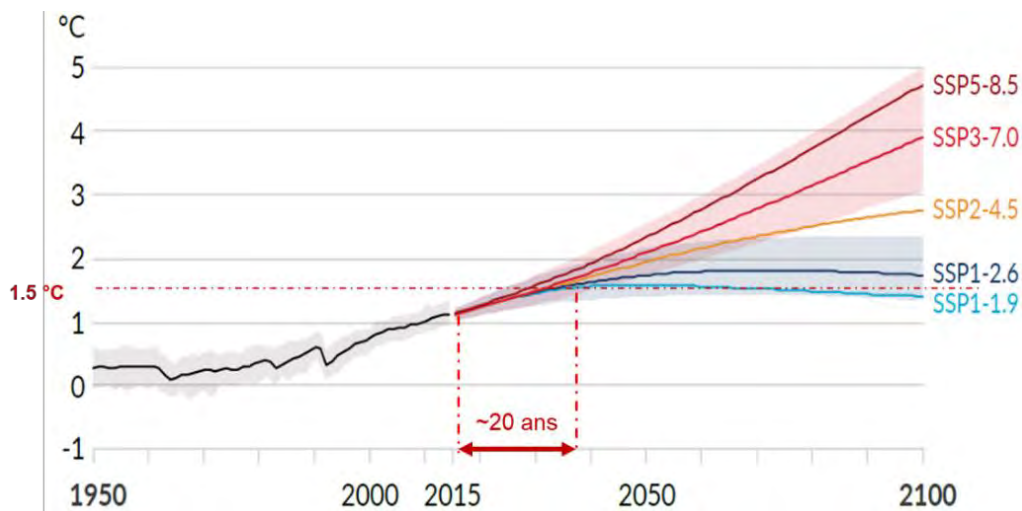


Figure 3 : Prévisions de l'augmentation de la température moyenne planétaire.

Source : GIEC, 1^{er} groupe de travail, 2021

Une augmentation de $+5^{\circ}\text{C}$ correspond à un **changement d'ère géologique**

En guise de repère, lorsque le système de la Terre était à -5°C par rapport à la température de 1990, le plein cœur de la période glaciaire était atteint avec 3.5 km de glace sur l'Europe du Nord et le niveau des océans était 120 mètres plus bas. Le climat sec et froid de cette période n'aurait pas permis le développement de l'Homme tel qu'il est connu aujourd'hui.

I.2. GES et Pouvoir de Réchauffement Global

Afin de comprendre les résultats du bilan carbone qui sont présentés, il est important de rappeler quelques points fondamentaux. Notamment sur les gaz à effet de serre et leur pouvoir de réchauffement global (PRG)

Comme signalé, les gaz à effet de serre sont des gaz qui sont naturellement présents dans l'atmosphère et qui sont caractérisés par leur capacité à intercepter une partie du rayonnement terrestre (composé d'infrarouge).

Les gaz à effet de serre peuvent être coupés en trois grandes familles :

- **Les composés chimiques originels** de la terre tels que le Dioxyde de Carbone (CO_2), la Vapeur d'eau (H_2O) ou l'Ozone (O_3) ;
- **Les gaz issus de la modification d'organismes vivants** comme le Méthane (CH_4) ou le Protoxyde d'azote (N_2O). Tous les deux résultent d'un processus de transformation naturel. Pour le méthane, la décomposition de matière organique et pour le protoxyde d'azote, une transformation de l'azote réalisée par des micro-organismes ;
- **Les composés chimiques de synthèse** qui, eux, ont été créés pour les activités humaines (CFC/HFC/SF).

Contrairement aux composés chimiques de synthèse qui sont utilisés dans les procédés industriels, les deux premières catégories de gaz existent à l'état naturel. L'être humain n'a donc fait qu'augmenter rapidement leur concentration dans l'atmosphère.

Cependant, chacun de ces gaz n'a pas la même contribution à l'effet de serre puisque qu'elle va dépendre de leurs propriétés physiques. Pour pouvoir établir une comparaison entre ces

différents gaz et surtout pour pouvoir les additionner, une unité commune est utilisée et est définie par le PRG : pouvoir de réchauffement global.

Les deux propriétés qui sont à prendre en compte pour définir le **PRG** et qui sont défini ci-dessous sont : **Le forçage radiatif** et la **durée de vie des gaz dans l'atmosphère**.

Le forçage radiatif est le supplément d'énergie qu'un gaz à effet de serre va apporter lorsqu'on ajoute une unité de ce gaz dans l'atmosphère. Par exemple, si on ajoute 1 ppm dans l'atmosphère de CO_2 , le PRG va définir le surplus d'énergie renvoyé vers le sol. Pour le CO_2 , la valeur est de 14mW/m^2 tandis que pour le méthane, il est autour de 370 mW/m^2 (facteur de 27). Il faut donc comprendre qu'à volume égal, le surplus d'énergie et donc le renforcement de l'effet de serre n'est pas le même d'un gaz à l'autre.

À ce forçage radiatif il faut ajouter la prise en compte d'une autre propriété de ces gaz qui est **la durée de résidence dans l'atmosphère**.

Le graphique ci-dessous représente le croisement du forçage radiatif d'une tonne de gaz émise à un instant t (W/m^2 - axe vertical) et de sa durée de résidence dans l'atmosphère (axe horizontal). Attention, ici l'axe des abscisses ne correspond pas à une échelle linéaire, mais à une échelle logarithmique.

On constate que la durée de vie des gaz dans l'atmosphère est très différente d'un gaz à l'autre. Il est donc indispensable de prendre en compte cette donnée dans le calcul du PRG.

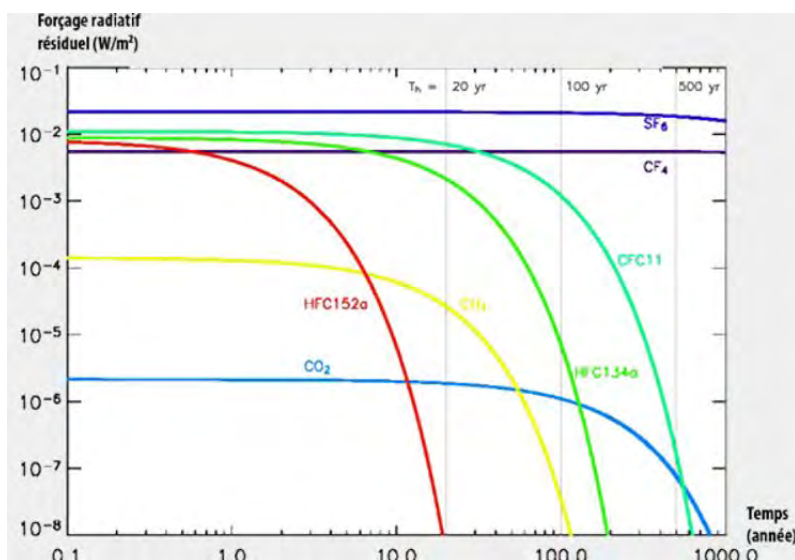


Figure 4 : Evolution dans le temps du forçage radiatif en fonction du type de gaz.

Source : D. Hauglustaine, LSCE

Cette simple caractéristique « physique » explique pourquoi le changement climatique est un processus fondamentalement irréversible. Il faut attendre de l'ordre du siècle avant que certains gaz, responsables du dérèglement climatique, ne commencent à être évacués de l'atmosphère de manière significative, de l'ordre de 10 ans pour le méthane, et pour certains halocarbures (par exemple le CF_4 , en haut du diagramme) ils n'auront toujours pas commencé à s'épurer significativement de l'atmosphère au bout de 1 000 ans.

C'est avec ces informations que le GIEC a introduit dans son premier rapport la tonne équivalent CO_2 (eq CO_2). D'après le GIEC, « L'émission en équivalent CO_2 est la quantité émise de dioxyde de carbone (CO_2) qui provoquerait le même forçage radiatif intégré, pour un horizon temporel donné, qu'une quantité émise d'un seul ou de plusieurs gaz à effet de serre ».

Attention toutefois à ne pas confondre l'équivalent CO_2 et l'équivalent Carbone qui ne considère que la masse du carbone. En lien avec la masse molaire du carbone et celle du dioxyde de carbone (CO_2), une tonne de CO_2 équivaut à $12/44$ tonne de carbone (1 tonne CO_2 = 0,27 tonne C).

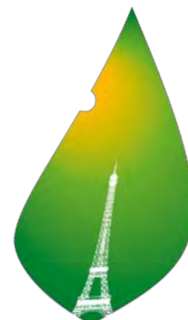
1.3. Le cadre législatif et réglementaire

Depuis la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques adoptée le 9 mai 1992 et le Protocole de Kyoto conclu en 1997, les **émissions de gaz à effet de serre sont clairement identifiées comme directement responsables du réchauffement climatique**.

Pour répondre à l'urgence, en 2015, la COP21 a fixé de nouvelles exigences grâce à l'Accord de Paris. L'ensemble des États a validé l'objectif de limiter le réchauffement climatique à 2°C. La France est elle-aussi signataire et ratificatrice de ce nouvel accord.

Les objectifs nationaux à l'horizon 2030 sont inscrits dans la Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte :

- **Réduction de 40 % des émissions de GES par rapport à 1990,**
- **Réduction de 20 % de la consommation énergétique finale par rapport à 2012,**
- **32% d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie**



COP21 • CMP11
PARIS 2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE

L'article 167 de la LTECV¹ a fait évoluer les textes de la loi ENE² sur la périodicité de réalisation du bilan des émissions de gaz à effet de serre (BEGES), la sanction applicable en cas de manquement ainsi que sur les modalités de publication.

Pour la France et les DROM-COM, la **Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC)** est devenue la feuille de route actuelle pour mener la politique d'atténuation du changement climatique du Pays.

Cette feuille de route prévoit des réductions importantes d'émissions de GES dans tous les secteurs d'activité émetteurs de GES (transports, bâtiment, industrie, agriculture, production d'énergie, déchets) et donne en conséquence les orientations stratégiques sectorielles pour mettre en œuvre, en France, la transition vers une économie décarbonée et durable.

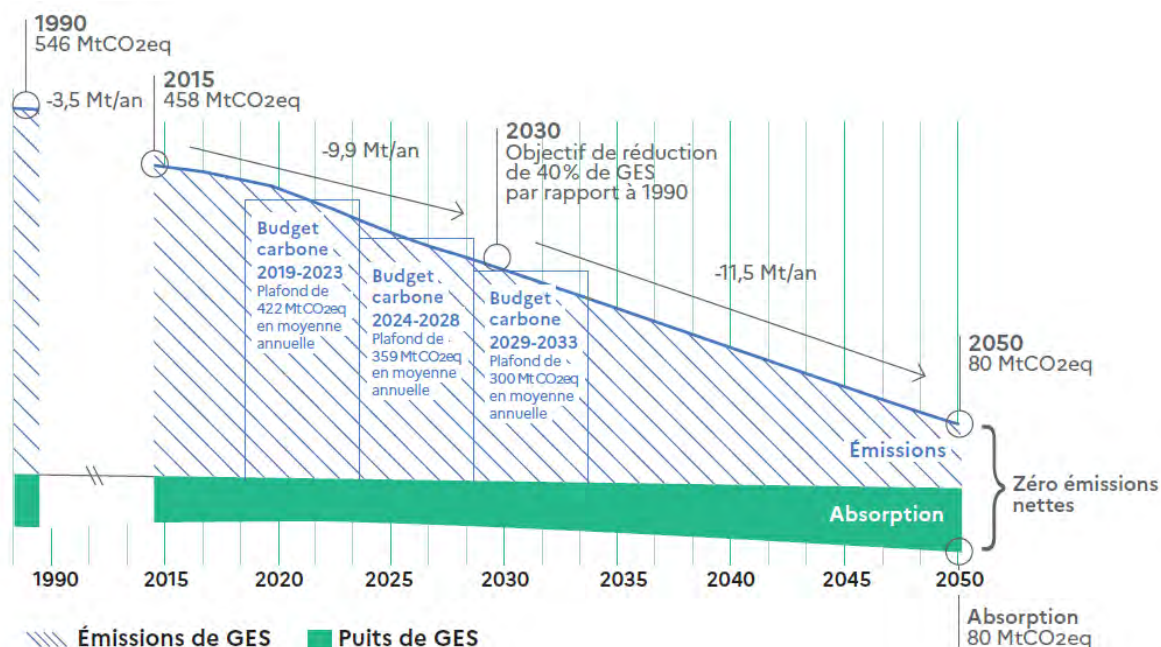


Figure 5 : Évolution des émissions et des puits de GES sur le territoire français entre 1990 et 2050 - source : SNBC

¹ Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte

² Engagement national pour l'environnement

Tous secteurs confondus, **l'objectif national actuel à l'horizon 2030 est de réduire d'au moins 40 % nos émissions de GES par rapport à 1990.**

Cette SNBC présente deux ambitions : **atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 et réduire l'empreinte carbone de la consommation des Français.** La SNBC s'appuie sur un scénario prospectif d'atteinte de la neutralité carbone à l'horizon 2050 sans faire de paris technologiques.

La deuxième édition de cette SNBC a été adoptée en avril 2020 : SNBC-2, notamment lié à un rehaussement de l'objectif européen à horizon 2030.

Le rehaussement européen du jalon 2030, prévoit **un objectif européen à l'horizon 2030 de réduction des émissions de GES rehaussé de -40 % brutes à -55 % nettes par rapport à 1990** et s'inscrit dans la loi européenne sur le climat (entrée en vigueur le 1^{er} juillet 2021). Cela impactera directement les objectifs nationaux à cette échéance. Appelé « Fit for 55 » (« Paré pour 55 »), ce paquet de 12 propositions législatives confirme l'intention, partagée par la France, de la Commission européenne de placer l'Europe à l'avant-garde du combat climatique.

La prochaine décennie et le jalon 2030, réévalué à la hausse au niveau européen, doivent donc marquer une rupture avec les trajectoires antérieures et nécessiteront des évolutions fortes de nos politiques.

1.4. Les bilans carbone

À l'image du calcul de l'empreinte carbone individuelle, **les bilans carbone permettent de quantifier les activités et les flux d'une entreprise, d'un projet, d'un produit ou d'un individu et de les convertir en émissions de GES.** Les bilans carbone s'appuient sur la méthodologie Bilan Carbone® qui est une méthodologie développée par l'ADEME (agence de la transition écologique) et appuyée par l'Association pour la transition Bas Carbone (ABC) en tant que soutien technique. Consolidé dans le temps depuis son développement, elle est aujourd'hui la méthode la plus utilisée en France et à l'international.

Avoir une bonne évaluation des émissions directes, indirectes et induites par son activité permet aux entreprises ou aux chefs de projet de **concevoir et mettre en place un plan d'actions efficace afin de permettre la réduction des émissions.**

Aujourd'hui, en France, les bilans d'émissions de gaz à effet de serre ont été rendus obligatoire pour les entreprises par l'article 26 de la loi Grenelle II. Le Bilan GES réglementaire est obligatoire pour les Personnes Morales de droit privé employant plus de 500 personnes pour la France métropolitaine ou plus de 250 personnes pour les régions et départements d'outre-mer. Il est aussi obligatoire pour l'État, les régions, les départements, les communautés urbaines, les communautés d'agglomération et les communes ou communautés de communes de plus de 50 000 habitants ainsi que les autres Personnes Morales de droit public employant plus de 250 personnes.

Le BEGES réglementaire, rendu public grâce à la plateforme de l'ADEME, est mis à jour tous les 4 ans pour les Personnes Morales de droit privé, et tous les 3 ans pour l'État, les collectivités territoriales et les autres Personnes Morales de droit public

Concernant les études environnementales, comme présenté dans sa « *Note relative à la prise en compte des émissions de gaz à effet de serre et du changement climatique* » publiée en mars 2024, les différentes autorités publiques commencent aujourd'hui à exiger une analyse carbone poussée afin de répondre aux enjeux climatiques. Il s'agit au minimum de contribuer au respect des engagements de la France inscrit dans la SNBC.

En ce qui concerne les avis de l'Autorité environnementale, l'analyse d'un échantillon de 663 avis rendus en 2019 a permis de confirmer l'importance de la prise en compte des questions d'émissions de gaz à effet de serre et de changement climatique dans les projets et mettre en lumière le retard dont font preuve les maîtres d'ouvrage planificateurs en la matière. De plus, l'identification et la mise en œuvre de la démarche ERC restent déficientes, voire absentes, même lorsque les incidences climatiques sont évaluées.

Concernant les avis MRAe, il est régulièrement recommandé de « réaliser un bilan carbone sur l'ensemble des opérations du projet global et aussi la totalité de son cycle de vie ». Dans cette analyse, la prise en compte des émissions des matériaux est souvent absente.

C'est donc pour répondre à ces problématiques que la Ville de Douarnenez a souhaité réaliser le bilan carbone du projet de réaménagement du chemin du triez.

La méthodologie du bilan Carbone repose sur une **comptabilité** qui sert d'outil pour recenser, classer et quantifier toutes les émissions de GES engendrées par l'activité dans un périmètre donné. Pour des questions de pertinence et de transparence, cette comptabilité carbone utilise une base de données publique, accessible en ligne, appelée Base Empreinte® administrée par L'ADEME et gérée par un comité de gouvernance d'acteurs publics et privés. Elle recense les facteurs d'émission d'un grand nombre de données.

Les **facteurs d'émission (FE)** correspondent à un taux d'émission moyen d'une source donnée par rapport à une activité. C'est donc en multipliant le facteur d'émission avec la donnée d'activité que les émissions de GES de l'activité sont estimées. Par exemple, pour connaître les émissions d'un trajet en bus, on multiplie le facteur d'émission d'1 km en bus par le nombre de km parcourus.



L'ensemble des facteurs d'émission utilisés prennent en compte les gaz à effet de serre suivant :

- Le dioxyde de carbone (CO_2) ;
- Le méthane (CH_4) ;
- L'oxyde nitreux (N_2O) ;
- Les hydrofluorocarbones (HFC) ;
- Les hydrocarbures perfluorés (PFC) ;
- L'hexafluorure de soufre (SF_6).

La contribution de chacun de ces gaz à l'augmentation de l'effet de serre a été calculée en utilisant les **potentiels de réchauffement climatique (PRG)** à 100 ans. Les valeurs de PRG utilisées dans le cadre de l'étude du projet sont présentées dans l'encadré ci-dessous. Pour rappel, ce sont ces valeurs de PRG qui permettent l'utilisation de **l'équivalent CO_2** ou CO_2eq ou encore CO_2e , comme unité commune de quantification l'impact des GES.

$\text{CO}_2 = 1$
$\text{CH}_4 = 28$
$\text{N}_2\text{O} = 265$
$\text{NF}_3 = 16\,100$
$\text{SF}_6 = 23\,500$
HFC : varie selon le type de HFC
PFC : varie selon le type de PFC

Figure 6 : Valeurs de PRG en fonction des différents gaz à effet de serre.

Source : GIEC, 5^{ème} rapport d'évaluation (AR5)

1.5. L'objectif du présent rapport

Le présent document a pour objectif d'aborder les interrogations liées à l'intégration du projet sur la commune de Douarnenez dans le contexte des enjeux climatiques actuels. Une étude carbone détaillée a été réalisée afin d'estimer l'impact du projet en matière d'émissions de CO₂e (équivalent dioxyde de carbone). Cela permet à la ville de Douarnenez d'identifier les différentes sources d'émissions associées à son projet. L'étude carbone quantifie les émissions générées par les différentes composantes du projet, telles que les opérations de chantier, les transports, la consommation énergétique, etc.

En fin de rapport, sur la base des résultats de l'étude carbone, des mesures spécifiques sont préconisées pour minimiser l'impact environnemental du projet. Ces mesures visent à réduire les émissions de gaz à effet de serre dans la mesure du possible. Elles peuvent inclure l'adoption de technologies plus propres, l'optimisation des processus logistiques, l'utilisation de carburants moins polluants, la promotion de modes de transport plus durables, ou encore l'utilisation de produits avec un plus faible poids carbone.

L'objectif est **d'initier une réflexion sur l'impact du projet face aux enjeux du dérèglement climatique** et sur le développement du projet afin de **limiter son impact sur le climat**. En intégrant ces mesures d'atténuation dans la conception et la planification du projet, la ville de Douarnenez peut contribuer encore plus à la transition vers une économie à faible émission de carbone et à la lutte contre le réchauffement climatique. Cela permet également de répondre aux attentes croissantes des parties prenantes et de la communauté locale en matière de durabilité et de respect de l'environnement.

La méthodologie appliquée à cette présente étude s'appuie sur le **guide méthodologique du CGDD³** et son décret de juillet de 2022⁴ concernant « la méthode de réalisation des bilans d'émissions de GES ».

³ Commissariat général au développement durable

⁴ [Guide méthodologique à l'élaboration d'un BEGES](#)

II. DEFINITION DE L'AIRES D'ETUDE

II.1. Présentation du projet

C'est dans ce contexte la Ville de Douarnenez entreprend un projet de réaménagement du chemin du Treiz. Ce projet vise à améliorer l'accessibilité et la durabilité du chemin en bord d'océan.

La Ville de Douarnenez s'intègre dans la **Communauté de communes Douarnenez Communauté**, qui est composée de 5 communes.

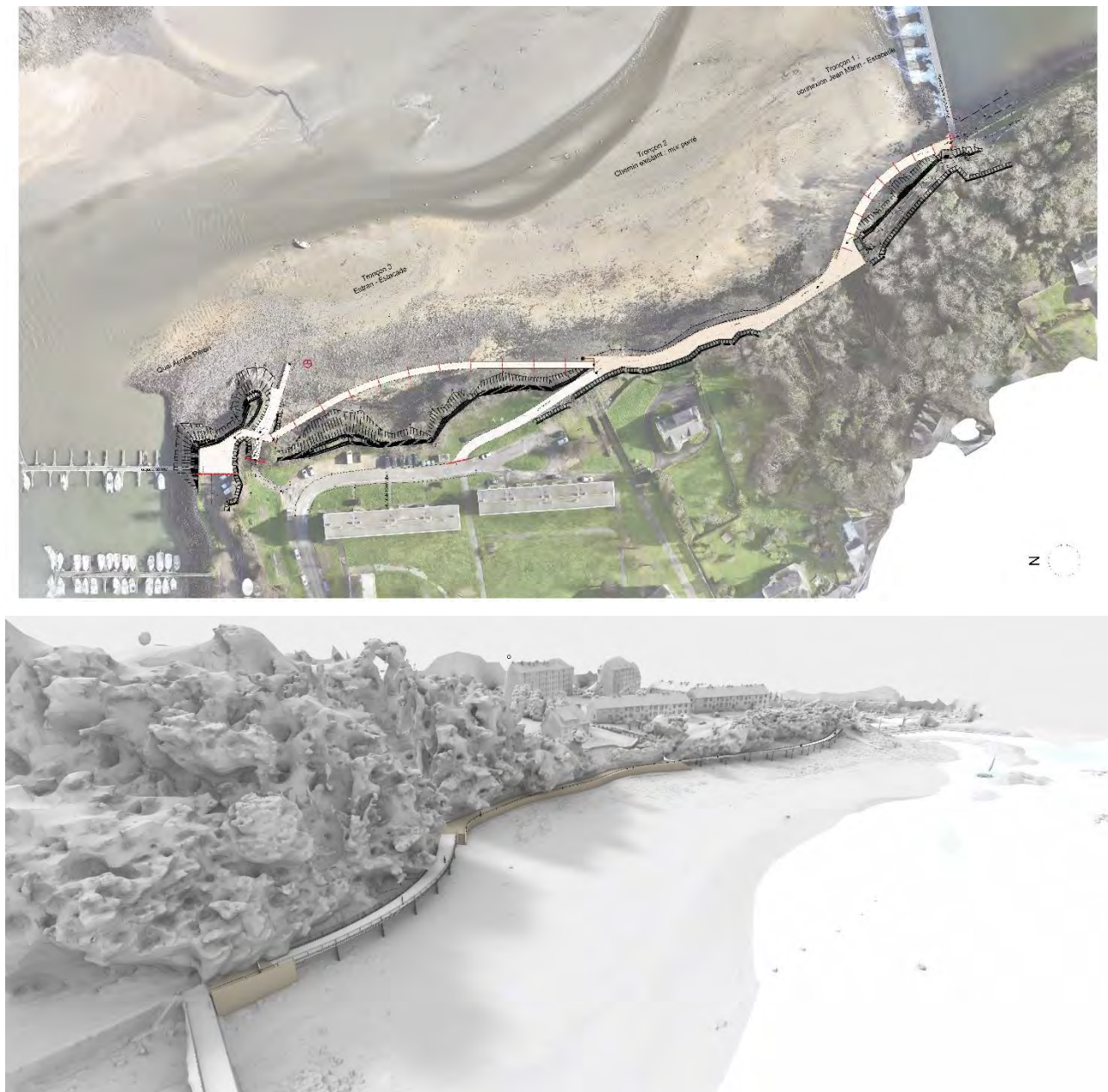


Figure 7 : Schéma du projet de réaménagement du chemin du Treiz

Source : Présentation AVP_COPIL_pour_etude_BEGES

Les principales caractéristiques du projet sont les suivantes :

Matière	Quantité	Unité
Acier	121	tonnes
Béton	375	tonnes
Déblai	65	m ³
Remblai	833	m ³
Surface utile du projet	1149	m ²

En plus de considérer l'ensemble des données présentées plus haut (Gaz à effet de serre et PRG utilisés), il est nécessaire de définir d'autres informations comme le périmètre « temporel » et le périmètre « organisationnel » de l'étude.

II.2. Périmètre temporel

D'un point de vue temporel, l'étude carbone est définie sur 40 ans.

L'intérêt de définir ce périmètre temporel permet de prendre en considération les phases suivantes :

- La phase de développement du projet : 2 ans ;
- La phase de travaux : 1 an ;
- La phase d'exploitation : 100 ans ;
- Phases d'entretien : tous les 15 ans.

II.3. Périmètre des émissions

Le périmètre des émissions est caractérisé suivant la norme ISO 14064-1 : 2018 et la norme ISO 14062-2 de 2019, notamment dans la partie 2 couvrant « *les spécifications et les lignes directrices, au niveau des projets, pour la quantification, la surveillance et la rédaction de rapports sur la réduction d'émissions ou les accroissements de suppressions des GES* ».

Pour l'étude du projet d'aménagement du Chemin du Treiz, l'approche par **contrôle opérationnel** a été choisie. Cette approche permet de prendre en compte l'ensemble des équipements et des installations exploitées par le projet sans pour autant que la Ville de Douarnenez en soit la détentrice. **Le périmètre organisationnel** est ici considéré comme étant l'ensemble du projet d'aménagement du Chemin du Treiz.

La caractérisation des sources d'émissions est définie ci-après par les catégories 1, 2 et 3.

Catégorie 1 : Les émissions directes/contrôlées : ces émissions sont caractérisées par le fait qu'elles sont issues physiquement du périmètre organisationnel du projet. Ce sont donc les émissions produites par des sources engagées dans l'entretien et la maintenance normale des futures installations, mais aussi par celles provenant du chantier d'aménagement.

Catégorie 2 : Les émissions indirectes/associées : il s'agit des émissions n'étant pas directement dépendantes des opérations effectuées par la Commune pour la réalisation du futur aménagement du Chemin du Treiz, mais qui sont indispensables à l'existence du projet. Par exemple, les émissions liées :

- Aux achats des équipements et des services (développement du projet) ;
- Aux transports de ces équipements sur le site ;

- À la fabrication et donc à l'amortissement de l'ensemble du parc de machines et de biens immatériels ;
- À la collecte et au traitement des déchets produits, notamment lors de la phase chantier ;

Catégorie 3 : Les émissions induites et/ou évitées par le projet d'aménagement : il s'agit des émissions à l'extérieur du périmètre organisationnel occasionnées par l'incidence du projet ou générées par l'effet rebond du projet. Malgré le fait que ces émissions ne soient pas intégrées dans le périmètre organisationnel du projet, il est tout de même important de les mentionner dans la présente analyse.

En l'espèce, les seules **émissions induites** décelées résulteraient de la consommation d'électricité nécessaire à l'éclairage public présent sur le futur chemin du Treiz.

Au-delà de l'aspect particulièrement négligeable de ces émissions grâce à un mix énergétique particulièrement bas carbone en France, il apparaît surtout particulièrement complexe de définir avec précision la consommation de ces futurs lampadaires. En effet, ces futures consommations seront noyées dans la facture d'électricité de la Ville de Douarnenez.

Cependant, concernant les **émissions évitées**, des estimations de celles-ci sont disponible dans le paragraphe IV de la présente étude.

II.4. Détermination des postes d'émissions significatifs

Afin de calculer de manière approfondie l'impact du projet en matière d'émissions de GES, il est essentiel de **quantifier les émissions associées au projet et d'analyser le gain des émissions engendrées par le projet**.

Pour estimer les émissions du projet, il est nécessaire d'avoir un scénario de référence afin de visualiser l'impact réel du projet. Dans le cadre du projet d'aménagement du Chemin du Treiz, un seul et unique scénario sera considéré.

En effet, le scénario sans projet, normalement scénario de référence, ne sera que brièvement étudié car il ne va pas impliquer d'émissions autre que les véhicules déjà utilisés pour traverser l'estran via le pont de Port Rhu puisque cela correspond au fait que le Chemin du Treiz est laissé dans son état actuel.

Ce scénario sans projet émet tout de même puisqu'il n'incite pas les douarnenistes à emprunter l'actuel Chemin du Treiz car celui-ci est peu praticable. Dès lors, les habitants tendent à davantage utiliser leur véhicule personnel pour des trajets courts au sein de la commune. Une estimation des émissions dues à ces trajets ainsi que le gain d'émissions évitées grâce à la réalisation du projet sera détaillée ultérieurement.

Le scénario étudié sera donc celui « avec projet ». Il intègre tous les éléments présentés dans l'AVP et comprend donc les émissions correspondant à l'impact cumulé des différentes phases du projet.

Afin d'avoir une estimation correcte des émissions engendrées par le projet, l'étude carbone prend en considération les émissions indirectes. En cohérence avec le guide méthodologique du CGDD et le décret de juillet de 2022⁵, **l'identification des émissions indirectes significatives** a été effectuée en fonction de leur contribution par rapport aux émissions globales du projet. Toujours pour répondre aux exigences, l'étude prend en compte un **seuil d'ampleur de 80% minimum** afin de ne pas négliger d'importantes sources d'émissions. Un seuil d'ampleur de 80% est équivalent à ne pas négliger plus de 20% des émissions indirectes.

Lorsque des émissions indirectes sont amenées à être négligées, celles-ci sont alors catégorisées selon leur poste d'émissions auquel sont appliqués des critères de significativité. Les différents critères utilisés dans leur ordre d'importance sont les suivants :

- **Le critère d'ampleur** : pourcentage d'émissions estimé sur le poste par rapport à des études déjà réalisées :

⁵ [Guide méthodologique à l'élaboration d'un BEGES](#)

- **La contribution** du poste vis-à-vis des émissions globales du projet ;
- **L'importance stratégique** du poste. La vulnérabilité et les opportunités des émissions contribuant à l'exposition du projet aux risques économique ;
- **Les leviers d'actions** : capacité du projet et du maître d'ouvrage à réduire ou supprimer les émissions de certains de ces postes ;
- **L'externalisation** ou non de certains de ces postes rendant difficile les leviers d'actions.

Les émissions significatives sont déterminées grâce à l'analyse de **plusieurs études carbone sectorielles** réalisées sur des projets d'aménagement similaires à celui du Chemin du Treiz. Grâce à ces études il est possible d'avoir une estimation, en matière d'émissions de GES, des différents postes d'émissions. Avec les pourcentages d'émissions en fonction des postes d'émissions, il est donc possible de définir des critères d'ampleur.

Les critères d'ampleur permettent ainsi d'estimer les émissions pour chacun des postes d'émissions et ainsi de pouvoir en négliger certains dans le respect d'un seuil d'ampleur de 80% du total des émissions de GES minimum.

Dans le cas du projet d'aménagement du futur Chemin du Treiz, l'ensemble des sources d'émissions ont été caractérisées afin d'avoir une estimation au plus proche de la réalité.

En effet, Eco-Stratégie tend à systématiquement comptabiliser l'ensemble des émissions dues aux activités de ses clients, et ce dans un souci d'honnêteté intellectuelle et pour obtenir le plus de leviers d'action possible.

Par ailleurs et face à l'urgence, chaque tonne et chaque dixième de degré comptent.

Ainsi, les postes étudiés dans la réalisation du bilan des émissions de gaz à effet de serre sont donc les suivants :

Catégories d'émissions	n°	Postes	Détail des postes étudiés	Critères de prise en compte des postes significatifs					Poste pris en compte dans le bilan ?
				Critère d'ampleur	Contribution	Importance stratégique	Engagement du personnel	Sous-traitance	
EMISSIONS INDIRECTES ASSOCIES AU TRANSPORT	3.1	Transport de marchandises amont	Transport de biens matériels réceptionnés	7%	Faible	Moyen	Moyen	Moyen	Oui
	3.2	Transport des marchandises aval	Transport des déchets suite au démantèlement de l'infrastructure	3%	Faible	Moyen	Moyen	Moyen	Oui
EMISSIONS INDIRECTES ASSOCIES AUX PRODUITS ACHETES	4.1	Achats de biens	Quantité de biens achetés permettant le fonctionnement du projet (panneaux, structures, équipements électriques, etc.)	40%	Important	Important	Moyen	Important	Oui
	4.2	Immobilisation des biens	Fabrication des biens immobilisées pour le projet (machines de chantier)	5%	Moyen	Important	Faible	Faible	Oui
	4.3	Gestion des déchets	Les déchets générés par le projet	10%	Moyen	Important	Faible	Faible	Oui
	4.5	Achats de services	Quantité de services achetés permettant le fonctionnement du projet (frais d'assurances, de surveillance, nettoyage, bancaires, etc.).	15,0%	Important	Important	Faible	Faible	Oui

Tableau 1 : Postes étudiés dans le BEGES.

Source : Eco-Stratégie

L'Annexe 1 : Caractérisation des émissions significatives", présente le tableau détaillé des différents postes d'émissions qui sont considérés.

II.5. Collecte des données et quantification

Une fois les données à collecter bien identifiées par la réflexion sur les périmètres organisationnel, opérationnel et temporel, il est maintenant possible d'initier la démarche de **collecte et de quantification**.

Pour la collecte, de nombreux outils ont été utilisés, permettant de recueillir différents types de données, tels que des **données quantitatives et comptables**, des **analyses statistiques**, etc.

Pour la quantification, les BEGES sont établis sur des tableurs **Bilan Carbone® V 8.10**, dernière version à jour lors de la rédaction de ce présent rapport. L'utilisation des tableurs permettra de déterminer les émissions directes et celles indirectes en plus d'avoir la répartition par postes.

Lors de la collecte des données, une priorité a été donnée à l'exploitation des données existantes. Cette approche permet de maximiser l'utilisation des informations déjà disponibles. Parallèlement, des ressources telles que des guides sectoriels ou des bases de données officielles ont été consultés et utilisés afin de répondre à de potentiels points bloquants.

II.6. L'incertitude des résultats

Le calcul des émissions de carbone d'un projet ou d'une entité comporte naturellement des **incertitudes**, que celles-ci soient liées aux données utilisées ou aux facteurs d'émission appliqués. Il est essentiel de prendre en compte ces incertitudes lors de l'évaluation des émissions.

L'incertitude des **données d'activités** dépend de leur fiabilité. Les données provenant de factures ont généralement une incertitude moindre par rapport à celles basées sur des hypothèses ou des sondages.

Étant donné que le projet est actuellement à un **stade d'avant-projet (AVP)**, toutes les données nécessaires à l'établissement d'un taux d'incertitude minimal ne sont pas encore disponibles, ni même connues. Par conséquent, afin d'éviter de surestimer ou de sous-estimer le projet, **plusieurs hypothèses ont été émises concernant les données d'activités**.

Les **facteurs d'émission** utilisés dans le calcul des bilans des émissions de gaz à effet de serre ont également leur part d'incertitude inhérente liée à leur mode de calcul. La plupart de ces facteurs d'émission sont tirés de **la Base Empreinte® de l'ADEME**. Malgré les efforts déployés pour minimiser ces incertitudes, il est important de reconnaître qu'elles existent.

Toutes ces incertitudes contribuent inévitablement à une **variation de l'incertitude finale du projet**. Par conséquent, dès lors qu'une estimation d'émissions de GES est proposée, elle est accompagnée de son niveau d'incertitude.

Au regard des éléments susmentionnés, il est primordial de garder à l'esprit que les résultats présentés dans le rapport sont des estimations et qu'elles ne doivent pas être considérées avec une précision absolue au kilogramme de CO₂ équivalent près.

Il est essentiel de garder à l'esprit que malgré les incertitudes inhérentes à l'évaluation des émissions, le rapport fournit des estimations basées sur les meilleures données disponibles.

Pour information, la méthodologie de calcul des incertitudes s'appuie sur les recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques. Un extrait de ces recommandations est présenté en Annexe 2.

III. LE BILAN DES EMISSIONS – PREMIER SCENARIO

III.1. Emissions du projet

Les résultats des émissions de GES du projet d'aménagement du Chemin du Treiz sur la commune de Douarnenez émettrait approximativement :

939 tCO₂e avec une incertitude de **19 %**.

Ces émissions sont équivalentes :

- Aux émissions annuelles d'environ **94 français** (moyenne nationale : 9,9 tCO₂e/habitant/an)
- A **531** allers-retours Paris/New-York en avion (trainées comprises).
- A **4315 257 km** en voiture (moteur thermique)
- A la fabrication de **10 938 smartphones**

Le graphique ci-dessous présente les résultats selon les postes d'émission réglementairement prévus :

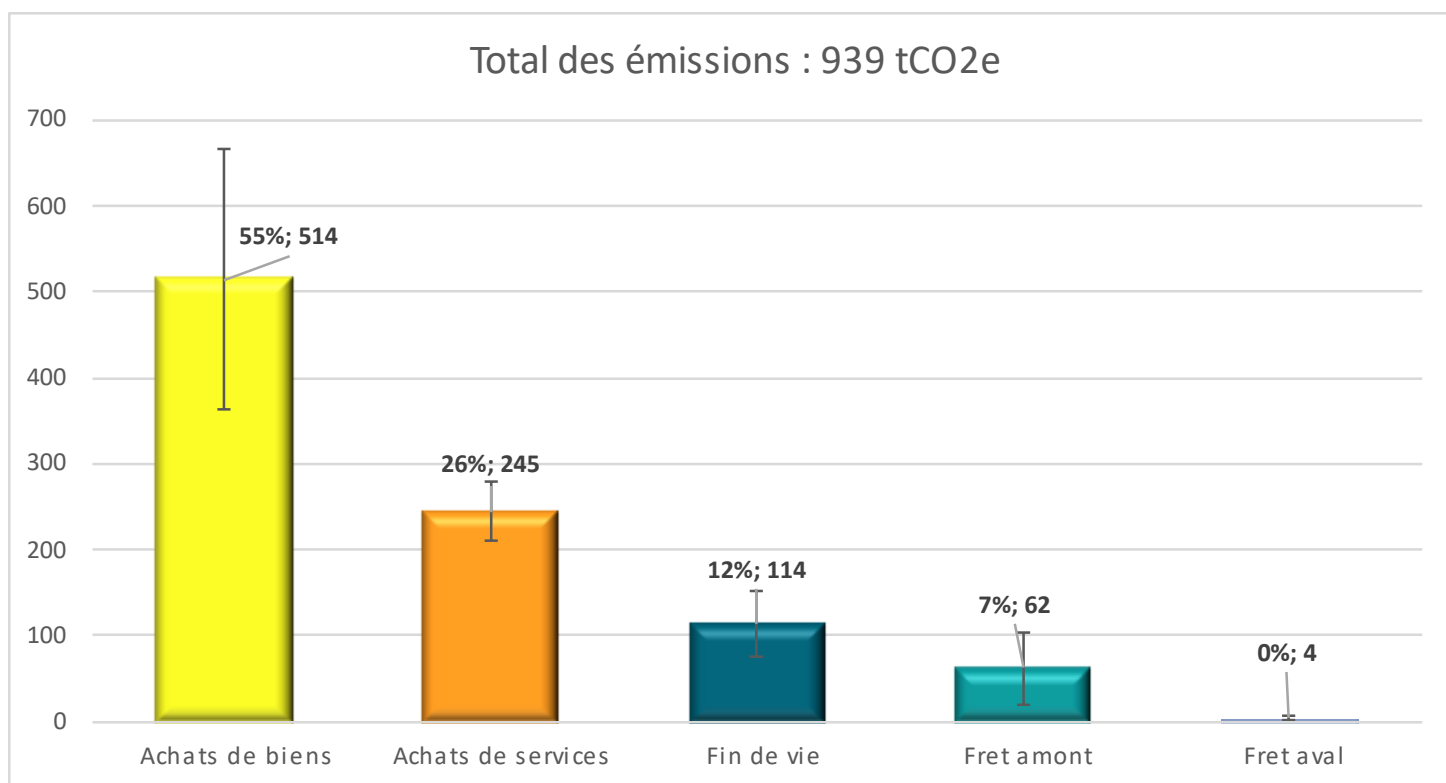


Figure 8 : Répartition des émissions du projet d'aménagement du Chemin du Treiz par postes d'émission

Source : Eco-Stratégie

Pour rappel, l'incertitude de ces données dépend de la fiabilité de la donnée collectée mais aussi issue des facteurs d'émission qui possèdent une **incertitude inhérente** à leur méthode de calcul.

III.2. Présentation des résultats par tronçon

Voici une présentation alternative de la répartition des émissions qui peuvent donc être considérées de la manière suivante :

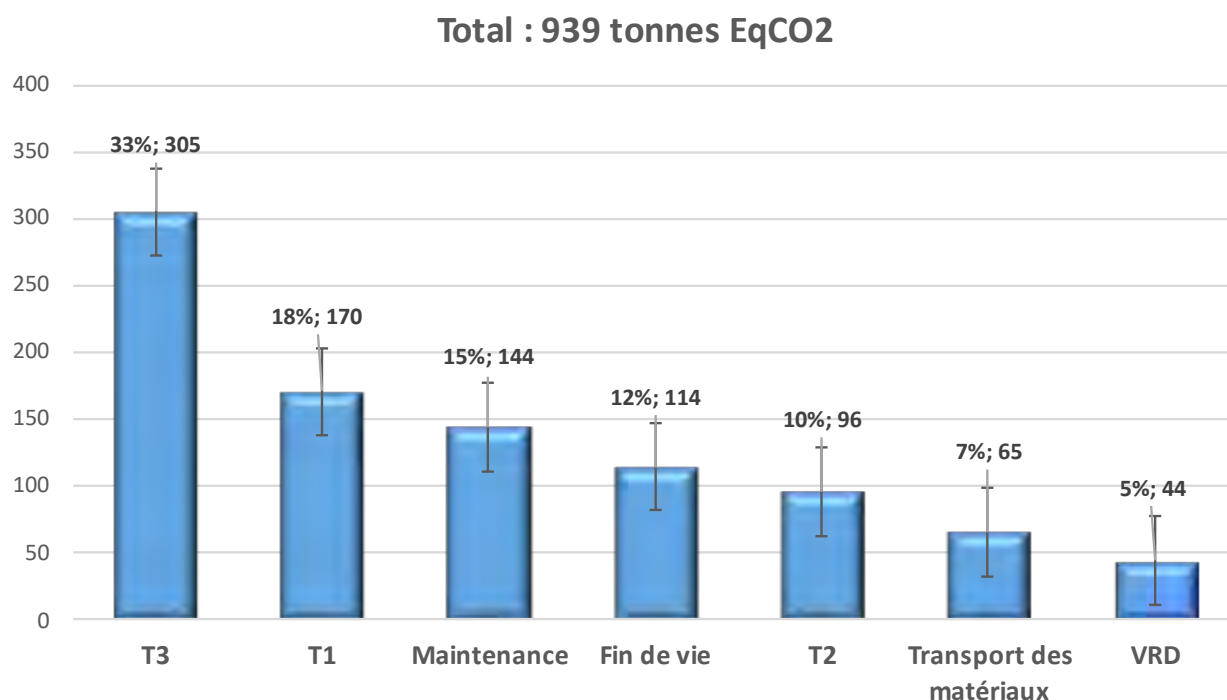


Figure 9 : Présentation des résultats par tronçon et postes communs auxdits tronçons

Plusieurs points à noter :

- La **maintenance** (peinture anti-corrosive appliquée tous les 20 ans, pour un montant de 15000€) est un poste d'émission conséquent du projet d'aménagement du Chemin du Treiz. En effet, il n'existe pas à l'heure actuelle de facteur d'émission propre à la peinture de manière générale, et encore moins pour un produit aussi spécifique que la peinture anticorrosion sur acier tel la peinture c4znv.

De fait, il nous a fallu utiliser un ratio monétaire intitulé « produits chimiques ». Les ratios monétaires donnent un ordre de grandeur propre aux produits qu'ils traitent. Pour autant, ceux-ci ont tendance à surestimer l'impact réel d'un produit.

Ce choix méthodologique voulu et assumé par l'ADEME a pour objectif d'inciter les entreprises et porteurs de projets à entreprendre des études de marché pour choisir des produits aux propriétés similaires mais dont le bilan carbone et/ou l'analyse de cycle de vie (ACV) ont été réalisés et ce afin de réduire leur propre bilan carbone.

- Il apparaît que les **tronçons 1 et 3** sont davantage émissifs que le **tronçon 2**. Cela s'explique notamment par de **plus grandes quantités d'acier** sur ces deux tronçons du fait de la **charpente métallique**. En effet, l'acier est un matériau particulièrement carboné.
- Les émissions liées à la **consommation des engins de chantier** ont été estimées et réparties par tronçon en fonction du montant des travaux prévu pour chaque tronçon.

III.3. Poste n°1 : achats de biens

Les achats de biens et matériaux constituent, sans grande surprise, le principal poste d'émissions dues au projet étudié. Ces émissions s'élèvent à **514 tCO₂e** avec un **taux d'incertitude de 32 %**.

Voici, par ordre décroissant, les achats les plus carbonés :

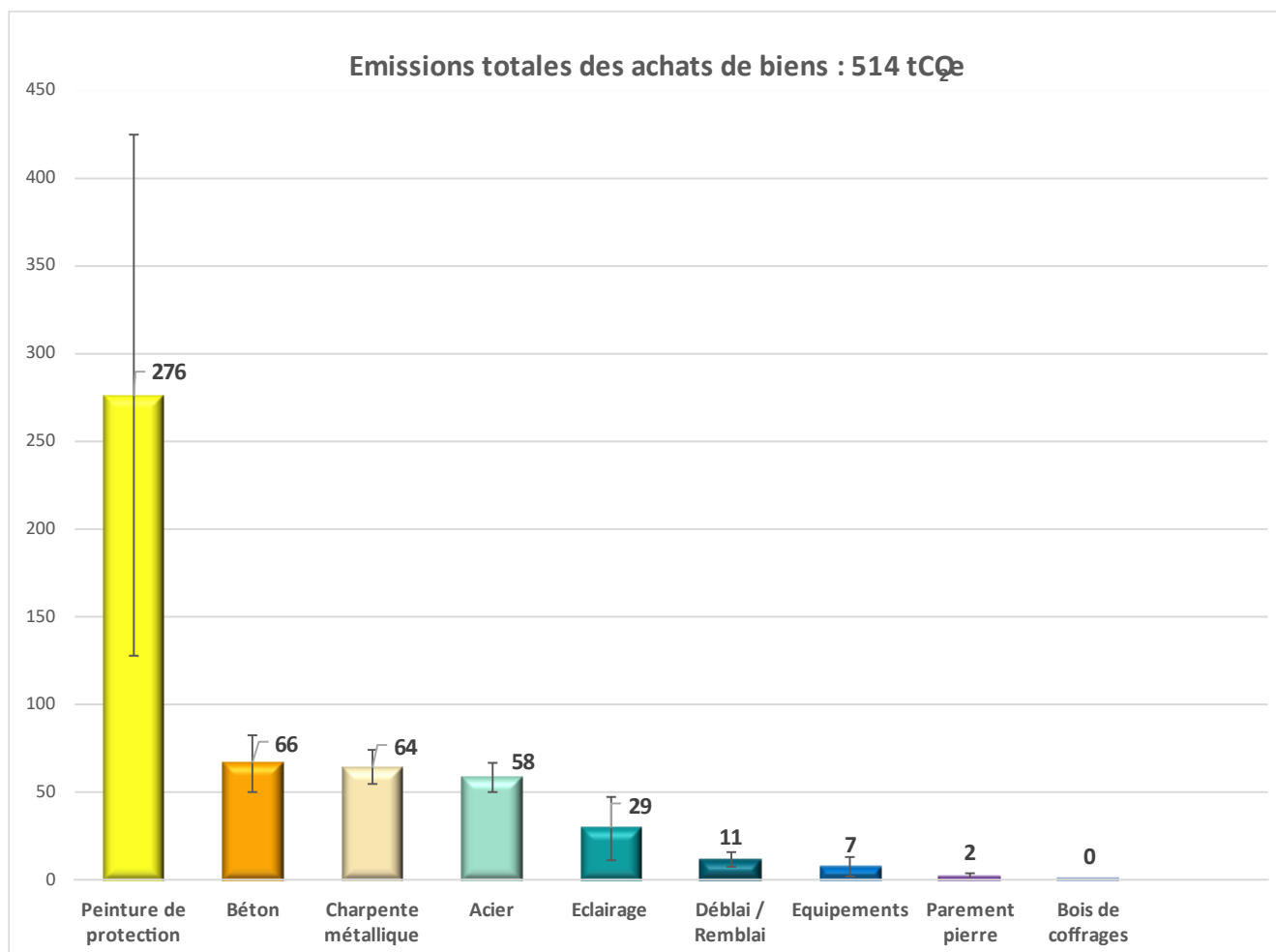


Figure 10 : Répartition des émissions du poste "Achats de biens" par nature d'achat

La **peinture de protection** est l'achat émettant le plus de CO₂e à l'achat. Cela s'explique par le fait que les émissions ont été calculées au travers d'un ratio monétaire. En effet, cet achat représente un budget de **15 000€** que nous avons catégorisé en « **Produit chimique** ».

Ce poste est plus conséquent ici que sur le graphique précédent où la peinture est intitulée « maintenance » car ici, la première couche suite à la construction de l'infrastructure est comptabilisée alors qu'elle ne l'est pas dans le poste « maintenance ».

Du fait du caractère très spécifique de cette peinture de protection, il ne nous est malheureusement pas possible d'être plus précis à l'heure actuelle. La seule solution consiste à contacter le futur fournisseur de la **peinture c4znv** et le questionner sur le bilan carbone de son produit.

Face à des ordres de grandeur trop différents entre la peinture et les autres achats de biens, voici une autre visualisation présentant les achats de biens sans la peinture de protection :

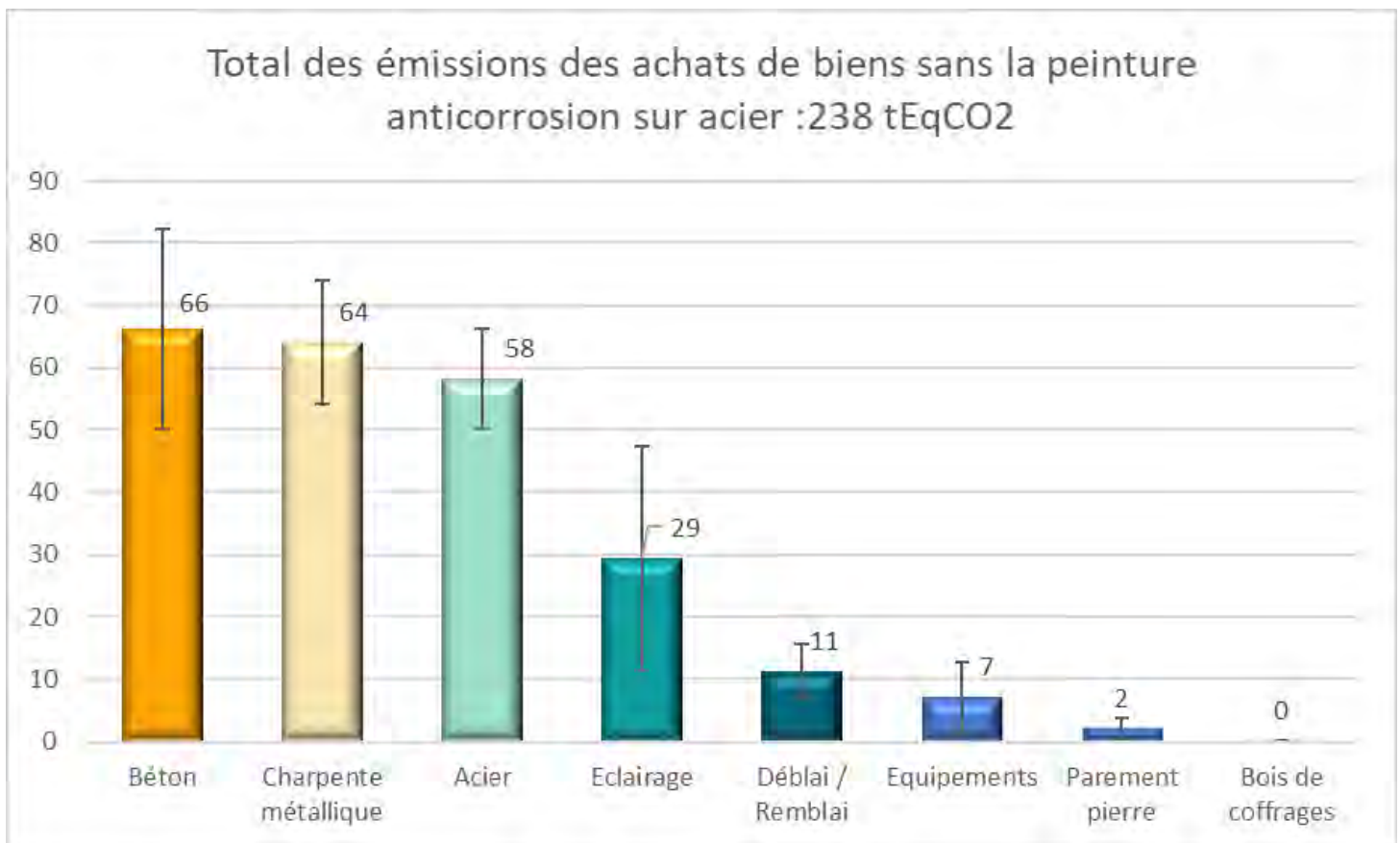


Figure 11 : Achats de biens sans la peinture de protection

Par ailleurs, nous avons distingué l'acier constituant la charpente métallique, et l'acier qui servira d'armatures pour le béton armé, de revêtement pour le tablier principal, de garde-corps etc. La somme de l'ensemble de l'acier acheté émettra **122 tCO₂e**.

Le poste « **Eclairage** » regroupe les projecteurs, convertisseurs, connecteurs et le câblage.

III.4. Poste n°2 : achats de services

Les achats de services constituent le deuxième poste d'émissions le plus important. Les achats de services représentent **245 tCO₂e**. Une **incertitude de 20 %** est attachée aux résultats obtenus.

Voici de quelle manière se compose ce poste :

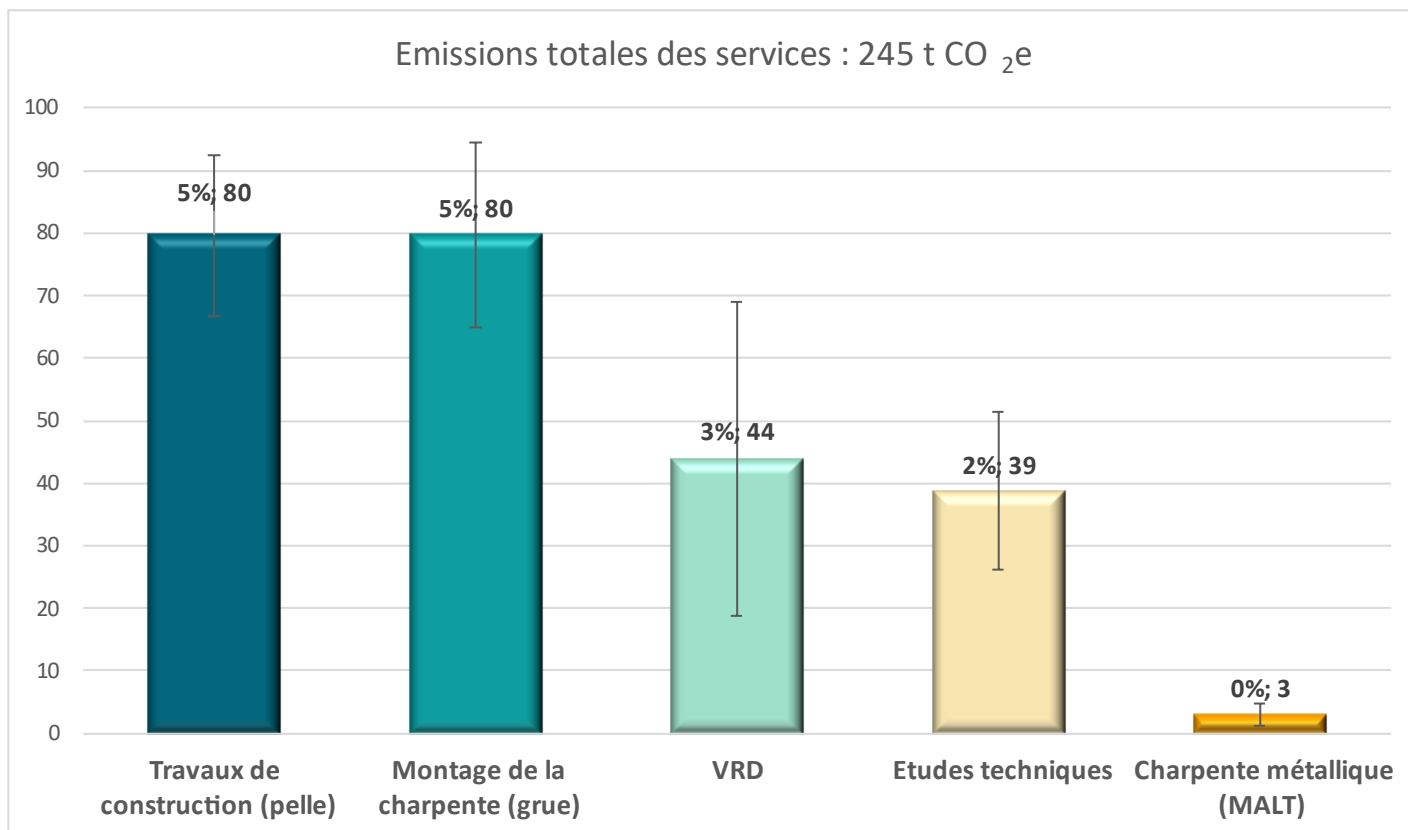


Figure 12 : Présentation de l'origine des émissions constitutives du poste "Achats de services"

Remarque : Les postes « montage de la charpente » et « travaux de construction » ont été considérés de la même manière. Hypothèse retenue pour la pelle et la grue :

- **5h d'utilisation/jour**
- **126 jours ouvrés retenus pour chaque engin**
- **Total de 630h d'utilisation**
- **Consommation moyenne de 20L/h de Gazole Non Routier (GNR)**

Afin de coller au plus près de la réalité des émissions du projet, Eco-Stratégie préconise un suivi scrupuleux de la consommation de chaque engin de chantier au cours des travaux. Un bilan carbone réalisé à posteriori de la phase de construction permettra de connaître les émissions réelles et non plus les émissions hypothétiques.

Le poste « **Travaux de construction** » regroupe notamment les installations générales de chantier, les terrassements, blindages et soutènements.

Le poste « **Charpente métallique (MALT)** » renvoie aux prestations de mise à la terre des éléments métalliques.

III.5. Poste n°3 : fin de vie des matériaux

Le troisième poste d'émissions, en corrélation avec les quantités importantes de matériaux achetés, résulte de la fin de vie desdits matériaux. En effet, le traitement de ces déchets, que ce soit par le recyclage, l'enfouissement, le réemploi etc., nécessite une consommation d'énergie qui tend à émettre des gaz à effet de serre.

Le traitement des futurs déchets liés au démantèlement du futur chemin du Treiz émettra **114 tCO₂e** avec un **taux d'incertitude de 33 %**.

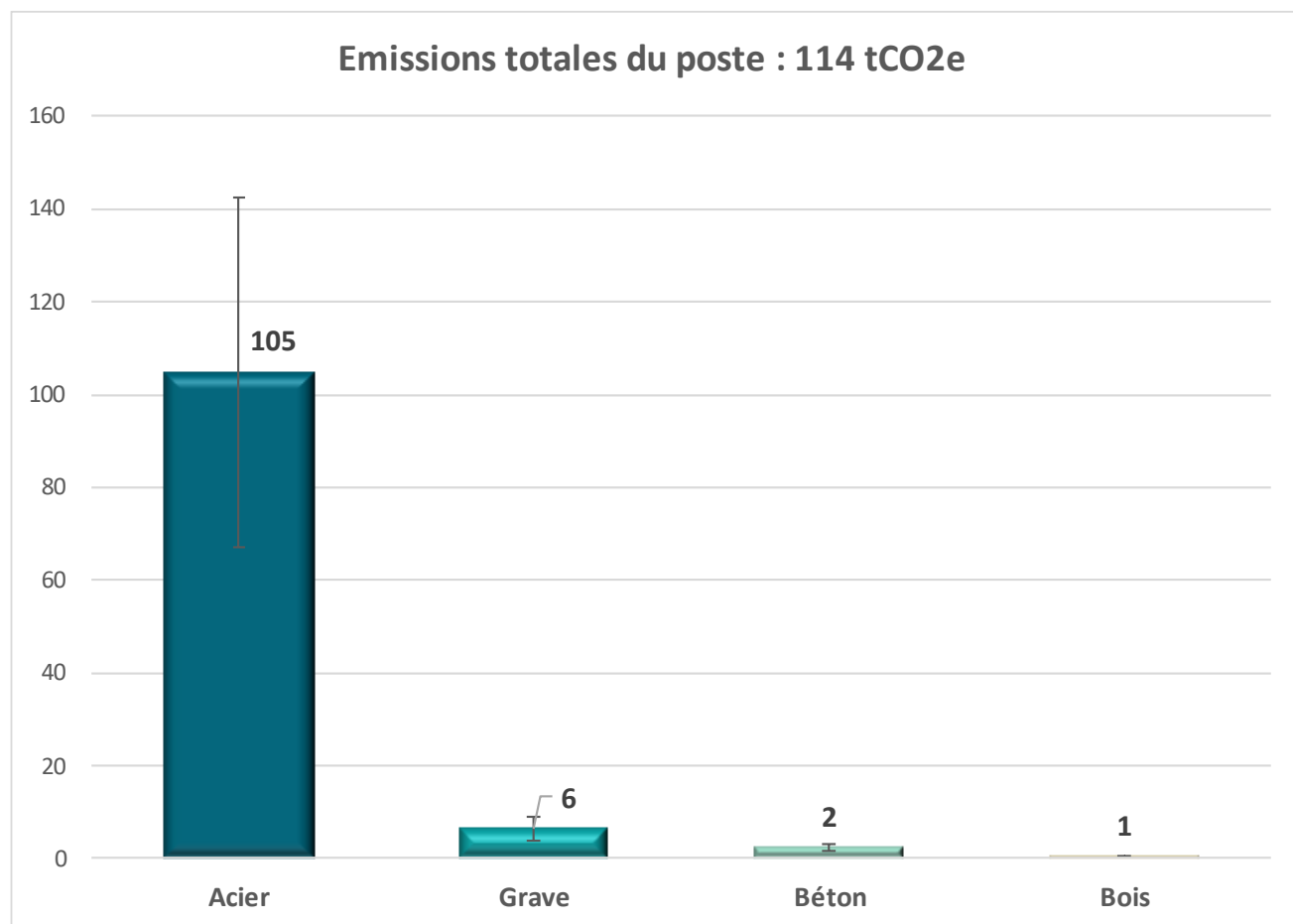


Figure 13 : Emissions dues au traitement des futurs déchets

Conformément aux informations transmises, seule a été considérée la fin de vie des matériaux issus du démantèlement des tronçons 1 et 3. En effet, il est prévu que le tronçon 2 ne soit jamais démoli.

L'acier est le matériau qui émettra le plus de GES lors de sa fin de vie. En effet, pour le recycler, d'immenses quantités d'énergies sont nécessaires pour le faire fondre de nouveau. Cette grande consommation d'énergie émettra de facto de grandes quantités de CO₂e.

Le poste « **grave** » regroupe les émissions liées à la fin de vie du remblai. Tout comme pour le béton, les machines qui broieront le remblai consomment moins d'énergie que les fours nécessaires à la refonte de l'acier. Dès lors, la fin de vie de ces futurs déchets émettra moins de GES.

III.6. Poste n°4 : Les émissions liées au fret

Le dernier grand poste d'émissions concerne le fret. Celui-ci émettrait **66 tCO₂e** avec un **taux d'incertitude de 64 %**.

Ce taux d'incertitude élevé découle notamment :

- Des **masses transportées** qui découlent en partie d'hypothèses ;
- Des **distances retenues** et qui ont été volontairement estimées à la hausse afin de permettre au porteur de projet de réduire les émissions liées à ce poste en choisissant des fournisseurs les plus proches possibles d'une part ; et une déchetterie également le plus proche possible d'autre part.

Pour le **fret amont**, une distance moyenne de **250km** a été retenue entre les fournisseurs et l'emplacement du futur chantier.

Pour le **fret aval**, une distance de **50km** entre le chantier de déconstruction et la déchetterie a été retenue.

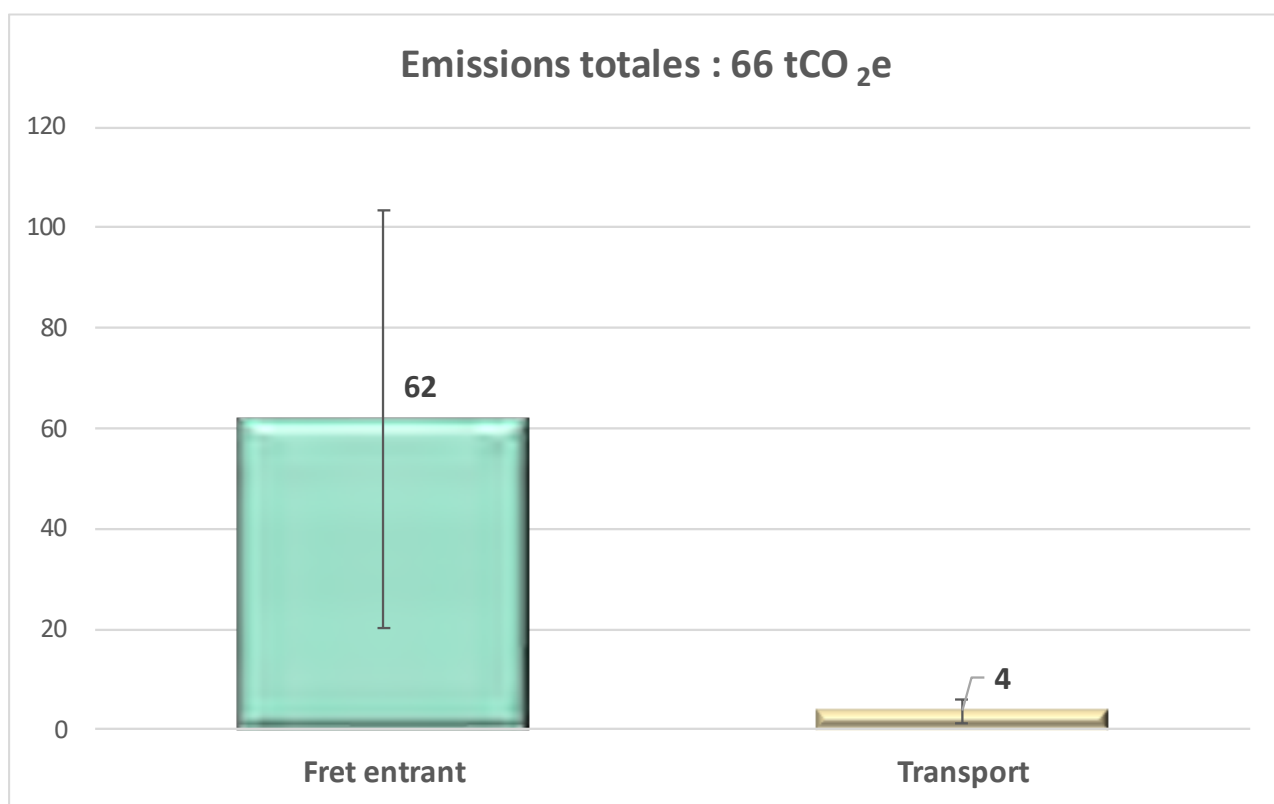


Figure 14 : Emissions dues au fret amont et au fret aval

IV. SECOND SCENARIO SUITE AU RETOUR DE L'ABF

IV.1. Présentation globale

Suite au retour des Architectes des Bâtiments de France, le revêtement du tablier principal des tronçons 1 et 3 devra être en bois et non plus en caillebotis comme initialement prévu.

De fait, une quantité moindre d'acier sera nécessaire à la réalisation de l'ouvrage ce qui entraîne nécessairement une réduction des émissions de GES liées à la fabrication et à la fin de vie du Chemin du Treiz.

S'ajoutent néanmoins les émissions liées à la production et l'importation du bois, quand bien même celles-ci étant négligeables dû au caractère éco-responsable et renouvelable du bois.

Les résultats des émissions de GES du second scénario du projet d'aménagement du Chemin du Treiz sur la commune de Douarnenez émettrait approximativement :

879 tCO₂e avec une incertitude de **19 %**.

Le graphique ci-dessous présente les résultats selon les postes d'émission réglementairement prévus :

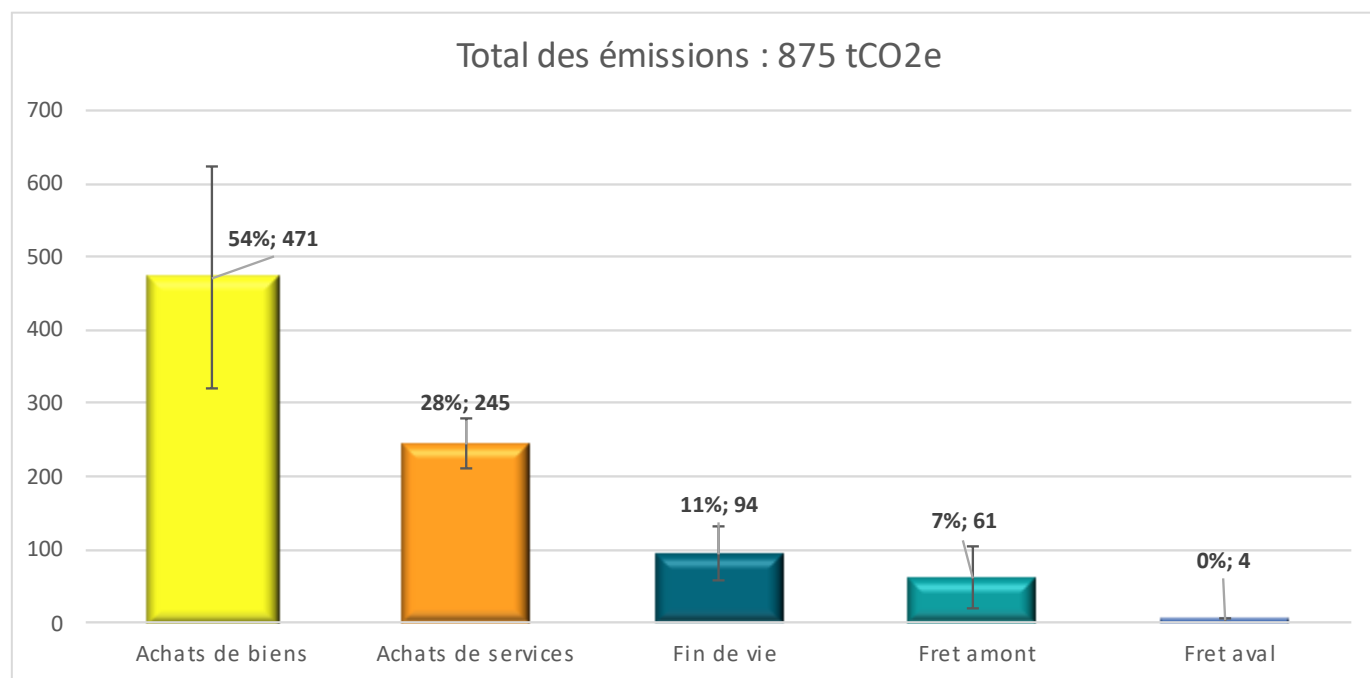


Figure 15 : Répartition des émissions du projet d'aménagement du Chemin du Treiz par postes d'émission

Seules les émissions des achats de biens ainsi que la fin de vie des matériaux sont logiquement impactées. En effet, le passage de l'acier au bois a permis une réduction de **43 tCO₂e** des émissions de CO₂ liées aux achats de biens.

Cela représente une **diminution relative de 8 %** des émissions de CO₂ dans cette catégorie.

A titre indicatif, la réduction de 43 tCO₂e des émissions de CO₂ équivaut à :

- **Retrait de 20 voitures de la circulation pendant un an.**
- **Chauffage de 10 maisons pendant un an.**
- **Plantation de 1 700 arbres.**

IV.2. Présentation par tronçon et phase de vie du projet

Voici une présentation alternative de la répartition des émissions qui peuvent donc être considérées de la manière suivante :

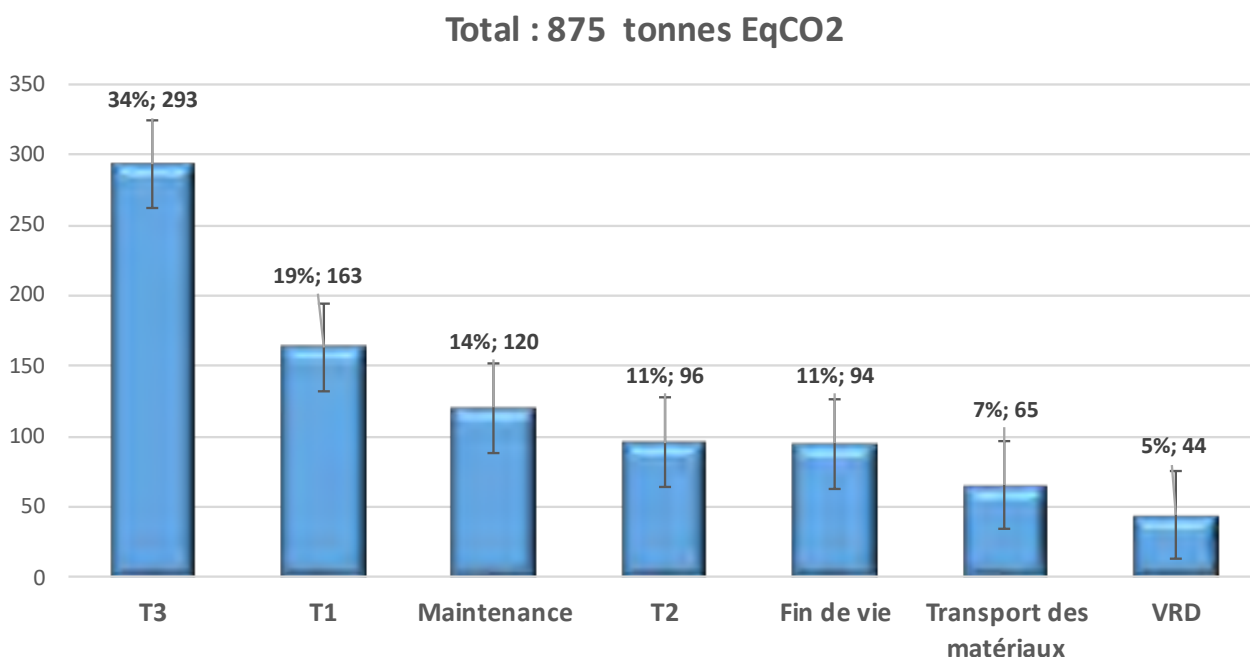


Figure 16 : Présentation des résultats par tronçon et postes communs auxdits tronçons

Les **émissions induites aux tronçons 1 et 3** sont nécessairement moins conséquentes que dans le premier scénario puisque dans le présent scénario, le revêtement du tablier de ces deux tronçons n'est plus constitué de caillebotis en acier comme initialement prévu mais de bois.

De fait, les **émissions liées à la fin de vie** de l'ensemble des matériaux sont également réduites puisqu'il y a moins d'acier à traiter.

Comme dans le précédent scénario, les émissions liées à la **consommation des engins de chantier** ont été estimées et réparties par tronçon en fonction du montant des travaux prévu pour chaque tronçon.

IV.3. Poste d'émissions n°1 : Les achats de biens

Dans ce second scénario, les **achats de biens et matériaux** restent, sans grande surprise, le principal poste d'émissions dues au projet étudié. Ces émissions s'élèvent à **471 tCO₂e** avec un taux d'incertitude de 47%.

Voici, par ordre décroissant, les achats les plus carbonés :

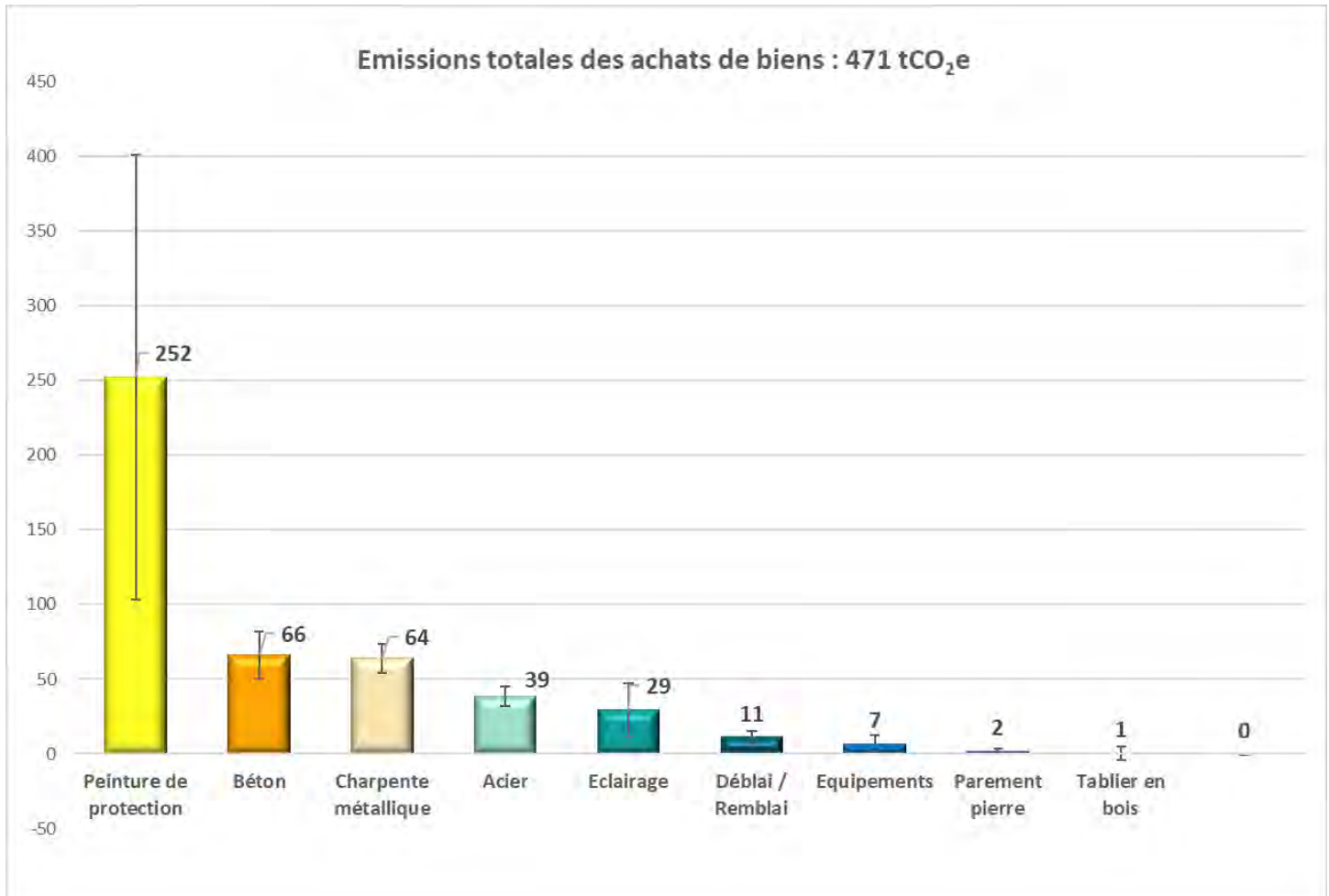


Figure 17 : Répartition des émissions du poste "Achats de biens" par nature d'achat

Comme dans le scénario précédent, la peinture de protection reste le poste le plus émissif pour les mêmes raisons que précédemment développées.

Notons ici que les émissions liées à la consommation d'acier, hors charpente métallique a diminué de 19 tCO₂e et qu'environ une tonne due à la gestion de la forêt dont proviendra le bois a été ajoutée.

IV.4. Poste d'émissions n°2 : Les achats de services

Ce poste d'émissions ne change pas quel que soit le matériau utilisé pour le revêtement du tablier des tronçons 1 et 3.

Les achats de services constituent le deuxième poste d'émissions le plus important. Les achats de services représentent **245 tCO₂e**. Une **incertitude de 20 %** est attachée aux résultats obtenus.

Voici de quelle manière se compose ce poste :

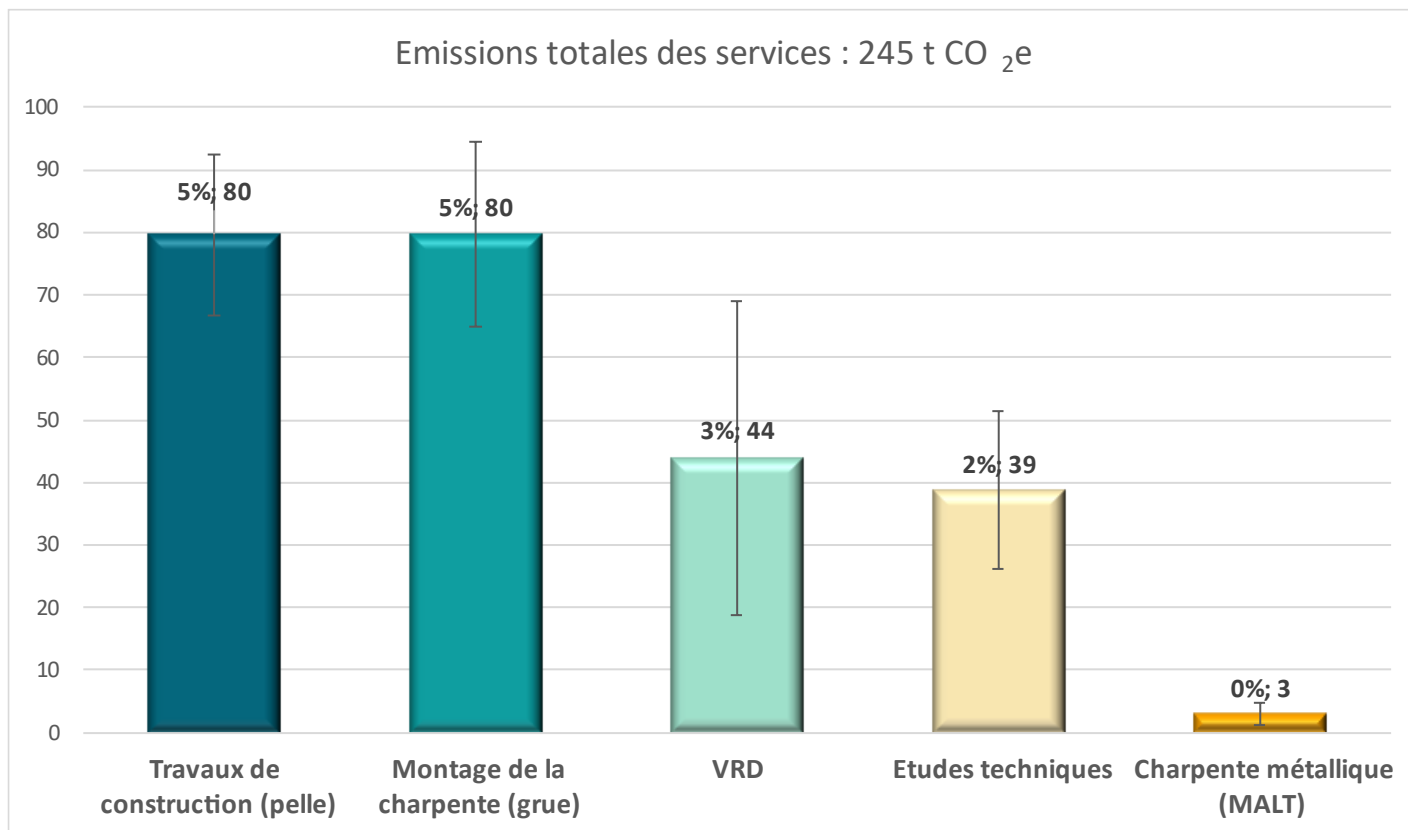


Figure 18 : Présentation de l'origine des émissions constitutives du poste "Achats de services"

Remarque : Les postes « montage de la charpente » et « travaux de construction » ont été considérés de la même manière. Hypothèse retenue pour la pelle et la grue :

- **5h d'utilisation/jour**
- **126 jours ouvrés retenus pour chaque engin**
- **Total de 630h d'utilisation**
- **Consommation moyenne de 20L/h de Gazole Non Routier (GNR)**

Afin de coller au plus près de la réalité des émissions du projet, Eco-Stratégie préconise un suivi scrupuleux de la consommation de chaque engin de chantier au cours des travaux. Un bilan carbone réalisé à posteriori de la phase de construction permettra de connaître les émissions réelles et non plus les émissions hypothétiques.

Le poste « **Travaux de construction** » regroupe notamment les installations générales de chantier, les terrassements, blindages et soutènements.

Le poste « **Charpente métallique (MALT)** » renvoie aux prestations de mise à la terre des éléments métalliques.

IV.5. Poste n°3 : Fin de vie des matériaux

A contrario du précédent poste, et parce que les achats sont légèrement différents dans cette variante, la fin de vie des matériaux s'en voit également nécessairement modifiée.

Le traitement des futurs déchets liés au démantèlement du futur chemin du Treiz émettra **94 tCO₂e** avec un **taux d'incertitude de 33 %**.

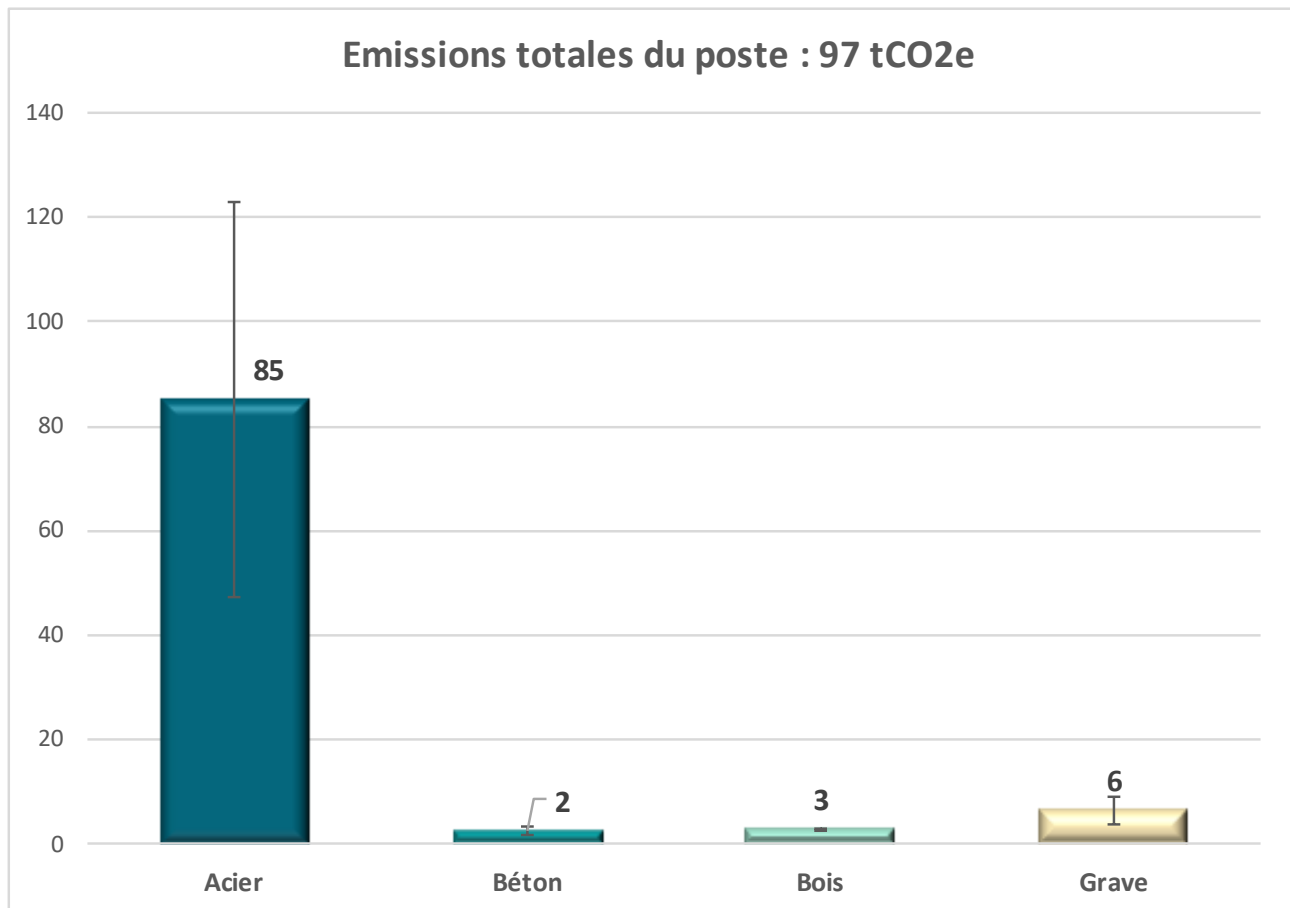


Figure 19 : Emissions dues au traitement des futurs déchets suite au démantèlement de l'ouvrage

Notons ici que de manière tout à fait logique, le traitement de l'acier sera moins émetteur que dans le premier scénario puisqu'il y aura **moins de matière à traiter**.

Par ailleurs, notons que les émissions liées à **la fin de vie du bois** ont augmenté de 2 tCO₂e puisqu'il y a davantage de bois à traiter que lors du premier scénario.

IV.6. Poste d'émissions n°5 : Le fret

Malgré une très légère variation des masses transportées jusqu'au chantier, les émissions liées au fret varient trop peu pour que ce soit significatif et visible sur un graphique.

Le dernier grand poste d'émissions concerne le fret. Celui-ci émettrait **66 tCO₂e** avec un **taux d'incertitude de 64 %**.

Ce taux d'incertitude élevé découle notamment :

- Des **masses transportées** qui découlent en partie d'hypothèses ;
- Des **distances retenues** et qui ont été volontairement estimées à la hausse afin de permettre au porteur de projet de réduire les émissions liées à ce poste en choisissant des fournisseurs les plus proches possibles d'une part ; et une déchetterie également le plus proche possible d'autre part.

Pour le **fret amont**, une distance moyenne de **250km** a été retenue entre les fournisseurs et l'emplacement du futur chantier.

Pour le **fret aval**, une distance de **50km** entre le chantier de déconstruction et la déchetterie a été retenue.

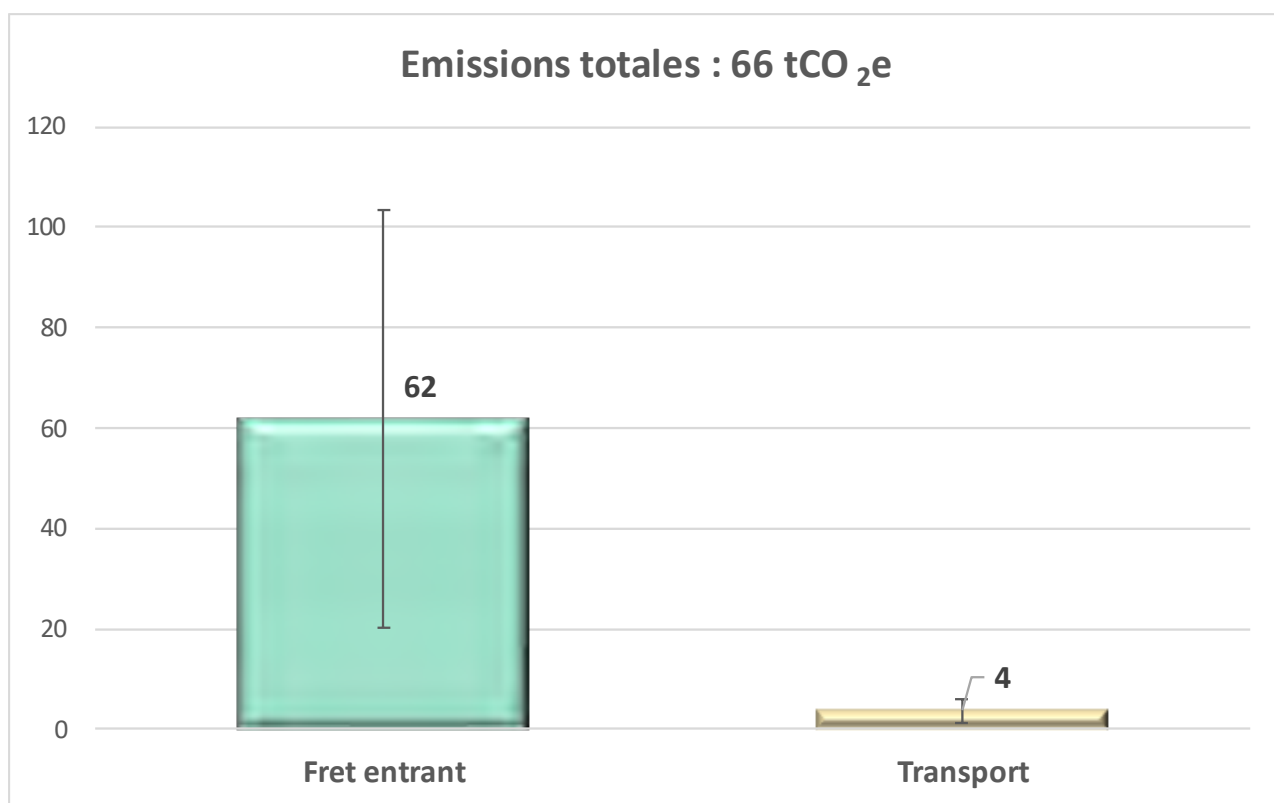


Figure 20 : Emissions dues au fret amont et au fret aval

V. INDICATEURS ET EMISSIONS EVITEES

V.1. Comparaison avec d'autres ouvrages d'art

Une étude intitulée « *Analyse de Cycle de Vie d'un pont en béton* » disponible sur le site internet infociments.fr ([Source](#)) nous donne de précieuses informations tendant à nous permettre de nous positionner quant à l'impact raisonnable du projet d'aménagement du Chemin du Treiz.

En effet, le tableau ci-dessous nous indique que le pont en béton étudié a émis **677 tCO₂e** pour une surface utile de **443 m²** ; ce qui revient à dire que le projet a émis **1530 kgCO₂e / m²** de surface utile du pont.

Ratios clefs

Le tableau ci-dessous donne la valeur de chaque impact en fonction de deux paramètres courants en matière d'ouvrage d'art

- Le m² de surface utile du tablier
- Le m² de surface totale du tablier

Impact environnemental	Unités	Valeurs	m ² de surface utile du tablier	m ² de surface totale du tablier
Consommation de ressources énergétiques	Mj	6 541 000	14 770	13 210
Épuisement des ressources	kg équivalent antimoine	4 380	9,89	8,85
Consommation d'eau	Litre	3 232 800	7 300	6 530
Déchets solides	kg	51 740	116	104
Changement climatique	kg équivalent CO ₂	677 000	1 530	1 370
Acidification atmosphérique	kg équivalent SO ₂	2 300	5,19	4,65
Pollution de l'air	m ³	64 127 000	144 760	129 550
Pollution de l'eau	m ³	587 300	1 330	1 190
Formation d'ozone photochimique	kg équivalent éthylène	204	0,46	0,41

Nota : surface utile du tablier : 443 m² ; surface totale du tablier : 495 m²

Figure 21 : ACV d'un pont en béton, d'après infociments.fr



Les chiffres présentés dans l'ACV précédemment citée correspondent à une autre étude disponible dans la documentation du **Net Zero Bridges Group**.

Cette association regroupe des ingénieurs et architectes soucieux de décarboner l'industrie du BTP, et plus particulièrement les ouvrages d'art tel les ponts.

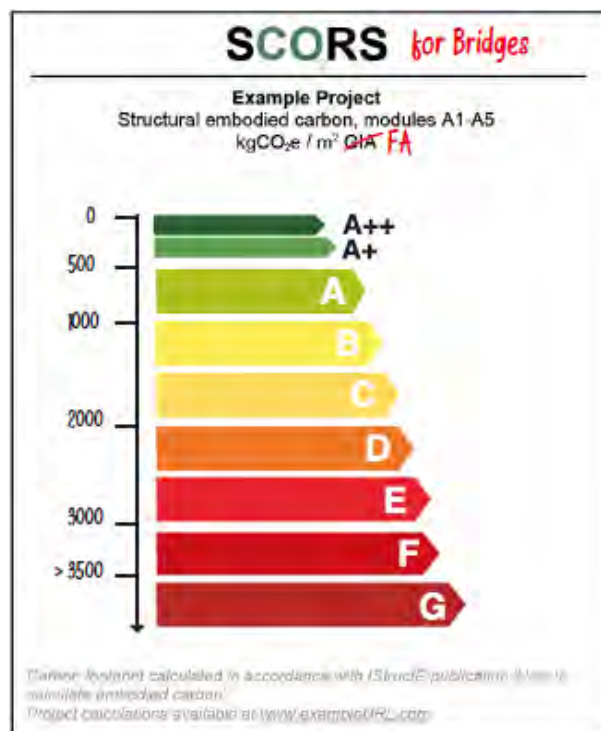
L'étude qui nous intéresse s'intitule « *Carbon targets for bridges : a proposed SCORS-style rating scheme* » (disponible [ici](#)). Il y est mentionné que les ponts en intégralement en **béton** ont un bilan carbone s'établissant en moyenne à **1590 kgCO₂e / m²**. Ce bilan au m² peut même grimper à **2570 kgCO₂e / m²** pour les ponts composés **d'acier et de béton**.

La première donnée fournie semble cohérente avec l'ACV d'un pont en béton réalisée par infociments.fr puisqu'elle ne diffère que de 60 kgCO₂e/m². Cette proximité dans les estimations

tend à nous confirmer que les ordres de grandeur sont cohérents d'une étude à l'autre et nous incite à considérer la **pertinence des indicateurs**.

La suite de l'étude du **Net Zero Bridges Group** établit une échelle de scores pour classer les ouvrages d'art selon le ratio $\text{kgCO}_2\text{e} / \text{m}^2$. Voici cette échelle :

Précisons que la mention rayée GIA signifie « *Gross Internal Area* », c'est-à-dire la « Surface intérieure brute ». Est préférée à cette surface, la *Functional Area* (FA) qui correspond à la **surface utile**. C'est cette même surface utile qui a été considérée pour le ratio kgCO₂e / m² des ponts en béton.



Pour rappel, l'aménagement du Chemin du Treiz émettrait 875 tCO₂e en tenant compte des remarques de l'ABF, et représente une surface utile de 1149 m². Dès lors, l'on peut dire que le projet émettrait 0,76 tCO₂e / m².

De plus, au regard de l'échelle des scores précédemment présentée, il nous est permis de penser que l'aménagement du Chemin du Treiz bénéficierait de la **note A** au regard de ce référentiel et qu'il s'agit donc d'un projet que l'on peut qualifier de « bas carbone ».

V.2. Emissions évitées par l'aménagement

L'un des objectifs annoncés de ce projet d'aménagement est de permettre de relier les deux rives de l'estran dans la continuité de la passerelle Jean Marin et ainsi inciter les douarnenistes à utiliser des modes de transport liés à la **mobilité douce** (marche, vélo, trottinette...).

Prenons un trajet-type, au départ de l'Office du tourisme, pour arriver à l'angle du la Rue du Moulin et du Quai de l'Yser. Ce trajet représente une distance d'environ 2km, soit **4 km aller-retour**.

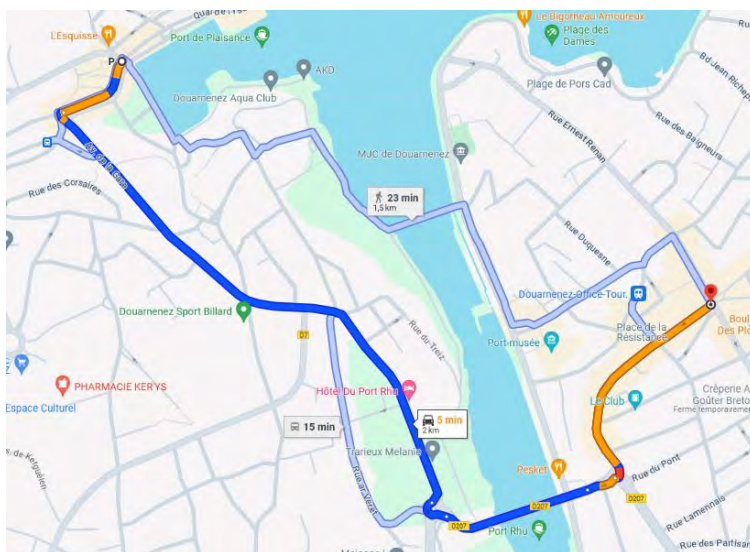


Figure 22 : Trajet-type en voiture retenu et alternative piétonne

V.2.1 Hypothèse haute

Si chaque habitant faisait l'aller-retour une fois dans la journée en étant seul dans son véhicule, les **émissions quotidiennes** liées au transport de personnes seraient de **13 tCO₂e**.

Il s'agit là d'une hypothèse haute et peu réaliste où les **14 163 douarnenistes** (donnée 2021) disposeraient d'une voiture individuelle.

D'après une étude publiée en juin 2019 sur le site statista.com ([source](#)), 54% des français utilisent leur voiture individuelle tous les jours et 20% l'utilisent « *plusieurs fois par semaine* ». Afin d'obtenir une hypothèse haute mais crédible, considérons que 74% des douarnenistes réalisent le trajet-type susmentionné tous les jours.

Le bilan carbone de ces trajets quotidiens serait donc de **9,7 tCO₂e / jour**.

Une hypothèse optimiste voudrait que la **moitié des 74%** de douarnenistes laissent leur voiture au garage et réalisent le trajet-type uniquement à pied, ou en vélo ou tout autre mode de transport bas carbone. Dès lors, les émissions liées aux trajets des automobilistes diminueraient de moitié et chuteraient à **4,8 tCO₂e / jour**.

Ces résultats présentés autrement, nous pouvons en déduire que le futur aménagement du Chemin du Treiz permettra d'éviter **4,9 tCO₂e / jour**.

Le futur aménagement du Chemin du Treiz pourrait donc permettre d'éviter les émissions de **1770 tCO₂e / an**, soit deux fois plus que les émissions actuellement calculées pour l'ensemble du projet (achats de biens, réalisation des travaux, traitement des déchets lors du démantèlement, fret etc.).

A l'échelle de la durée de vie de l'aménagement (100 ans), ce projet permettrait d'éviter 177 000 tCO₂e.

V.2.2 Hypothèse médiane

Sur la base des mêmes calculs, nous retiendrons ici que **10% des 74% des automobilistes** abandonnent leur voiture au profit de modalités de transport plus douces.

Dans pareille hypothèse, les émissions évitées s'élèveraient donc à **0,9 tCO₂e / jour**.

Dans ces circonstances, l'aménagement du Chemin du Treiz permettrait d'éviter **328,5 tCO₂e par an**.

Eu égard à la durée de vie de l'aménagement, les émissions évitées pour les 100 prochaines années pourraient s'élever à 32 850 tCO₂e.

V.2.3 Hypothèse basse

Pour cette hypothèse, nous nous proposons de réduire le nombre d'automobilistes à 10% des douarnenistes.

Ces automobilistes émettent donc **1,3 tCO₂e / jour**.

Si **10%** d'entre eux décidaient d'employer le nouvel aménagement pour traverser l'estran, les émissions évitées grâce au nouveau Chemin du Treiz s'élèveraient à **130 kgCO₂e / jour**.

Ces émissions évitées annuellement cumuleraient à **47,5 tCO₂e**.

A l'échelle de la durée de vie du projet (100 ans), les émissions évitées estimées seraient de 4 750 tCO₂e.

V.2.4 Conclusion sur les émissions évitées

Quelle que soit l'hypothèse retenue, et notamment quel que soit le nombre d'automobilistes, le projet d'aménagement du Chemin du Treiz **permettra sans nul doute d'éviter de nouvelles émissions de manière significative.**

En effet, permettre aux habitants de se déplacer autrement que de manière véhiculée tend inexorablement à réduire l'utilisation de la voiture.

Il convient de garder à l'esprit deux facteurs importants :

- Le projet étant en phase AVP, le bilan actuel est provisoire car il repose sur des hypothèses et estimations, et non sur des données d'activité précises et fiables. Lorsqu'un **bilan exhaustif sera réalisé à posteriori** de la construction de l'ouvrage, les **émissions évitées pourront être calculées de manière tout aussi précise.**
- La durée nécessaire pour que les émissions évitées dépassent les émissions liées à la réalisation du projet dépendra essentiellement du **nombre d'administrés qui préféreront la mobilité douce à l'utilisation de leur véhicule personnel** pour traverser l'estran.

Pour calculer avec précision les émissions évitées grâce à l'aménagement du futur Chemin du Treiz, il est recommandé à la Ville de Douarnenez de procéder à un diagnostic sur la mobilité au sein de son territoire et de comparer l'impact du projet sur les habitudes de déplacement des douarnenistes.

VI. COMPENSATION DU PROJET

VI.1. La neutralité carbone



Le concept de **neutralité carbone** a été mis en évidence par le GIEC et repris par l'Accord de Paris en 2015. Il souligne l'enjeu de baisser le plus vite possible les émissions de gaz à effet de serre et de **neutraliser au niveau mondial** au plus vite (d'ici 2050 au plus tard pour avoir le plus de chances de rester sous +1,5°C de réchauffement global) **les émissions résiduelles**, c'est-à-dire celles qui persistent dans les secteurs où il est impossible de les éviter, par l'absorption par des **puits de carbone** (ou autres méthodes). La **neutralité carbone**, ou le "**zéro émission nette**", implique un **équilibre** entre les **émissions mondiales** et les **absorptions mondiales de CO₂**.

La **neutralité carbone**, objectif à atteindre pour gagner la lutte contre le dérèglement climatique, a fait l'objet de nombreuses études et réflexions.

Ces travaux ont été synthétisés dans le projet **Net Zero Initiative** qui pose les **10 principes** indispensables à appliquer dans nos organisations pour atteindre cet objectif collectif.

Parmi ces 10 principes, les essentiels sont les suivants :

- **Principe n°4** : La **réduction des émissions des entreprises** doit être le **sujet prioritaire** de leur action climat
- **Principe n°8** : Les entreprises doivent **contribuer au maximum à la décarbonation de leur écosystème en générant des émissions évitées**.

En complément de leurs actions de réduction de leurs émissions, les entreprises sont encouragées à contribuer à la décarbonation au-delà de leur périmètre d'empreinte carbone. D'une part en développant leurs gammes de produits et services « bas carbone » (compatibles avec le seuil de 1,5°C) évitant des émissions chez leurs clients et d'autre part en finançant des réductions d'émissions additionnelles en dehors de leur chaîne de valeur.

- **Principe n°3** : Pour structurer leur action climat, les entreprises doivent distinguer trois différents types d'action, qui ne sont pas fongibles : la **réduction**, **l'évitement**, la **séquestration**.

Pour atteindre l'objectif de neutralité carbone, les leviers d'actions reposent donc sur trois piliers : **Réduire** ses propres émissions et celle de sa chaîne de valeur ; Aider les autres à réduire (ou **Eviter**) ; **Retirer** du carbone de l'atmosphère (**compenser** ce qui ne peut être évité). Ces leviers doivent être mesurés, objectivés, pilotés et reportés séparément.

Voici une infographie schématique permettant de visualiser ces trois piliers :

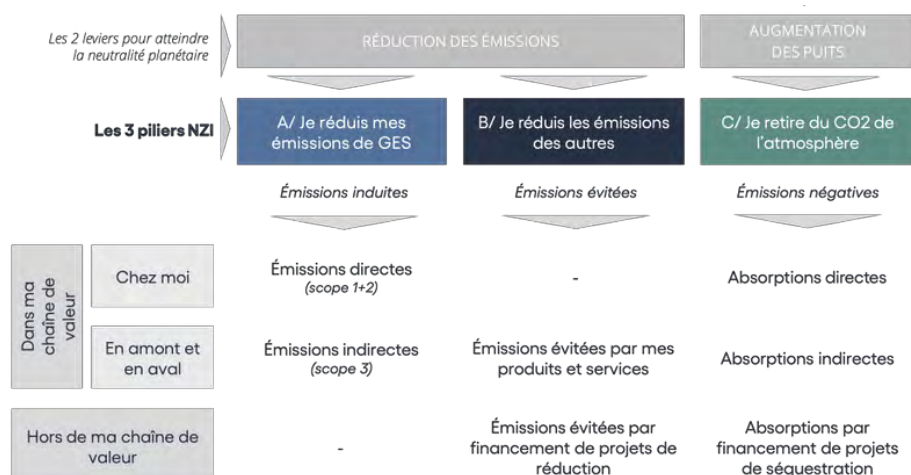


Figure 23 : Tableau de bord Net Zéro Initiative

Atteindre la **neutralité carbone** passe donc en premier lieu par la **réduction** des émissions de GES des entreprises, des collectivités ou des projets. Cela s'explique par **l'incapacité physique de la Planète à absorber l'ensemble des GES d'origine humaine, d'origine anthropique**.

Cette réduction s'effectue par des **leviers d'évitement** des émissions (en ne réalisant pas certaines tâches qui ne sont pas nécessaires au bon fonctionnement de l'entreprise ou projet), et ensuite par des **leviers de réduction** (limiter les émissions engendrées par une tâche qui ne peut être évitée). Un fois ces deux leviers étudiés, se pose la question de la compensation.

Ce que l'on appelle communément la **compensation carbone** consiste en réalité à participer à la **captation des GES excédents les capacités d'absorption naturelle de la Planète assurée par les puits de carbone naturels** que sont les océans, la biomasse (par la photosynthèse) et l'atmosphère. Les océans, la biomasse absorbent respectivement $\frac{1}{4}$ du surplus de carbone présent. L'autre moitié des émissions reste naturellement dans l'atmosphère et participe à l'effet de serre naturel qui permet la vie sur Terre.

Cependant est nécessaire de rappeler que cette moitié des émissions ne sont pas absorbées naturellement et participent à l'augmentation de la température sur Terre. Autrement dit, **nous émettons deux fois trop de gaz à effet de serre (GES) compte tenu des capacités d'absorption de la Planète**.

La « compensation » carbone devrait par conséquent s'intituler le « *retrait carbone* », ou encore la « *contribution à la transition bas carbone* », dès lors que cette pratique doit **consister à absorber les GES qui naturellement ne peuvent être absorbés**. En aucune façon, la « compensation carbone » ne doit se borner à absorber ce qu'une entreprise, une collectivité ou un projet émet à un temps T, dont les émissions seraient quantifiées grâce à la méthodologie Bilan Carbone. Pour la suite de ce rapport, et par souci de clarté, le terme de compensation carbone sera utilisé.

La **compensation carbone** consiste donc pour un financeur (entreprises, collectivités ou particuliers), à soutenir un projet de réduction ou de séquestration d'émissions de GES dont il n'est pas directement responsable. Les impacts des projets sont mesurés et aboutissent à la création de « *crédits carbone* », représentant chacun une tonne équivalent CO₂ réduite ou séquestrée. Ces crédits deviennent la propriété du financeur et peuvent lui servir dans le cadre de sa stratégie climatique ou de certaines de ses obligations réglementaires.

Maintenant, il est important de dissocier la **compensation carbone réglementaire** de la **compensation carbone volontaire**.

VI.2. La compensation carbone volontaire

Nous l'avons vu, la **compensation ne vient PAS annuler l'impact carbone d'une action, d'un projet, d'un évènement ou d'une organisation**. Elle doit compléter une démarche interne d'évitement et de réduction des émissions de GES avant même d'envisager de compenser.

Toute démarche de compensation carbone doit ainsi s'inscrire dans une logique de trois étapes successives : **l'évaluation** des émissions de gaz à effet de serre ; la mise en place d'actions pour éviter et **réduire** ses émissions ; la **compensation** de celles qui ne peuvent être réduites (émissions résiduelles).



Figure 24 : Les 3 étapes de la neutralité carbone dans l'ordre chronologique
Extrait du rapport de l'ADEME « La compensation volontaire : de la théorie à la pratique »

VI.3. Comment compenser

Il est nécessaire de ne pas financer n'importe quel projet. En effet, de nombreuses entreprises peu scrupuleuses tentent de s'implanter sur ce nouveau marché de la compensation carbone volontaire.

Pour y voir plus clair, plusieurs **labels, français ou internationaux**, ont été créés. Ces labels certifient que les projets sont éco-responsables et sont portés par des organisations dignes de confiance, notamment :

Projets / Organismes de compensation	Liens
Label Bas Carbone	https://label-bas-carbone.ecologie.gouv.fr/
Verified Carbon Standard (VCS)	https://verra.org/programs/verified-carbon-standard/
Label Gold Standard	https://www.goldstandard.org/
Climate Impact Partners	https://www.climateimpact.com/fr/explorez-nos-projets/
Fondation GoodPlanet	https://www.goodplanet.org/fr/



Le **Label Bas Carbone** est un dispositif du **Ministère de la Transition Ecologique** qui référence, partout en France, des projets susceptibles de contribuer à la captation de l'excédent de dioxyde de carbone atmosphérique.

L'objectif du Label bas-carbone est donc de contribuer aux engagements climat de la France en participant au financement de projets de réduction d'émissions de gaz à effet de serre.

Trouvez un projet près de chez vous et constatez les bénéfices de votre investissement !

Eco-Stratégie recommande également certaines initiatives privées connues et reconnues pour leur sérieux :

Projets / Organismes de compensation	Liens
Reforest'action	https://www.reforestaction.com/
Plantons pour l'avenir	https://www.plantonspourlavenir.fr/

VI.4. Conclusion sur la compensation carbone

Compte tenu du fait que quel que soit le scénario envisagé par rapport aux futures émissions évitées, le chemin du Treiz tend à éviter davantage d'émissions futures que celles qui ont été nécessaires à sa construction, il est permis de ne pas considérer une éventuelle compensation carbone du projet d'aménagement selon la séquence ERC.

Toutefois, comme précédemment développé, le 3^e pilier de la *Net Zero Initiative (NZI)* ne se limite pas à capter uniquement les émissions dont un projet ou une entreprise est responsable, mais bien à **augmenter les puits de carbone**. Dès lors, Eco-Stratégie ne peut que recommander à la Ville de Douarnenez de compenser au moins les émissions dues au futur chantier d'aménagement, soit **755 tCO₂e** (l'ensemble des postes de la figure 16 moins la maintenance).

VII. PISTES D'AMELIORATION ET DE REDUCTION DES GES

Les axes d'améliorations présentés ci-dessous concernent uniquement la phase de construction. Eco-Stratégie a parfaitement conscience que le porteur de projet a déjà l'intention d'appliquer certaines des suggestions suivantes.

Réutilisation des matériaux déjà présents à l'état initial afin de réduire les besoins :

- Réutilisation du déblai ;

Optimisation des achats :

- Utilisation de matériaux durables : le choix de matériaux durables et à faible impact environnemental, tels que des **matériaux recyclés ou recyclables** peuvent réduire l'empreinte carbone du projet. Le porteur de projet envisage déjà d'acheter de l'acier 100% recyclé.
- Gestion responsable des déchets de chantier : La mise en place de plans de gestion des déchets et de procédures de tri sur le chantier favorise une économie circulaire et réduit la quantité de déchets envoyés en décharge ;
- Choix de fournisseurs responsables : privilégier des fournisseurs engagés dans des pratiques responsables sur le plan environnemental. Cela peut inclure des critères tels que l'utilisation de matériaux durables, la certification environnementale, l'adoption de politiques de responsabilité sociale et environnementale.
- Choisir des fournisseurs proches afin de réduire la distance de fret. Le porteur de projet souhaite également de se fournir auprès de prestataires locaux.

Consommations des engins de chantier :

- Bien s'approvisionner et s'assurer de la qualité du carburant : Le GNR (gazole non routier) est un produit fragile, qui doit être conservé dans des conditions bien précises pour éviter sa détérioration (qui peut avoir un impact négatif sur les moteurs des engins). La qualité du carburant joue un rôle sur la consommation des véhicules de chantier ;
- Effectuer une maintenance régulière des engins de chantier pour être sûr que les véhicules ne présentent aucune anomalie pouvant entraîner une surconsommation. Cela peut être réalisé par l'utilisation d'un logiciel de gestion de parc ;
- Suivre la consommation des engins : Le suivi de la consommation vous permet de déceler des anomalies et de trouver des solutions pour réduire la consommation ;
- Optimiser les trajets des engins ;
- Améliorer les engins en mettant en place un système d'arrêt automatique des moteurs, une optimisation des systèmes hydraulique ou encore des améliorations permettant des fonctionnements hybrides.

Energie

- Utilisation de sources d'énergie renouvelable : Lorsque cela est possible, recourir à des sources d'énergie renouvelable pour alimenter les activités du chantier, comme l'énergie solaire ou éolienne, en installant des panneaux solaires sur les bâtiments du chantier ou utiliser des générateurs fonctionnant à l'énergie renouvelable.

Suivi et évaluation : Mettre en place un suivi régulier des émissions de GES du chantier permet de mesurer les progrès réalisés et d'identifier les domaines nécessitant des améliorations supplémentaires.



ANNEXES



Annexe 1 : Caractérisation des émissions significatives

Catégories d'émissions	n°	Postes	Détail des postes étudiés	Critères de prise en compte des postes significatifs					Poste pris en compte dans le bilan ?	Commentaires / justification
				Critère d'ampleur	Contribution	Importance stratégique	Engagement du personnel	Sous-traitance		
Emissions DIRECTES des GES	1.1	Sources fixes de combustion	Combustion de combustibles liés au projet	N/A	Faible	Faible	Faible	Faible	Non	Emissions des machines pour le projet.
	1.2	Sources mobile de combustion	Combustion de carburant des véhicules et engins de manutention utilisés dans le cadre de l'installation et du démantèlement de la centrale	20%	Moyen	Important	Faible	Faible	Non	Emissions des véhicules et engins possédés.
	1.3	Procédés hors énergie		N/A	Faible	Faible	Faible	Faible	Non	Non rencontré : Le projet n'implique pas de process industriel faisant appel à d'autres combustibles
	1.4	Fugitives		N/A	Faible	Faible	Faible	Faible	Non	Non rencontré : Le projet n'implique pas d'utilisation de systèmes de production de froid.
	1.5	Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (UTCATF)	Surface impactée par le changement direct d'usage	N/A	Faible	Faible	Faible	Faible	Non	
EMISSIONS INDIRECTES ASSOCIES A L'ENERGIE	2.1	Consommation d'électricité	Consommation d'électricité liée à installation et au démantèlement de la centrale	N/A	Faible	Faible	Faible	Faible	Non	
	2.2	Consommation autre que l'électricité (vapeur, chaleur ou froid)		N/A	Faible	Faible	Faible	Faible	Non	Non rencontré : Le projet n'implique pas consommation autre que l'électricité.
EMISSIONS INDIRECTES ASSOCIES AU TRANSPORT	3.1	Transport de marchandises amont	Transport de biens matériels réceptionnés	7%	Faible	Moyen	Moyen	Moyen	Oui	
	3.2	Transport des marchandises aval	Transport des déchets suite au démantèlement de l'infrastructure	3%	Faible	Moyen	Moyen	Moyen	Oui	
	3.3	Déplacements domicile-travail	Consommation de combustibles ou d'électricité nécessaire aux déplacements des employés dans le cadre de l'installation et du démantèlement de la centrale	N/A	Faible	Faible	Faible	Faible	Non	Uniquement les déplacements du personnel sur le chantier sont considérés.
	3.4	Déplacements des visiteurs et des clients	Consommation de combustibles ou d'électricité nécessaire aux déplacements des employés dans le cadre du développement de la centrale	N/A	Faible	Faible	Faible	Faible	Non	
	3.5	Déplacements professionnels	Consommation de combustibles ou d'électricité nécessaire aux déplacements des employés dans le cadre du développement et de la mise en fonctionnement de la centrale	N/A	Faible	Faible	Faible	Faible	Non	Négligé : Les déplacements sont en partie intégrés dans les frais d'études
EMISSIONS INDIRECTES ASSOCIES AUX PRODUITS ACHETES	4.1	Achats de biens	Quantité de biens achetés permettant le fonctionnement du projet (panneaux, structures, équipements électriques, etc.)	40%	Important	Important	Moyen	Important	Oui	
	4.2	Immobilisation des biens	Fabrication des biens immobilisées pour le projet (machines de chantier)	5%	Moyen	Important	Faible	Faible	Oui	
	4.3	Gestion des déchets	Les déchets générés par le projet	10%	Moyen	Important	Faible	Faible	Oui	
	4.4	Actifs en leasing amont	Biens ou services loués appartenant à un tier. Production, utilisation, entretien, fin de vie des biens type véhicules, logements, engins.	N/A	Faible	Faible	Faible	Faible	Non	
	4.5	Achats de services	Quantité de services achetés permettant le fonctionnement du projet (frais d'assurances, de surveillance, nettoyage, bancaires, etc.).	15,0%	Important	Important	Faible	Faible	Oui	
EMISSIONS INDIRECTES ASSOCIES AUX PRODUITS VENDUS	5.1	Utilisation des produits vendus		N/A	Faible	Faible	Faible	Faible	Non	Non rencontré : le projet n'implique pas des ventes de produits.
	5.2	Actifs en leasing aval		N/A	Faible	Faible	Faible	Faible	Non	Non rencontré : le projet n'implique pas des locations bien dont il est propriétaire.
	5.3	Fin de vie des produits vendus		N/A	Faible	Faible	Faible	Faible	Non	Non rencontré : le projet n'implique pas des ventes de produits.
	5.4	Investissements		N/A	Faible	Faible	Faible	Faible	Non	Non rencontré : le projet n'implique pas d'investissements.
AUTRES EMISSIONS INDIRECTES	6.1			N/A	Faible	Faible	Faible	Faible	Non	Négligé : le projet n'implique pas d'autres types d'émissions.

Annexe 2 : Extrait du guide méthodologique de calcul des incertitudes

6.3 METHODES POUR LA COMBINAISON DES INCERTITUDES

Après avoir déterminé les incertitudes de la catégorie de source, on peut les combiner pour estimer l'incertitude de l'ensemble de l'inventaire pour toute année et l'incertitude de la tendance générale de l'inventaire dans le temps.

L'équation de propagation d'erreur, décrite plus en détail à l'Appendice 1 du présent rapport, et à l'Appendice I des *Lignes directrices du GIEC* (Instructions relatives à la présentation), permet d'obtenir deux règles pratiques pour combiner des incertitudes non corrélées, par addition et multiplication :

- **Règle A** : Si des quantités incertaines doivent être combinées par addition, l'écart type de la somme sera la racine carrée de la somme des carrés des écarts type des quantités ajoutées, les écarts type étant tous exprimés en termes absolus (cette règle est exacte pour les variables non corrélées).

Avec cette interprétation, on peut obtenir une équation simple pour l'incertitude de la somme, exprimée en pourcentage :

$$\text{ÉQUATION 6.3}$$

$$U_{\text{total}} = \frac{\sqrt{(U_1 \cdot x_1)^2 + (U_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (U_n \cdot x_n)^2}}{x_1 + x_2 + \dots + x_n}$$

où :

U_{total} est le pourcentage d'incertitude de la somme des quantités (moitié de l'intervalle de confiance de 95 pour cent divisé par le total (moyenne) et exprimé en pourcentage) ;

x_i et U_i sont les quantités incertaines et leurs pourcentages d'incertitude respectifs.

- **Règle B** : Si des quantités incertaines doivent être combinées par multiplication, la même règle s'applique, mais les écarts type doivent tous être exprimés en fractions des valeurs moyennes appropriées (cette règle est approximative pour toutes les variables aléatoires).

On peut également obtenir une équation simple pour l'incertitude du produit, exprimée en pourcentage :

$$\text{ÉQUATION 6.4}$$

$$U_{\text{total}} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

où :

U_{total} est le pourcentage d'incertitude du produit des quantités (moitié de l'intervalle de confiance de 95 pour cent divisé par le total et exprimé en pourcentage) ;

U_i est le pourcentage d'incertitude associé à chaque quantité.

L'inventaire de gaz à effet de serre est principalement la somme des produits des facteurs d'émission et des données sur les activités. On peut donc utiliser les règles A et B de façon répétée pour estimer l'incertitude de l'inventaire total. En pratique, les incertitudes observées dans les catégories de source de l'inventaire varient, depuis quelques pour cent jusqu'à plusieurs ordres de grandeur, et peuvent être corrélées. Ceci ne correspond pas aux hypothèses des règles A et B selon lesquelles les variables ne sont pas corrélées à un écart type inférieur à environ 30 pour cent de la moyenne ; dans ces cas, les Règles A et B permettent d'obtenir un résultat approximatif. On peut également utiliser une simulation stochastique (méthode Monte Carlo) qui peut combiner les incertitudes avec n'importe quelle distribution de probabilité, plage et structure de corrélation, à condition que ces données soient suffisamment quantifiées. Deux niveaux d'analyse de l'incertitude sont donc décrits ci-dessous :

- **Niveau 1** : Estimation des incertitudes par catégorie de source à l'aide de l'équation de propagation d'erreur et les Règles A et B, et combinaison simple des incertitudes par catégorie de source pour estimer l'incertitude générale pour une année et l'incertitude de la tendance.
- **Niveau 2** : Estimation des incertitudes par catégorie de source à l'aide de l'analyse Monte Carlo, suivie de l'application de techniques Monte Carlo pour estimer l'incertitude générale pour une année et l'incertitude de la tendance.

On peut aussi utiliser l'analyse Monte Carlo de façon plus limitée dans le Niveau 1 pour combiner des incertitudes des données sur les activités et des facteurs d'émission ayant des distributions de probabilité très larges ou anormales, ou les deux. Cette méthode est aussi utile pour les catégories de source dans la méthode de Niveau 1 qui sont estimées par des modèles de procédés au lieu du calcul classique « facteur d'émission multiplié par les données sur les activités ». Le choix méthodologique est analysé à la Section 6.3.1 ci-dessous.

6.3.1 Comparaison entre les niveaux et choix méthodologique

L'emploi de la méthode de Niveau 1 ou de Niveau 2 permettra de mieux comprendre comment des catégories de source et des gaz à effet de serre individuels contribuent à l'incertitude des émissions totales pour une année, et de la tendance interannuelle des émissions totales.

L'utilisation de la méthode de Niveau 2 pour l'inventaire du Royaume-Uni (Eggleston *et al.*, 1998) indique que l'intervalle de confiance de 95 pour cent est asymétrique et se situe entre 7 pour cent environ au-dessous de la moyenne et 20 pour cent au-dessus de la moyenne. La méthode de Niveau 1 (voir Appendice 6A.2, *Exemple de calcul d'incertitude de Niveau 1*) indique une incertitude de ± 20 pour cent environ. Sachant que les approximations inhérentes au Niveau 1 ne permettent pas la prise en compte de l'asymétrie, cette comparaison est encourageante. Physiquement, l'asymétrie identifiée au Niveau 2 est due au fait que la plage d'incertitude de certaines catégories de source très incertaines est limitée, étant donné que les émissions ne peuvent pas être inférieures à zéro. La méthode de Niveau 2 peut en tenir compte, mais non pas la méthode de Niveau 1. Pour ce qui est des tendances interannuelles, l'étude de Niveau 2 par Eggleston *et al.* indique que l'intervalle de confiance de 95 pour cent est à peu près symétrique et se situe entre 5 pour cent au-dessus et au-dessous de la moyenne.³ Le résultat de Niveau 1 correspondant indique une plage de ± 2 pour cent environ. La valeur de Niveau 1 plus basse est due en partie au fait que l'estimation de la tendance portait sur la période entre 1990 et 1997, alors que l'estimation de Niveau 2 portait sur la période entre 1990 et 2010, bien que ceci n'explique pas toutes les différences. Cependant, les deux méthodes donnent des plages similaires pour l'incertitude de la tendance qui est inférieure à l'incertitude des émissions totales pour une année.

D'autres comparaisons nationales entre les méthodes seront très utiles pour améliorer la compréhension. La méthode de Niveau 1, à base de tableurs, est facile à utiliser et ne sera pas une charge de travail supplémentaire considérable pour un organisme utilisant la méthode de Niveau 2. Par conséquent, à ce jour, les *bonnes pratiques* pour tous les pays effectuant une analyse de l'incertitude consistent à présenter les résultats de Niveau 1, et pour tous les organismes chargés des inventaires disposant des ressources et de l'expertise nécessaires, à utiliser la méthode de Niveau 2.

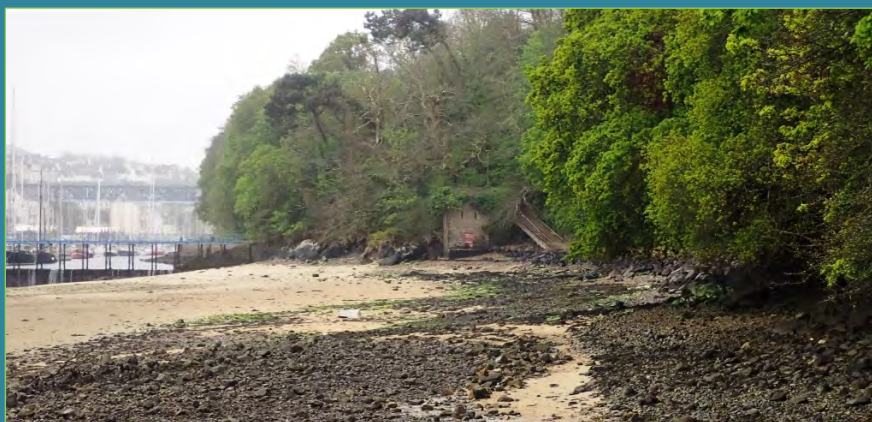
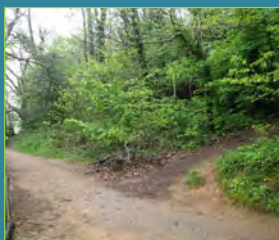
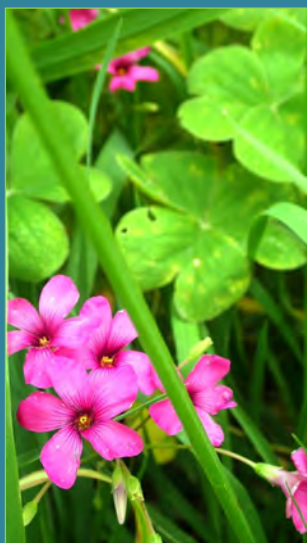
6.3.2 Niveau 1 – Estimation des incertitudes par catégorie de source avec hypothèses de simplification

L'analyse de Niveau 1 estime les incertitudes en utilisant l'équation de propagation d'erreur en deux étapes. En un premier temps, elle utilise l'approximation de la Règle B pour combiner les plages des facteurs d'émission et des données sur les activités par catégorie de source et gaz à effet de serre. Elle utilise ensuite l'approximation de la Règle A pour obtenir l'incertitude générale des émissions nationales et la tendance des émissions nationales entre l'année de référence et l'année courante.

La méthode de Niveau 1 devra être mise en œuvre à l'aide du Tableau 6.1, *Calcul et présentation de l'incertitude de Niveau 1*, qui peut être paramétré à l'aide d'un logiciel de tableurs commercial. Le tableau est complété au niveau de la catégorie de source par des plages d'incertitude pour les données sur les activités et les facteurs d'émission conformes aux recommandations de *bonnes pratiques* sectorielles aux Chapitres 2 à 5. Des gaz différents seront entrés séparément en tant que gaz équivalents CO₂ (c'est-à-dire que les émissions devront être multipliées par les valeurs PRG 100-an). Les incertitudes des tendances sont estimées à l'aide de deux types de sensibilité :

³ Spécifiquement une diminution des émissions de 6 ± 5 pour cent.

**ETAT DE LA FLORE ET DE LA VEGETATION DU SITE DU CHEMIN DU TREIZ
A DOUARNENEZ (FINISTERE)
POUR LE REAMENAGEMENT D'UNE ESTACADE DE LIAISON MULTIMODALE**



Rapport d'étude environnementale

par Bruno Bordenave
Docteur en botanique

BGB CONSULTANCE



Juin 2024

CARACTERISATION DE LA FLORE ET DE LA VEGETATION
DU SITE DU CHEMIN DU TREIZ A DOUARNENEZ (FINISTERE)
dans le cadre des études environnementales
POUR LE REAMENAGEMENT D'UNE ESTACADE DE LIAISON MULTIMODALE

Par M. Bruno Bordenave,

Docteur en botanique

Doctorat (PhD) du Muséum national d'histoire naturelle (1996)

Maîtrise (MSc) de Biologie des organismes et des populations de l'Université Pierre et Marie Curie (Sorbonne Université) (1989)



2. PRESENTATION DU SITE

Le passage du Treiz, sur le chemin de grande randonnée GR 34, longe la rive ouest du Port Rhu jusqu'au port de plaisance de Tréboul. Dans sa partie médiane, il conduit à l'autre rive de l'estuaire de Pouldavid vers le centre-ville Douarnezien, par la passerelle Pierre Marin. Ce chemin est le plus direct pour aller du port de Tréboul au centre, avec un enchaînement d'espaces favorable aux modes de déplacements non motorisés. En plus de ce lien fonctionnel, le passage du Treiz s'ouvre sur les patrimoines historiques de l'Anse de Port Rhu et de l'Île Tristan, en passant par la grève du Guet, avec les perspectives maritimes du cœur de ville (Fig.3).



Figure 3 – Vue du chemin du Treiz sur la rive ouest avec la grève du Guet, l'Île Tristan au fond, la passerelle Pierre Marin, l'estuaire de Pouldavid et le Port Rhu.

Le projet actuel consiste à reconfigurer ce cheminement entre les deux rias, actuellement en remblai à flanc de falaise, dans un objectif de liaison verte et multimodale, répondant aux critères du label national «Tourisme et Handicap » et proposant une accessibilité facilitée pour l'ensemble des habitants et des visiteurs. Inscrit en partie sur le domaine public maritime, cet aménagement devra s'intégrer aux paysages culturels maritimes de l'agglomération.

Volet flore et végétation de l'étude environnementale

Le périmètre de ces travaux fait l'objet d'une étude environnementale. Le présent document rend compte du volet de caractérisation de la flore et des végétations existant sur ce périmètre. Elle a été réalisée au printemps 2024, dans le but de déterminer le type d'associations végétales qui s'y trouve et évaluer l'incidence des interventions sur le milieu naturel humide et son peuplement de flore.

Le périmètre d'étude a été subdivisé en secteurs délimitant des ensembles homogènes de la mosaïque de végétation (Fig. 4)

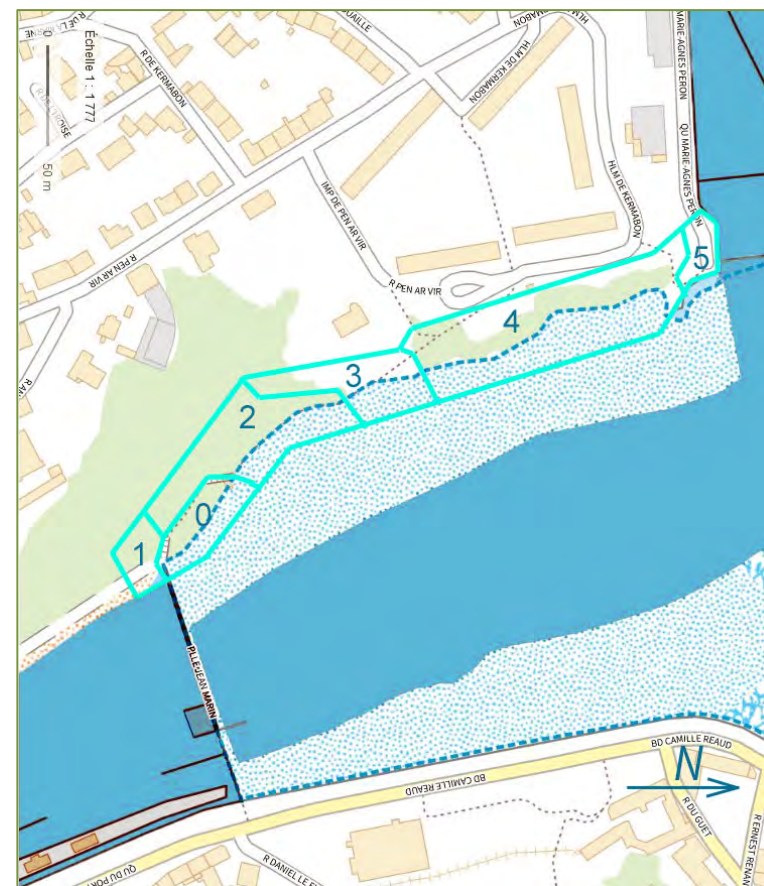


Figure 4 – Périmètre de l'étude indiquant aussi les différents secteurs biologiques et géomorphologiques délimités, des végétations des abords de la passerelle Jean Marin (0) jusqu'au port de plaisance du Tréboul (5)

3. ETUDE DE LA FLORE ET DE LA VEGETATION.

3.1. Inventaire botanique

L'inventaire botanique réalisé le 24 mai 2024 a consisté à l'identification des espèces végétales de tous types biologiques (herbacées, arbustives, arborescentes ou grimpantes) présentes dans le périmètre d'étude, afin d'établir la liste floristique. Seule la flore vasculaire a été prise en compte : plantes à fleurs, gymnospermes, fougères et apparentées. Les bryophytes (mousses, sphaignes), champignons, lichens et algues terrestres et marines n'ont pas été recensés. Les espèces ont été déterminées à l'aide de Guides de flore (Blamey et Grey-Wilson 1991, Des Abbayes *et al.* 2012, Du Chatenet et Bauer-Bovet 1987, Mc Clintock *et al.* 2005, MNHN – IEGB 1995, Quéré *et al.* 2008, Thomas *et al.* 2022), soit sur place, soit en cas de doute sur leur identification, à l'aide des photographies ou d'échantillons recueillis sur le terrain. Cette liste floristique (alphabétique et par secteur) est présentée en Annexe 1.

3.2. Flore remarquable

Au cours des inventaires, une attention particulière a été portée à la recherche et l'identification des espèces remarquables, pouvant représenter un enjeu de conservation notable, en particulier :

- Les *espèces protégées nationalement* (Article R. 411-13-1 du code de l'environnement et Arrêté du 6 janvier 2020) ou *régionalement en Finistère* (Arrêté préfectoral n° 2010-0859 du 21 juin 2010 - Finistère, Arrêté interministériel du 23 juillet 1987 – Bretagne)
- Les espèces « déterminantes ZNIEFF » (<https://data.bretagne-environnement.fr/datasets/especes-determinantes-pour-les-znieff-en-bretagne>),
- Les espèces figurant sur la liste rouge des espèces menacées (<https://www.cbnbrest.fr/ecalluna/>, MNHN – IEGB. 1995, Quéré *et al.* 2015),
- Les espèces considérées comme rares (Quéré *et al.* 2008),
- Les espèces exotiques envahissantes avérées (EEE) ainsi que celle potentiellement invasives (EPE) ont aussi été recensées et localisées.

3.3. Typologie des associations végétales

Une typologie simple des associations végétales rencontrées est proposée en croisant les facteurs suivants :

- **la physionomie de la végétation** : prairies et végétation de milieu ouvert, forêt, lisière,
- **la topographie et la géo-morphologie** : versant, pied de pente, terrasse et replat, falaise côtière, estran sableux ou rocheux ...
- **l'hydromorphie du sol** : berge, cours d'eau, lieux identifiés comme zone naturelle humide,
- **éventuellement d'autres caractéristiques pertinentes du paysage**, orientation de versant, exposition au vent, etc.

Cette typologie a été mise en relation avec les typologies d'habitats *Corine Biotope* (Bissardon *et al.* 1991) et dans le cas d'habitats prioritaires des types *HabRef* (https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd_typo), avec les codes correspondants.

3.4. Espaces naturels réglementés, classés ou de patrimoine naturel remarquable

Une recherche documentaire complémentaire a été menée sur la présence d'espaces naturels réglementés, classés ou constituant un patrimoine naturel remarquable dans le périmètre d'étude du site et ses alentours, en particulier :

- Les **Arrêtés de protection de biotopes ou d'habitats** (APPB, APPH),
- Les sites classés **Natura 2000**
- Les **ZNIEFF** de type 1 et 2 (Zones naturel d'intérêt écologique, floristiques et faunistiques)
- Les réserves naturelles nationales (**RNN**) ou régionales (**RNR**),
- Les Parcs naturels nationaux (**PNN**), Parc naturels marins (**PNM**), et Parc naturels régionaux (**PNR**),
- Les sites classés patrimoine géologique (**géosites**), **RAMSAR** ou **UNESCO**
- Les espaces naturels remarquables identifiées **dans les documents d'urbanismes communaux** telles que les zones humides, les espaces boisés classés (**EBC**), le dispositif *Breizh Bocage* (<https://www.pontdebuislesquimerch.fr/environnement/espaces-naturels/breizh-bocage/>) développé avec le PNR d'Armorique.

Les résultats sont présentés dans la figure 9 en page 12 ci-dessous.

4. RESULTATS

4.1. Caractérisation de la flore et de la végétation

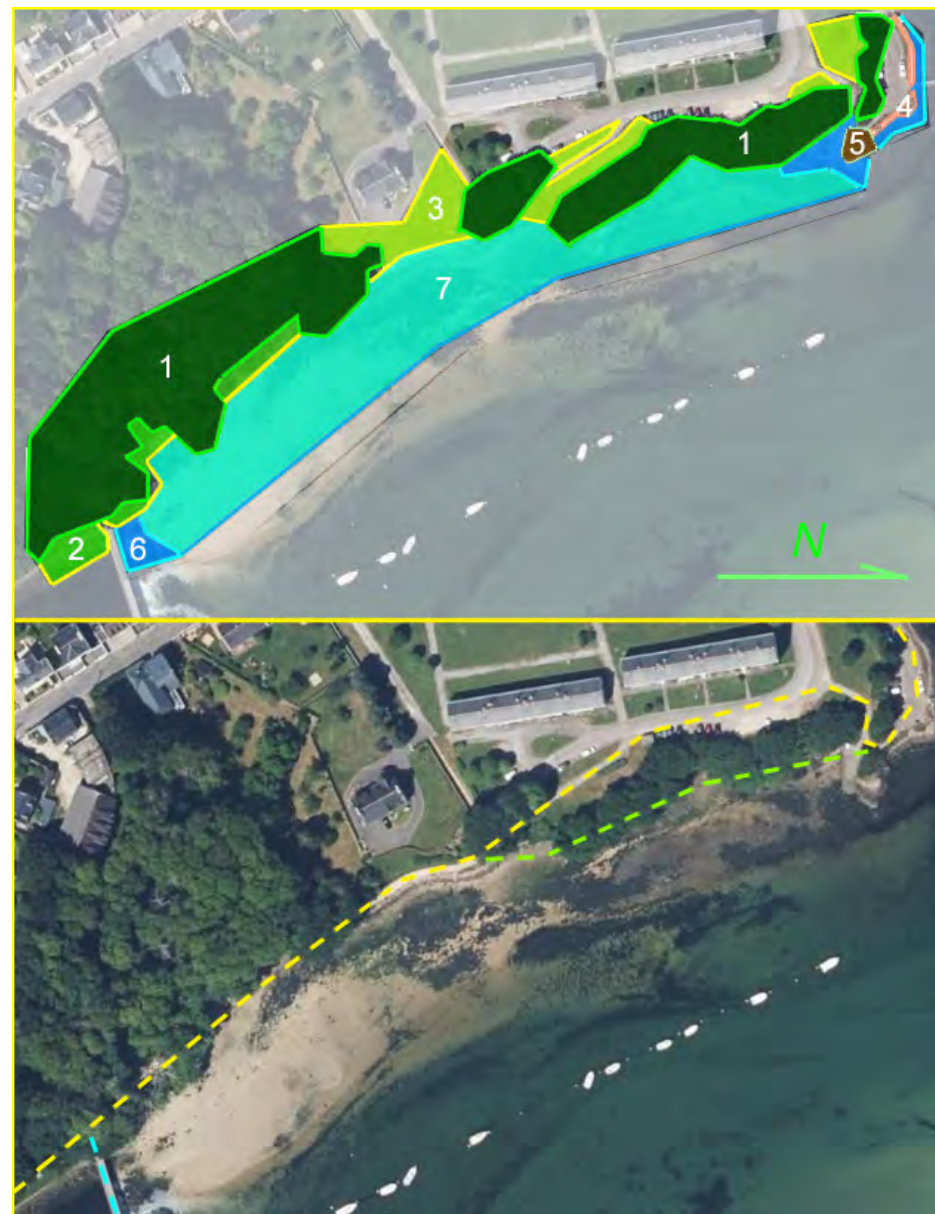
L'inventaire de flore et l'étude de la végétation montrent dans le périmètre d'étude la présence d'une flore principalement spontanée, commune mais relativement diversifiée et typiques des milieux littoraux et sublittoraux rencontrés (Annexe 1).

La figure suivante (Fig. 5) montre une cartographie des principaux types de végétations, sur un fond d'image satellitaire du site Géoportail de l'IGN (photo satellite de 2020 reproduite en dessous).

1. Forêt littorale mixte de chênes pédonculés, châtaigniers, érables sycomores, pins maritimes (arbres de plantation dans la partie nord).
2. Végétation ouverte entretenue de plantes herbacées spontanées
3. Pelouse entretenue
4. Végétation de haies et talus de bord de route
5. Bosquet littoral
6. Estran rocheux sans végétation vasculaire
7. Estran sableux sans végétation vasculaire

On notera la présence, au-dessus de l'estran sableux et rocheux de petites falaises, corniches et rivages rocheux peu végétalisés (Lierre, Bette marine, Nombrils de Vénus, Scolopendres).

Figure 5 – Cartographie des principaux types de végétation et tracés potentiels



NB – COMPLETUDE DES RELEVÉS DE FLORE - Les inventaires botaniques ont été menés à la fin du mois de mai, en période de floraison pour la plupart des espèces de plantes présentes. Vu le caractère commun de cette flore et notamment des espèces ligneuses (arbres et arbustes), les identifications sont pertinentes. Ceci dit, même si c'est peu probable, il demeure possible que certaines plantes à floraison estivales ou tardives - dont des espèces plus rares comme des orchidées terrestres, discrètes à l'état végétatif - n'aient pas été détectées au cours de cet inventaire. Aussi, une prospection complémentaire menée en cours d'été pourrait si besoin parachever le recensement de la flore sur le périmètre d'étude et ses environs.

4.2. Espèces exotiques envahissantes

On signalera la présence de quelques espèces exotiques (Tabl.1) considérées comme invasives (EEE) ou potentiellement envahissantes (pi) (<http://especes-exotiques-envahissantes.fr/> et PSBEEE/plan stratégie bretonne EEE) :

Tableau 1 – Liste des espèces exotiques envahissantes (EEE) et des espèces potentiellement invasives (pi) identifiées sur le site

n°	Famille	Nom scientifique	Nom commun	Secteurs	Statut
54	Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i> L.	Laurier d'Apollon	1, 2, 3, 4	EEE
55	Liliaceae	<i>Allium triquetrum</i> L.	Ail triquètre	3, 4, 5	EEE
84	Rosaceae	<i>Prunus laurocerasus</i> L.	Laurier cerise	1, 2, 3	EEE
1	Aceraceae	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	Erable sycomore	1, 2, 3, 4	pi
15	Asteraceae	<i>Petasites fragrans</i> (Vill.) C.Presl	Petasite	4	pi
26	Buddlejaceae	<i>Buddleja davidii</i> Franch.	Buddleia de David	0	pi
78	Rosaceae	<i>Cotoneaster franchetii</i> D.Bois	Cottonaster	2, 3, 4, 5	pi

Ce sont les trois premières, le Laurier d'Apollon (petit arbre méditerranéen aux feuilles aromatiques, Fig. 6), le Laurier-cerise (ou Laurier-palme, qui fut souvent planté en haies paysagère Fig. 7) et l'Ail triquètre (formant parfois de denses tapis en sous-bois et lisière, souvent confondu avec « l'Ail des ours » et également comestible ... quand il est récolté dans des endroits bien propres) qui peuvent poser des problèmes de prolifération avec appauvrissement des cortèges de flore indigènes (voir obligations réglementaires dans le **Guide OFB-UICN** en Annexe 2). Les autres peuvent se multiplier à la faveur des terrains en friche, comme dans le cas de « l'Arbre à papillon » (ou Buddleia de David, Fig. 8), mais généralement sans dommages importants pour la flore locale.



Figure 6 - 8 – A gauche, le Laurier d'Apollon au premier plan.

Ci-dessous, le Laurier-Cerise ou Laurier palme, originaire du Caucase, espèce arbustive tenace à croissance rapide, susceptible de coloniser les lisières et les sous-bois. Ses fruits sont transportés notamment par les oiseaux. Ses populations sont très difficiles à éliminer une fois implantée, mais la gestion de cette espèce est possible grâce à une détection précoce et des actions adaptées.

A droite l'arbre à papillon ou Buddleia de David, originaire de Chine, autrefois plantée dans les jardins comme ornementale nectarifère (remplacé aujourd'hui par des variétés hybrides colorées mais stériles). Naturalisé, il prolifère dans de nombreuses régions, mais cette espèce pionnière des sols pauvres et de pleine lumière résiste mal à la concurrence des arbres dans les stades suivants de la sylvigénèse. Elle est donc moins préoccupante que les deux précédentes.

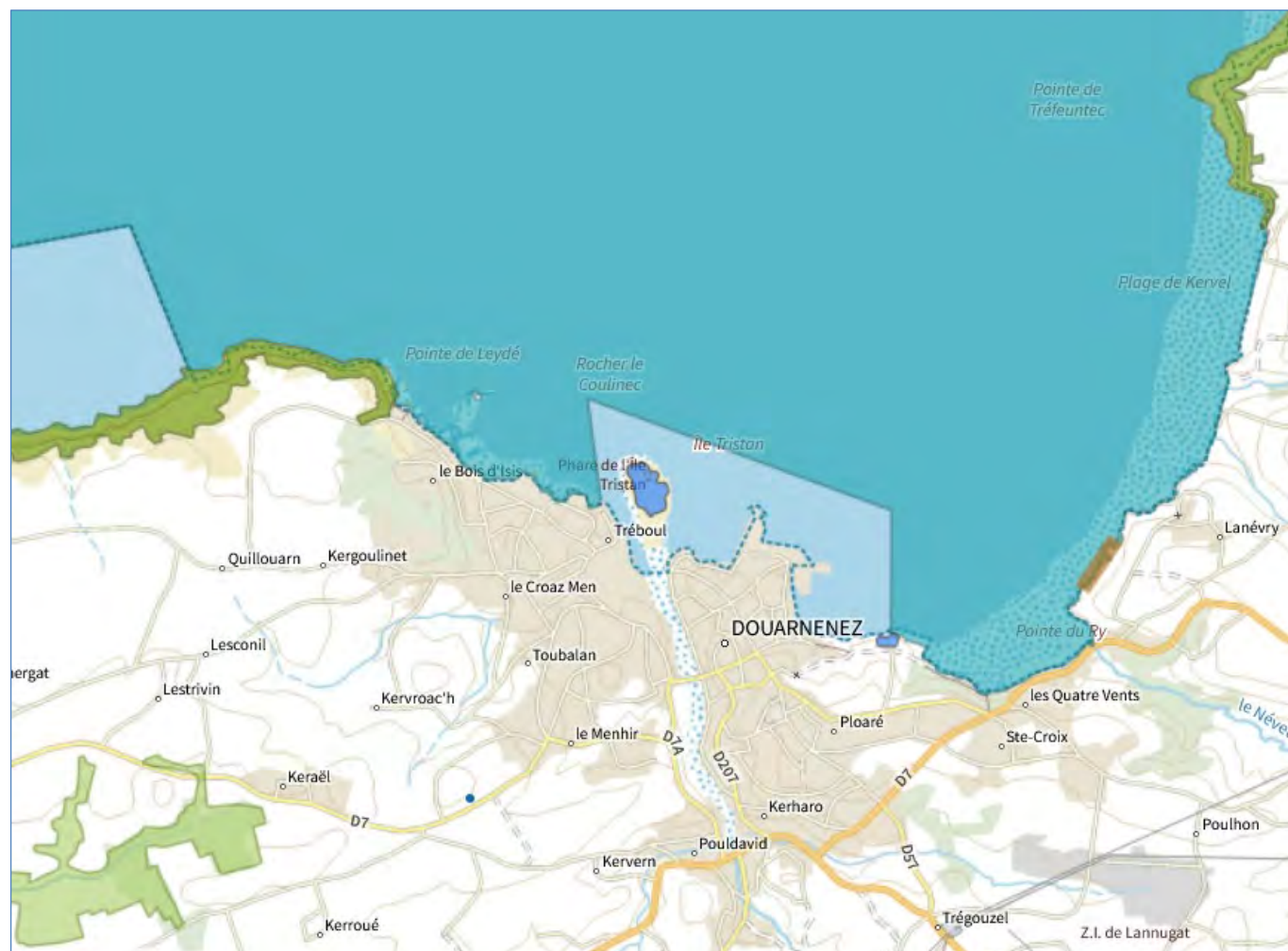
(Photos Bordenave © 2023 – 2024)

4.3. Sites classés ou remarquables

On note en particulier la présence toute proche de l'île Tristan gérée par le Conservatoire du Littoral, la proximité du Parc Naturel Marin d'Iroise en baie de Douarnenez et de Zones naturelles d'intérêt écologique, floristique et faunistique (ZNIEFF de type 1) sur la côte ouest au-delà de la Pointe de Leylé (Carte en Fig. 9).

Les aménagements prévus ne devraient toutefois pas avoir de conséquences directes sur les milieux et les peuplements naturels de ces sites. Les incidences sonores et des émissions de matières en suspension dans le milieu aquatique ou dans l'air, lors des travaux, peut être évalué avec le cas échéant des dispositions d'évitements et de réductions.

Figure 9 – Sites remarquables classés de Douarnenez et ses environs: en bleu foncé l'île Tristan gérée par le Conservatoire du Littoral, en turquoise le Parc Naturel Marin d'Iroise en baie de Douarnenez et en vert les ZNIEFF sur la côte ouest au-delà de la Pointe de Leylé et au nord à la Pointe de Tréfeuntec (données IGN-Géoportail)



4.4. Habitats prioritaires ou patrimoniaux

En termes d'habitats naturels, c'est ceux de falaise littorale, du haut d'estran rocheux où l'on peut observer une végétation très clairsemée de quelques espèces halophiles et de vases sublittorales, qui pourraient correspondre à des habitats prioritaires (Directive 92/43/CEE dite directive « habitats »). Toutefois la vasière observée à marée basse ne paraît pas rentrer dans le périmètre d'étude, ni dans la zones d'emprise potentielle du projet d'aménagement. Le tableau suivant (Tabl. 2) montre la typologie Corinne Biotope et HabRef (CD Habitats) des milieux correspondants.

Tableau 2 – Nomenclature et typologie des habitats prioritaires

FAÇADE ATLANTIQUE		
SUBSTRAT MEUBLE		
Vases sublittorales		
Vases sublittorales marines		
Vases circalittorales côtières		
Vases circalittorales côtières à mégafaune fouisseuse et <i>Maxmuelleria lankesteri</i>	M10.02.02.01	13658
Vases circalittorales côtières à pennatulaires et langoustines	M10.02.02.05	7156
HABITATS PARTICULIERS		
Jardins de coraux		
Jardins de coraux sur substrat meuble	P23.02	26569
HABITATS COTIERS ET VÉGÉTATIONS HALOPHYTIQUES (DHFF)		
Falaises maritimes et plages de galets		
Végétation annuelle des laisses de mer	1210	2716
Végétation vivace des rivages de galets	1220	2717
Falaises avec végétation des côtes atlantiques et baltiques	1230	2656

5. CONCLUSION

L'étude de la végétation et de la flore du site concerné par les travaux de création d'un « cheminement doux » met en évidence des végétations littorales communes où des habitats boisés alternent avec des milieux ouverts très marqués par la présence humaine dans ce contexte estuarien et portuaire. Sa flore est également commune : les inventaires botaniques excluent en l'état des relevés la présence d'espèces protégées au niveau national ou régional, ni de plantes rares ou particulièrement remarquables, même si la diversité biologique y est assez conséquente (Liste d'espèces en annexe).

En termes d'habitats naturels, ceux de falaise littorale et du haut d'estran rocheux qui pourraient constituer l'enjeu environnemental le plus notable. Pour conclure ce rapport d'étude, quelques recommandations peuvent être proposées :

- Evaluer les possibles enjeux réglementaires des « habitats littoraux » et de « zone humide » dans la préparation des travaux d'aménagement.
- Etudier les risques potentiels liés au risque de dissémination d'espèces envahissantes, dans la préparation des phases travaux et post travaux.

BIBLIOGRAPHIE

- ❖ Bissardon M., L.Guibal, J.-C. Rameau 1991. *Corine biotopes, version originale, types d'habitats français*. ENGREF-G.I.P Atelier technique des espaces naturels. Montpellier, 175p.
- ❖ Blamey M. et C. Grey-Wilson, 1991. *Flore d'Europe occidentale*. Editions Arthaud. Paris, 544p.
- ❖ Des Abbayes H., G. Caustres, R. Corrillon et P. Dupont, 2012. *Flore et végétation du massif armoricain*. Editions d'art Henry des Abbayes, Fougère. 1225p. et supplément.
- ❖ Du Chatenet G. et P. Bauer-Bovet, 1987. *Guide des arbres et arbustes exotiques de nos parcs et jardins*. Collection les guides du naturaliste. Editions Delachaud et Nieslé, Paris. 317p.
- ❖ Mc Clintock D., R.S.R. Fitter, S. Farvager et C. Farvager, 2005. *Guide des plantes à fleurs, des arbres et arbustes d'Europe occidentale*. Editions Delachaud et Nieslé, Paris. 325p.
- ❖ MNHN – IEGB. 1995. *Livre rouge de la flore menacée de France*. MNHN, CBN-Porquerolle, Ministère de l'Environnement. Paris. Collection patrimoine naturel – Volume 20. 486p. et annexes.
- ❖ Quéré E., S. Magnanon, R. Ragot, L. Gager et F. Hardy 2008. *Atlas de la flore du Finistère*. Editions Siloé. 693p.
- ❖ Quere E., S. Magnanon, O. Brindejonec 2015 - Liste rouge de la flore vasculaire de Bretagne. Evaluation des menaces selon la méthodologie et la démarche de l'UICN. DREAL
Bretagne/Conseil régional de Bretagne/FEDER Bretagne. Conservatoire botanique national de Brest, 44 p. & annexes.
- ❖ SAFEGE 2012- Définition et analyse des différents scénarios de restauration de la continuité écologique au droit du barrage exploité par Nobelsport - Etude bathymétrique. Nanterre. 43p.
- ❖ Thomas R., D. Busti et M. Maillart, 2022. *Petite flore de France*. Editions Belin / CBN / SBF. 503p.
- ❖ https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd_typo/22
- ❖ <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/referentiels/habitats>

Annexe 1 – Liste des espèces de plantes identifiées dans le périmètre d'étude en octobre 2023 et janvier 2024

Les espèces sont classées par ordre alphabétique des familles, genres et espèces. Est également notée l'indication des secteurs dans laquelle des individus ou populations de chaque espèce ont été localisées (voir Figure 5 en page 9). Les espèces exotiques envahissantes ont été surlignées en jaune et celles potentiellement invasives en bleu.

n°	Famille	Nom scientifique	Nom commun	Secteurs
1	Aceraceae	<i>Acer pseudoplatanus L.</i>	Erable sycomore	1, 2, 3, 4
2	Agavaceae	<i>Dracena sp.</i>	Dragonier	3
3	Amarylidaceae	<i>Crocsmia masoniurum (L. Bolus) N. E. Br.</i>	Montbritia crocsmia	2, 3
4		<i>Narcissus pseudonarcissus L.</i>	Jonquille	3
5	Apiaceae	<i>Daucus carota L.</i>	Carotte	5
6		<i>Foeniculum vulgare Mill.</i>	Fenouil	5
7		<i>Hedera helix L.</i>	Lierre rampant	0, 1, 2, 3, 4, 5
8	Aquifoliaceae	<i>Ilex aquifolium L.</i>	Houx	1, 2, 3
9	Araceae	<i>Arum italicum Mill.</i>	Arum d'Italie	2, 4
10		<i>Arum maculatum L.</i>	Arum tacheté	0, 1
11	Aspleniaceae	<i>Asplenium adiantum-nigrum L.</i>	Doradille noire	1
12		<i>Asplenium scolopendrium L.</i>	Scolopendre	0, 4
13	Asteraceae	<i>Bellis perennis L.</i>	Paquerette	5
14		<i>Cf. Hieracium umbellatum L.</i>	Eperviaire en ombelle	1
15		<i>Petasites fragrans (Vill.) C.Presl</i>	Petasite	4
16		<i>Picris echioides L.</i>	Picride fausse vipérine	5
17		<i>Senecio jacobaea L.</i>	Seneçon de Jacob	5
18		<i>Senecio des bois</i>	Senecio sylvaticus L.	5
19		<i>Sonchus arvensis L.</i>	Laiteron des champs	3, 4, 5
20		<i>Taraxacum officinale L.</i>	Pissenlit	0, 1, 2, 3, 4, 5
21	Betulaceae	<i>Carpinus betulus L.</i>	Charmille	2, 4
22		<i>Corylus avellana L.</i>	Noisetier	4

23	Blechnaceae	<i>Struthiopteris spicant (L.) Weiss</i>	Blechnum	2
24	Brassicaceae	<i>Beta vulgaris L.</i>	Bette maritime	5
25		<i>Sisymbrium officinale (L.) Scop.</i>	Sisymbre officinal	5
26	Buddlejaceae	<i>Buddleja davidii Franch.</i>	Buddleia de David	0
27	Caprifoliaceae	<i>Lonicera periclymenum L.</i>	Chèvrefeuille	2, 5
28		<i>Sambucus nigra L.</i>	Sureau noir	2, 5
29		<i>Viburnum tinus L.</i>	Laurier Tin, Viorme Tin	1, 2
30	Caryophyllaceae	<i>Cerastium glomeratum Thuill.</i>	Ceraiste aggloméré	0
31		<i>Saponaria officinalis L.</i>	Saponaire	1
32		<i>Stellaria graminea L.</i>	Stellaire graminée	5
33		<i>Stellaria holostea L.</i>	Stellaire holostée	0
34	Crassulaceae	<i>Umbilicus rupestris (Salisb.) Dandy</i>	Nombril de Vénus	0, 1, 2, 3, 4, 5
35	Cucurbitaceae	<i>Bryonia dioica Jacq.</i>	Brionne D	5
36	Cyperaceae	<i>Carex pilulifera L., 1753</i>	Carex pil H	2, 3
37	Dryopteridaceae	<i>Athyrium filix-femina</i>	Fougère femelle	1, 2
38		<i>Dryopteris filix-mas (L.) Schott</i>	Fougère male	2
39	Fabaceae	<i>Medicago arabica (L.) Huds.</i>	Luzerne tachetée	1, 5
40		<i>Trifolium repens L.</i>	Trèfle rampant	2, 5,
41		<i>Ulex europaeus L.</i>	Ajonc d'Europe	5
42		<i>Vicia sativa L.</i>	Vesce des champs P	2
43		<i>Castanea sativa L.</i>	Chataignier	2
44		<i>Fagus sylvatica L.,</i>	Hêtre	2
45		<i>Quercus robur L. subsp. robur</i>	Chêne pédoculé	0
46		<i>Quercus robur L. subsp. robur</i>	Chêne pédoculé	0, 1, 2, 3, 4, 5
47	Geraniaceae	<i>Erodium moschatum (L.) L'Hér.</i>	Bec de Grue musqué	5
48		<i>Geranium dissectum L.</i>	Geranium à feuilles découpées	5
49		<i>Geranium robertianum L.</i>	Geranium Robert	0, 1, 2, 3, 4
50	Hypericaceae	<i>Hypericum androsaemum L.</i>	Androsème officinal	4
51		<i>Hypericum pulchrum L.</i>	Millepertuis élégant	5

52	Iridaceae	<i>Iris foetidissima</i> L.	Iris fétide	3
53	Lamiaceae	<i>Teucrium scorodonia</i> L.	Germandrée	5
54	Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i> L.	Laurier d'Apollon	1, 2, 3, 4
55	Liliaceae	<i>Allium triquetrum</i> L.	Ail triquètre	3, 4, 5
56	Oleaceae	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Frêne	1, 2
57		<i>Ligustrum vulgare</i> L.	Troène commun	5
58	Onagraceae	<i>Circaea lutetiana</i> L.	Circée de Paris	2
59	Pinaceae	<i>Pinus pinaster</i> Aiton	Pin maritime	2
60	Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Plantain lancéolé	4, 5
61		<i>Plantago major</i> L.	Platian rond	0
62	Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i> L.	Dactyle glomérulé	3
63		<i>Elymus repens</i> (L.) Gould	Chiendent	0, 2, 3, 4, 5
64		<i>Poa annua</i> L.	Paturin	0
65		<i>Prunus spinosa</i> L.	Prunelier	3, 4, 5
66	Polygonaceae	<i>Rumex conglomeratus</i> Murray	Patience agglomérée	2
67		<i>Rumex crispus</i> L.	Patience crépue / Patience ondulée	0
68		<i>Rumex obtusifolius</i> L.	Rumex à feuille pointue	1
69		<i>Rumex pulcher</i> L.	Rumex à oreille H	5
70		<i>Rumex sanguineus</i> L.	Patience des bois	5
71	Polypodiaceae	<i>Polypodium vulgare</i> L.	Polypode commun	0, 2, 5
72	Primulaceae	<i>Anagallis arvensis</i> L.	Mouron rouge	0
73		<i>Primula vulgaris</i> Huds.	Primevère	2, 3
74	Pteridaceae	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Fougère aigle	2, 3, 5
75	Ranunculaceae	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Ray Grass anglais	3, 5
76		<i>Ranunculus acris</i> L.	Bouton d'or	5
77		<i>Ranunculus ficaria</i> L.	Ficaire	3, 4
78	Rosaceae	<i>Cotoneaster franchetii</i> D.Bois	Cottonaster	2, 3, 4, 5
79		<i>Crataegus monogyna</i> Jacq., 1775	Aubépine monogyne	1, 2
80		<i>Fragaria vesca</i> L.	Fraise sauvage	2

81		<i>Geum urbanum L.</i>	Benoite commune	2, 4
82		<i>Malus domestica Borkh.</i>	Pommier	0
83		<i>Prunus avium (L.) L.</i>	Cerisier	2
84		<i>Prunus laurocerasus L.</i>	Laurier cerise	1, 2, 3
85		<i>Ranunculus repens L.</i>	Renoncule des bois	0, 4
86		<i>Rosa micrantha Borrer ex Sm.</i>	Eglantier	3, 5
87		<i>Rubus ulmifolius Schott</i>	Ronce	0, 1, 2, 3, 4, 5
88		<i>Prunus avium (L.) L.</i>	Meurisien ou Cerisier	3
89	Rubiaceae	<i>Galium aparine L.</i>	Grateron	0, 4, 5
90	Rubiaceae	<i>Rubia peregriana L., 1753</i>	Garance	3, 4
91	Scrofulariaceae	<i>Scrophularia scorodonia L.</i>	Scrofulaire scorodaine	0, 2, 4, 5
92	Scrofulariaceae	<i>Veronica hederifolia L.</i>	Lierre terrestre	0
93	Solanaceae	<i>Solanum dulcamara</i>	Douce amère	2
94	Urticaceae	<i>Urtica dioica L.</i>	Ortie dioïque	0, 2, 3, 4, 5
95	Violaceae	<i>Viola riviniana Rchb.</i>	Violette des bois	4

ANNEXE 2

« Accompagner le traitement des déchets de plantes exotiques envahissantes issus d'interventions de gestion »

Guide publié par OFB-UICN-CREEE (2022)

Disponible en ligne :

http://especes-exotiques-envahissantes.fr/wp-content/uploads/2022/03/accompagner-traitement-dechets-eee_vfinale.pdf

CARACTERISATION DE LA FLORE ET DE LA VEGETATION DU SITE DU CHEMIN DU TREIZ A DOUARNENEZ (FINISTERE)
DANS LE CADRE DES ETUDES ENVIRONNEMENTALES POUR LE REAMENAGEMENT D'UNE ESTACADE DE LIAISON MULTIMODALE

Etude de la flore et des habitats naturels

Une caractérisation des formations végétales et de la flore sur le site du Chemin du Treiz à Douarnenez dans le Finistère, a été réalisé dans le cadre de la préparation des travaux de réaménagement d'une estacade de liaison multimodale. Les inventaires de flore et la caractérisation des formations végétales ont été réalisés le 24 mai 2024 dans un périmètre entourant le passage du Treiz, sur le chemin de grande randonnée GR 34, le long de la rive ouest du Port Rhu jusqu'au port de plaisance de Tréboul.

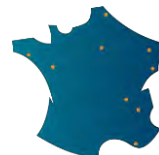
Inventaire botanique et caractérisation de la végétation

Les relevés floristiques ont permis de recenser la diversité des espèces de plantes vasculaires et d'en établir l'inventaire par type de végétation. Les espèces protégées (listes nationale et régionale), rares ou patrimoniales (espèces « déterminantes ZNIEFF ») ont été particulièrement recherchées. Les espèces à caractère envahissant avéré ou potentiel ont également été recherchées et localisées.

Une cartographie des principales végétations fondée sur le profil du peuplement végétal et les caractères géomorphologiques (topographie, hydrographie, pédologie) a été établie sur le site d'étude et sa périphérie.

Les habitats naturels présentant un enjeu de conservation particulier ont été recherchés et caractérisés.





VENATHEC GRAND OUEST

5 rue Jacques Brel

Les Reflets Bâtiment A

44800 SAINT HERBLAIN

Tél. : 03 83 56 02 25

Réaménagement du passage du Treiz à Douarnenez (29)

Etat sonore initial
24-24-60-00300-01-A-EBO

Votre interlocuteur VENATHEC

Elie BOISIS

Acousticien chargé de projets

06 14 41 03 12

e.boisis@venathec.com

VILLE DE DOUARNENEZ

Mme Carole DELMAS

Directrice des Services Techniques

02 98 74 46 31

carole.delmas@douarnenez

RAPPORT DE MESURAGE ACOUSTIQUE

Acoustique environnementale

venathec.com



VENATHEC SAS au capital de 750 000 €

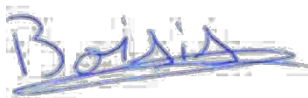
Société enregistrée au RCS Nancy B sous le numéro 423 893 296 – APE 7112B

N° TVA intracommunautaire FR 06 423 893 296



Client	
Raison Sociale	Ville de DOUARNENEZ
Adresse	16 Rue Berthelot, 29100 DOUARNENEZ
Interlocuteur	Mme Carole DELMAS
Fonction	Directrice des Services Techniques
Téléphone	02 98 74 46 31
Courriel	carole.delmas@douarnenez.bzh

Diffusion	
Version	A
Date	21 mai 2024

Rédacteur Elie BOISIS


Relecteur Fabien GUILLOU


La diffusion ou la reproduction de ce document n'est autorisée que sous la forme d'un fac-similé comprenant 27 pages.

Table des matières

1. RESUME TECHNIQUE	4
2. PRESENTATION.....	6
3. CONTEXTE REGLEMENTAIRE.....	7
3.1 Réglementation	7
3.2 Normes.....	7
3.3 Seuils à respecter.....	8
4. DEROULEMENT DU MESURAGE.....	9
4.1 Localisation des points de mesure	9
4.2 Déroulement des mesures.....	10
4.3 Appareillages de mesure utilisé.....	10
4.4 Traçabilité et sauvegarde des mesures	10
4.5 Conditions météorologiques rencontrées lors du mesurage	11
5. RESULTATS DES MESURES.....	12
5.1 Point de mesure ZER 1	12
5.2 Point de mesure ZER 2	14
5.3 Point de mesure ZER 3	15
5.4 Point de mesure ZER 4	16
6. CONCLUSION.....	17
7. ANNEXES	18
7.1 Annexe A : Glossaire.....	18
7.2 Annexe B : Conditions météorologiques - Principe de la norme	21
7.3 Annexe C : Fiches de mesures.....	22
7.4 Annexe D : Exemple de calcul de niveaux limites admissibles	26

1. RESUME TECHNIQUE

Ce rapport rend compte des résultats des mesures d'état sonore initial réalisées dans le cadre d'un réaménagement projeté du passage du Treiz à Douarnenez (29).

La société VENATHEC, mandatée par la ville de DOUARNENEZ pour la réalisation des mesures et analyse des résultats, a réalisé une campagne de mesure les 16 et 17 avril 2024 en 4 points.

La synthèse des résultats est présentée ci-dessous.

Localisation des points de mesure



Plan de situation du projet et des points de mesures

Résultats des mesures

Point de mesure	Période		L _{Aeq} [dBA]	L ₅₀ [dBA]	L ₉₀ [dBA]
1	Diurne	7h-22h	52,5	49,0	46,5
		Le 17/04 08h-09h	50,0	47,5	44,5
	Nocturne	22h-7h	47,0	42,0	40,0
		Le 17/04 02h-03h	41,0	40,5	39,5
2	Diurne	7h-22h	59,0	52,0	49,0
		Le 16/04 12h-13h	51,0	50,0	47,0
	Nocturne	22h-7h	47,0	46,0	42,5
		Le 17/04 01h-02h	43,5	43,0	41,0
3	Diurne	7h-22h	53,5	51,0	48,0
		Le 17/04 11h-12h	52,5	50,5	46,5
	Nocturne	22h-7h	46,0	44,5	40,5
		Le 17/04 01h-02h	44,0	41,0	39,5
4	Diurne	7h-22h	52,0	48,0	43,0
		Le 17/04 07h-08h	49,5	41,5	39,0
	Nocturne	22h-7h	43,0	41,0	38,0
		Le 17/04 05h-06h	40,0	38,0	36,5

2. PRESENTATION

Le projet prévoit l'aménagement d'un chemin piétonnier/vélo/PMR reliant le Port de Tréboul au Port Rhu. Cet aménagement imposera la réalisation de travaux bruyants (battage de pieux, circulation d'engins de chantier et de camions etc.)

Le projet sera localisé à proximité d'une zone résidentielle. Le site sera donc principalement entouré d'habitation déjà construites. Le plan ci-dessous indique la localisation du futur site dans son environnement.



Zone d'implantation du projet

3. CONTEXTE REGLEMENTAIRE

3.1 Réglementation

Dans le cadre du projet, les textes règlementaires suivants peuvent s'appliquer :

- **Loi du 31 décembre 1992** complétée par le décret d'application du 9 janvier 1995 et l'arrêté du 5 mai 1995
- **Code de l'environnement (livre V, titre VII) ordonnance n°2000-914 du 18 septembre 2000**, reprenant tous les textes relatifs au bruit
- **Directive européenne 2002/49/CE**, du 25 juin 2002, relative à l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement
- **Articles L571-9 et R571-44 à R571-52** du Code de l'Environnement
- **Décret n°2006-1099 du 31 août 2006** relatif à la lutte contre le bruit de voisinage
- **Arrêté du 5 décembre 2006** relatif aux modalités de mesurage des bruits de voisinage, modifié par l'**arrêté du 1^{er} août 2013**

3.2 Normes

3.2.1 Matériel

- **Norme NF EN 61672-1** (2003) : Electroacoustique – Sonomètres – Partie 1 : spécifications
- **Norme NF EN 60942** (2003) : Electroacoustique – Calibreurs acoustiques

3.2.2 Mesurage

- **Norme NF S 31-010** : Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement
- **Norme NF S 31-110** : Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation
- **Norme NF S 31-120** : Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Influence du sol et des conditions météorologiques
- **Norme NF EN ISO 3741** (2012) : Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique`

3.2.3 Calculs

- **Norme ISO 9613** : Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre
- **Norme NF S 31-131** : Descriptif technique des logiciels
- **Norme NF S 31-133** : Bruit dans l'environnement – Calcul de niveaux sonores

3.3 Seuils à respecter

Le décret n°2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage modifie le Code de la santé publique, et a été intégré dans ses articles R1336-4 à R1336-13.

Critères d'émergence en valeur globale

Le tableau ci-dessous rappelle les valeurs d'émergence sonore réglementaires, en valeur globale pondérée A, selon la période journalière et la durée cumulée d'apparition du bruit perturbateur :

Code de la santé publique Art. R.1336-7	Émergence maximale admissible [dBA] chez les tiers		Durée cumulée d'apparition du bruit particulier
	Jour (7h - 22h)	Nuit (22h - 7h)	
	5 dBA	3 dBA	Supérieure à 8 h
	6 dBA	4 dBA	Comprise entre 4 et 8 h
	7 dBA	5 dBA	Comprise entre 2 et 4 h
	8 dBA	6 dBA	Comprise entre 20 min et 2 h

Critères d'émergence en valeurs spectrales

Le tableau ci-dessous rappelle les valeurs d'émergence sonore réglementaires, en valeurs spectrales, mentionnées dans l'article R1336-8 du Code de la santé publique :

Émergence [dB] maximale admissible chez les tiers à l'intérieur des habitations	
Sur les bandes d'octave centrées sur 125 Hz et 250 Hz	7 dB
Sur les bandes d'octave centrées sur 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz	5 dB

Aucun terme correctif fonction de la durée cumulée du bruit particulier ne s'applique aux valeurs limites d'émergence spectrales.

Comme le mentionne l'article R1336-6 du Code de la santé publique, le critère d'émergence spectrale ne s'applique qu'à l'intérieur des pièces principales d'un logement d'habitation, fenêtres ouvertes ou fermées.

Selon cet article R1336-6, l'infraction n'est pas constituée lorsque le niveau de bruit ambiant mesuré, comportant le bruit particulier, **est inférieur à 25 dBA, si la mesure est effectuée à l'intérieur des pièces principales d'un logement d'habitation, fenêtres ouvertes ou fermées, ou à 30 dBA dans les autres cas.**

4. DEROULEMENT DU MESURAGE

4.1 Localisation des points de mesure

Les mesures ont été réalisées en 4 points en périodes diurne et nocturne du 16 au 17 avril 2024.



Plan de situation du projet et des points de mesures

Les observations pour chaque point de mesure sont reprises dans le tableau ci-dessous :

Point	Localisation	Sources sonores environnantes
ZER 1	Nord-ouest du projet	Bruit des vagues, bruit de goélands et oiseaux, bruit de circulation
ZER 2	Sud ouest du projet	Bruit des vagues, bruit des goélands et oiseaux
ZER 3	Nord est du projet	Trafic routier de la route Ecluse Bruit des vagues, bruit des goélands et oiseaux
ZER 4	Sud est du projet	Trafic routier de la route Ecluse Bruit des vagues, bruit des goélands et oiseaux

Un descriptif complet de chaque point de mesures est repris en annexe du document.

4.2 Déroulement des mesures

Les mesures ont été réalisées par M. Fabien GUILLOU, acousticien au sein de la société VENATHEC, en périodes diurne et nocturne du mardi 16 avril à 11h15 au mercredi 17 avril à 17h00.

4.3 Appareillages de mesure utilisé

Le tableau ci-dessous récapitule l'ensemble des éléments des différentes chaînes de mesure :

Nature	Marque / Type	N° de série
Sonomètres intégrateurs classe 1*	01 dB / DUO	11103 10227 10538
	01 dB / CUBE	10614
Calibreur	01dB / Cal 29	87835

* Les préamplificateurs et microphones sont associés à chaque sonomètre. Leurs références peuvent être fournis sur simple demande.

Avant et après chaque série de mesurage, chaque chaîne de mesure a été calibrée à l'aide d'un calibreur de classe 1, conforme à la norme EN CEI 60-942. **Aucune dérive supérieure à 0,5 dB n'a été constatée.**

4.4 Traçabilité et sauvegarde des mesures

Comme spécifié dans la norme NF S 31-010, seront conservés au moins 2 ans :

- La description complète de l'appareillage de mesure acoustique et l'indication des réglages utilisés ;
- Le croquis des lieux, le rapport d'étude ;
- L'ensemble des évolutions temporelles et niveaux pondérés A sous format informatique.

4.5 Conditions météorologiques rencontrées lors du mesurage

Les conditions météorologiques rencontrées sur site ont été identifiées selon les couples (U_i ; T_i), conformément à la norme NF S 31-010. Les méthodes de définition de ces couples sont explicitées en Annexe du document.

Le tableau suivant synthétise les conditions météorologiques rencontrées pendant la campagne de mesure et leurs effets sur les points de mesure.

	Période diurne		Période nocturne	
Conditions météorologiques	Direction de vent : Sud-Est Vitesse de vent : 10 à 20 km/h Couverture nuageuse : Faible Pluviométrie : Nulle		Direction de vent : Sud-Est Vitesse de vent : 10 à 20 km/h Couverture nuageuse : Faible Pluviométrie : Nulle	
Point de mesure	Etat météorologique	Effets sur le niveau sonore	Etat météorologique	Effets sur le niveau sonore
ZER 1	U4/T3	+	U4/T5	+
ZER 2	U4/T3	+	U4/T5	+
ZER 3	U4/T3	+	U4/T5	+
ZER 4	U4/T3	+	U4/T5	+

* Pour ce point, la distance source/récepteur étant inférieure à 40 m pour l'ensemble des points, l'impact des conditions météorologiques sur les mesures est négligeable.

- - État météorologique conduisant à une atténuation très forte du niveau sonore ;
- État météorologique conduisant à une atténuation forte du niveau sonore ;
- Z Effets météorologiques nuls ou négligeables ;
- + État météorologique conduisant à un renforcement faible du niveau sonore ;
- + + État météorologique conduisant à un renforcement moyen du niveau sonore.

Les périodes présentant des conditions météorologiques invalides (vent fort, pluie marquée...) ont été exclues de l'analyse.

Remarque

A noter que les conditions météorologiques décrites ci-dessus sont une simple constatation normative, présentée à titre indicatif.

Dans le cas d'une mesure de bruit résiduel, les sources environnantes pouvant être situées tout autour des points de mesure, les conditions météorologiques exercent une influence relativement mineure.

5. RESULTATS DES MESURES

Les mesurages ont été effectués conformément à la norme NF S 31-010 « Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement » sans déroger à aucune de ses dispositions.

Pour chaque point de mesure sont présentés :

- Les niveaux sonores globaux par période de mesure (diurne et nocturne) et chaque indice ;
- Les niveaux sonores par période d'une heure et pour chaque indice. Les valeurs en bleu dans les tableaux horaires correspondent aux niveaux mesurés les plus faibles en période nocturne et les valeurs en orange correspondent aux niveaux mesurés les plus faibles en journée (sur la base de l'indicateur L_{90}).

5.1 Point de mesure ZER 1

Niveaux sonores par période horaire

Date	L_{Aeq}	L_{50}	L_{90}	Date	L_{Aeq}	L_{50}	L_{90}
16/4/24 11:00	52,5	50,0	48,0	17/4/24 6:00	52,5	46,5	43,0
16/4/24 12:00	51,5	48,5	46,5	17/4/24 7:00	50,5	47,5	44,5
16/4/24 13:00	52,0	49,5	47,0	17/4/24 8:00	50,0	47,5	44,5
16/4/24 14:00	51,5	50,0	47,5	17/4/24 9:00	51,5	47,5	44,5
16/4/24 15:00	53,5	51,0	48,5	17/4/24 10:00	58,0	50,5	47,5
16/4/24 16:00	53,0	51,0	48,5	17/4/24 11:00	53,0	49,0	46,0
16/4/24 17:00	51,0	49,5	48,0	17/4/24 12:00	51,5	48,0	46,0
16/4/24 18:00	52,5	50,0	48,5	17/4/24 13:00	51,0	49,5	47,5
16/4/24 19:00	49,5	48,5	47,0	17/4/24 14:00	51,0	48,5	46,5
16/4/24 20:00	49,5	48,0	46,5	17/4/24 15:00	51,5	49,5	47,5
16/4/24 21:00	51,5	48,0	46,5	17/4/24 16:00	51,5	49,5	48,0
16/4/24 22:00	45,0	44,5	43,0				
16/4/24 23:00	48,0	43,0	42,0				
17/4/24 0:00	46,0	42,0	41,0				
17/4/24 1:00	42,5	41,0	40,0				
17/4/24 2:00	41,0	40,5	39,5				
17/4/24 3:00	43,0	40,5	40,0				
17/4/24 4:00	42,0	41,0	40,0				
17/4/24 5:00	50,5	42,0	40,5				

Les valeurs sont arrondies à 0,5 dB près

Niveaux sonores sur l'ensemble de la période de mesure

Période diurne – Total mesure		Niveaux spectraux en dB						
Indice	Niveau global en dBA	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
L_{Aeq}	52,5	59,0	50,0	48,5	49,0	47,5	44,5	43,0
L_{50}	49,0	54,5	45,0	44,0	45,5	45,0	41,0	35,0
L_{90}	46,5	50,5	41,5	40,5	42,5	42,0	38,0	31,0
Niveau le plus calme – 08h/09h		Niveaux spectraux en dB						
Indice	Niveau global en dBA	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
L_{Aeq}	50,0	56,5	45,0	42,5	44,5	44,5	41,5	44,0
L_{50}	47,5	54,5	43,0	41,0	43,0	41,5	38,5	37,0
L_{90}	44,5	52,0	41,0	39,0	41,0	39,5	35,5	28,5

Période nocturne – Total mesure		Niveaux spectraux en dB						
Indice considéré	Niveau global en dBA	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
L _{Aeq}	47,0	55,0	44,0	39,5	41,0	40,0	41,0	40,5
L ₅₀	42,0	47,0	40,0	37,5	39,5	38,0	33,5	25,5
L ₉₀	40,0	41,0	37,0	35,0	37,5	36,0	31,5	23,0
Niveau le plus calme – 02h/03h		Niveaux spectraux en dB						
Indice considéré	Niveau global en dBA	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
L _{Aeq}	41,0	43,5	38,0	36,0	38,0	37,5	33,0	24,5
L ₅₀	40,5	41,0	37,5	35,5	37,5	36,5	32,5	24,0
L ₉₀	39,5	39,5	36,0	34,0	36,5	35,5	31,5	22,5

Les valeurs sont arrondies à 0,5 dB près

5.2 Point de mesure ZER 2

Niveaux sonores par période horaire

Date	L _{Aeq}	L ₅₀	L ₉₀
16/4/24 11:00	54,5	52,0	49,0
16/4/24 12:00	51,0	50,0	47,0
16/4/24 13:00	51,5	50,5	48,0
16/4/24 14:00	54,5	52,0	50,0
16/4/24 15:00	54,0	53,0	51,0
16/4/24 16:00	53,5	53,0	51,5
16/4/24 17:00	53,0	52,5	51,0
16/4/24 18:00	53,5	53,0	51,5
16/4/24 19:00	53,0	52,5	50,5
16/4/24 20:00	53,0	52,5	50,5
16/4/24 21:00	54,0	53,0	51,5
16/4/24 22:00	49,5	48,5	45,0
16/4/24 23:00	44,5	44,0	42,5
17/4/24 0:00	44,5	44,0	42,5
17/4/24 1:00	43,5	43,0	41,0

Date	L _{Aeq}	L ₅₀	L ₉₀
17/4/24 2:00	44,0	43,0	41,0
17/4/24 3:00	46,5	46,0	45,0
17/4/24 4:00	48,0	47,5	46,5
17/4/24 5:00	48,0	48,0	47,0
17/4/24 6:00	50,5	49,0	47,5
17/4/24 7:00	52,5	51,0	49,5
17/4/24 8:00	52,5	51,0	49,0
17/4/24 9:00	52,5	51,0	49,0
17/4/24 10:00	52,5	52,0	50,0
17/4/24 11:00	51,5	50,5	48,0
17/4/24 12:00	51,0	49,5	47,5
17/4/24 13:00	51,5	51,0	48,5
17/4/24 14:00	51,5	50,5	48,0
17/4/24 15:00	53,5	52,0	49,5
17/4/24 16:00	54,0	53,5	51,5

Les valeurs sont arrondies à 0,5 dB près

Niveaux sonores par période spécifique

Période diurne – Total mesure		Niveaux spectraux en dB						
Indice	Niveau global en dBA	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
L _{Aeq}	59,0	57,0	55,0	50,5	51,0	55,5	52,5	50,0
L ₅₀	52,0	53,5	46,5	47,0	48,0	47,0	45,5	40,0
L ₉₀	49,0	49,5	43,0	43,0	44,5	44,0	41,5	35,5
Niveau le plus calme – 12h/13h		59,0						
Indice	Niveau global en dBA	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
L _{Aeq}	51,0	56,5	46,5	45,0	45,0	45,5	45,5	43,5
L ₅₀	50,0	53,0	44,0	43,5	44,5	44,5	43,0	37,5
L ₉₀	47,0	48,5	41,0	41,5	42,5	42,5	39,5	33,5

Période nocturne – Total mesure		Niveaux spectraux en dB						
Indice considéré	Niveau global en dBA	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
L _{Aeq}	47,0	50,0	47,5	44,5	44,5	42,0	39,5	36,0
L ₅₀	46,0	47,0	44,5	44,0	43,5	41,5	38,0	32,0
L ₉₀	42,5	41,0	36,0	36,5	38,0	38,0	35,0	28,0
Niveau le plus calme – 01h/02h		Niveaux spectraux en dB						
Indice considéré	Niveau global en dBA	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
L _{Aeq}	43,5	46,0	45,0	41,0	39,0	39,0	36,5	31,0
L ₅₀	43,0	42,5	38,0	37,0	38,5	38,0	36,0	30,0
L ₉₀	41,0	40,0	35,0	35,5	37,0	36,5	33,5	27,5

Les valeurs sont arrondies à 0,5 dB près

5.3 Point de mesure ZER 3

Niveaux sonores par période horaire

Date	L _{Aeq}	L ₅₀	L ₉₀
16/4/24 11:00	53,0	51,5	48,5
16/4/24 12:00	51,5	50,0	47,0
16/4/24 13:00	52,0	50,5	48,0
16/4/24 14:00	53,0	51,0	48,5
16/4/24 15:00	54,0	52,5	49,0
16/4/24 16:00	53,5	52,0	49,5
16/4/24 17:00	55,0	53,5	50,5
16/4/24 18:00	55,0	53,0	50,0
16/4/24 19:00	52,0	50,5	48,0
16/4/24 20:00	51,5	49,5	47,5
16/4/24 21:00	50,5	49,0	47,0
16/4/24 22:00	46,0	44,0	42,0
16/4/24 23:00	44,0	42,5	40,5
17/4/24 0:00	44,5	41,5	40,0
17/4/24 1:00	44,0	41,0	39,5

Date	L _{Aeq}	L ₅₀	L ₉₀
17/4/24 2:00	44,0	43,0	40,0
17/4/24 3:00	45,5	45,0	44,0
17/4/24 4:00	47,5	46,0	44,5
17/4/24 5:00	47,0	46,5	45,5
17/4/24 6:00	48,5	48,0	46,0
17/4/24 7:00	52,5	49,5	47,5
17/4/24 8:00	51,5	50,0	47,5
17/4/24 9:00	52,5	49,5	47,0
17/4/24 10:00	60,0	58,5	52,5
17/4/24 11:00	52,5	50,5	46,5
17/4/24 12:00	52,0	50,0	47,0
17/4/24 13:00	51,5	50,0	47,5
17/4/24 14:00	53,0	51,0	47,5
17/4/24 15:00	53,5	52,0	49,0
17/4/24 16:00	53,5	52,0	50,0

Les valeurs sont arrondies à 0,5 dB près

Niveaux sonores par période spécifique

Période diurne – Total mesure		Niveaux spectraux en dB						
Indice	Niveau global en dBA	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
L _{Aeq}	53,5	69,5	59,5	53,5	48,5	48,0	45,5	40,0
L ₅₀	51,0	62,5	53,0	48,5	46,0	46,0	43,5	36,5
L ₉₀	48,0	53,5	47,5	44,0	42,5	43,0	40,5	33,0
Niveau le plus calme – 11h/12h		59,0						
Indice	Niveau global en dBA	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
L _{Aeq}	52,5	67,0	57,0	50,0	47,5	48,0	45,0	38,5
L ₅₀	50,5	60,5	51,5	47,5	45,5	46,0	43,5	35,5
L ₉₀	46,5	53,0	45,0	41,5	41,0	41,5	39,0	31,5

Période nocturne – Total mesure		Niveaux spectraux en dB						
Indice considéré	Niveau global en dBA	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
L _{Aeq}	46,0	57,5	49,0	42,5	40,5	41,0	39,5	33,5
L ₅₀	44,5	50,5	46,5	41,5	39,5	40,0	38,0	30,5
L ₉₀	40,5	44,5	38,5	35,5	35,5	36,5	33,5	26,0
Niveau le plus calme – 01h/02h		Niveaux spectraux en dB						
Indice considéré	Niveau global en dBA	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
L _{Aeq}	44,0	56,0	46,0	40,0	38,0	39,5	38,0	29,0
L ₅₀	41,0	49,5	41,5	36,5	36,0	36,5	34,0	27,0
L ₉₀	39,5	43,5	36,5	34,5	34,5	35,0	32,5	25,5

Les valeurs sont arrondies à 0,5 dB près

5.4 Point de mesure ZER 4

Niveaux sonores par période horaire

Date	L _{Aeq}	L ₅₀	L ₉₀	Date	L _{Aeq}	L ₅₀	L ₉₀
16/4/24 12:00	54,5	49,5	46,5	17/4/24 3:00	40,5	39,5	38,0
16/4/24 13:00	54,0	51,0	47,0	17/4/24 4:00	41,0	39,0	37,0
16/4/24 14:00	53,5	51,0	47,0	17/4/24 5:00	40,0	38,0	36,5
16/4/24 15:00	53,5	51,0	47,0	17/4/24 6:00	43,5	39,5	37,5
16/4/24 16:00	56,5	54,0	49,5	17/4/24 7:00	49,5	41,5	39,0
16/4/24 17:00	54,0	51,5	47,5	17/4/24 8:00	49,0	43,5	40,5
16/4/24 18:00	53,5	50,5	46,5	17/4/24 9:00	49,5	43,0	40,0
16/4/24 19:00	52,0	48,5	45,5	17/4/24 10:00	50,0	45,5	42,0
16/4/24 20:00	51,0	47,0	45,0	17/4/24 11:00	50,0	47,0	42,0
16/4/24 21:00	48,0	47,0	45,0	17/4/24 12:00	52,5	48,0	45,0
16/4/24 22:00	45,0	44,0	42,5	17/4/24 13:00	48,0	46,5	44,5
16/4/24 23:00	44,0	43,5	42,0	17/4/24 14:00	51,0	49,0	45,5
17/4/24 0:00	44,0	43,0	41,0	17/4/24 15:00	50,0	48,0	45,5
17/4/24 1:00	43,0	42,0	40,5	17/4/24 16:00	50,5	48,0	46,0
17/4/24 2:00	42,0	41,0	39,0				

Les valeurs sont arrondies à 0,5 dB près

Niveaux sonores par période spécifique

Période diurne – Total mesure		Niveaux spectraux en dB						
Indice	Niveau global en dBA	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
L _{Aeq}	52,0	62,0	52,0	46,5	47,5	46,5	44,0	43,5
L ₅₀	48,0	51,5	44,5	43,0	44,5	44,0	40,5	36,0
L ₉₀	43,0	44,5	38,5	37,5	38,5	38,5	35,0	29,0
Niveau le plus calme – 07h/08h		59,0						
Indice	Niveau global en dBA	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
L _{Aeq}	49,5	52,0	44,0	40,0	47,0	46,0	39,0	39,5
L ₅₀	41,5	44,0	37,0	35,5	37,0	37,0	34,0	29,0
L ₉₀	39,0	40,0	33,5	33,0	34,5	34,5	31,5	25,5

Période nocturne – Total mesure		Niveaux spectraux en dB						
Indice considéré	Niveau global en dBA	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
L _{Aeq}	43,0	47,5	41,0	37,5	39,0	39,0	35,5	31,0
L ₅₀	41,0	39,0	35,0	35,0	37,5	37,5	33,5	26,5
L ₉₀	38,0	35,5	32,0	32,0	34,0	34,0	30,5	23,0
Niveau le plus calme – 05h/06h		Niveaux spectraux en dB						
Indice considéré	Niveau global en dBA	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
L _{Aeq}	40,0	49,0	41,5	35,5	36,5	36,0	32,0	26,5
L ₅₀	38,0	37,5	32,5	33,0	35,0	34,5	31,0	24,0
L ₉₀	36,5	35,5	31,5	31,5	33,5	33,0	29,5	22,0

Les valeurs sont arrondies à 0,5 dB près

6. CONCLUSION

Dans le cadre d'un projet de réaménagement du passage du Treiz à Douarnenez (29). Une campagne de mesurage de quatre points a été entreprise afin de caractériser l'état initial acoustique sur et autour des futurs travaux.

Les mesures ont été effectuées en périodes de jour et de nuit du 16 au 17 avril 2024 en 4 points en zone à émergence réglementée.

Les niveaux de bruit mesurés sont les suivants, arrondis à 0,5 dBA près :

Point de mesure	Période		L _{Aeq} [dBA]	L ₅₀ [dBA]	L ₉₀ [dBA]
1	Diurne	7h-22h	52,5	49,0	46,5
		Le 17/04 08h-09h	50,0	47,5	44,5
	Nocturne	22h-7h	47,0	42,0	40,0
		Le 17/04 02h-03h	41,0	40,5	39,5
2	Diurne	7h-22h	59,0	52,0	49,0
		Le 16/04 12h-13h	51,0	50,0	47,0
	Nocturne	22h-7h	47,0	46,0	42,5
		Le 17/04 01h-02h	43,5	43,0	41,0
3	Diurne	7h-22h	53,5	51,0	48,0
		Le 17/04 11h-12h	52,5	50,5	46,5
	Nocturne	22h-7h	46,0	44,5	40,5
		Le 17/04 01h-02h	44,0	41,0	39,5
4	Diurne	7h-22h	52,0	48,0	43,0
		Le 17/04 07h-08h	49,5	41,5	39,0
	Nocturne	22h-7h	43,0	41,0	38,0
		Le 17/04 05h-06h	40,0	38,0	36,5

Les résultats détaillés sont mentionnés dans le corps du rapport.

Les résultats de ces mesures serviront de référence pour définir le niveau de bruit résiduel.

Il est rappelé, à toutes fins utiles, que les résultats présentés dans ce rapport concernent les niveaux de bruit mesurés in situ aux points spécifiés dans le rapport, et dans les conditions du jour de mesure (trafic routier, conditions météorologiques, événements sonores ponctuels, etc). Un autre jour, dans des conditions différentes, et a fortiori en une localisation différente, les résultats peuvent être différents. Il conviendra donc d'intégrer cet aspect dans l'évaluation des contraintes acoustiques du futur projet.

7. ANNEXES

7.1 Annexe A : Glossaire

Généralités acoustiques

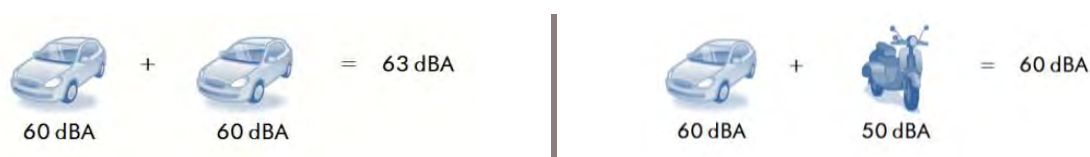
Décibel (dB)

Le son est une sensation auditive produite par une variation rapide de la pression de l'air. Dans la pratique, l'échelle de perception de l'oreille humaine étant très vaste, on utilise une échelle logarithmique, plus adaptée pour caractériser le niveau sonore. Cette échelle réduite s'exprime en décibel (dB).

On ne peut donc pas ajouter arithmétiquement les décibels de deux bruits pour arriver au niveau sonore global.

À noter 2 règles simples :

- $60 \text{ dB} + 60 \text{ dB} = 63 \text{ dBA}$;
- $60 \text{ dB} + 50 \text{ dB} \approx 60 \text{ dB}$.



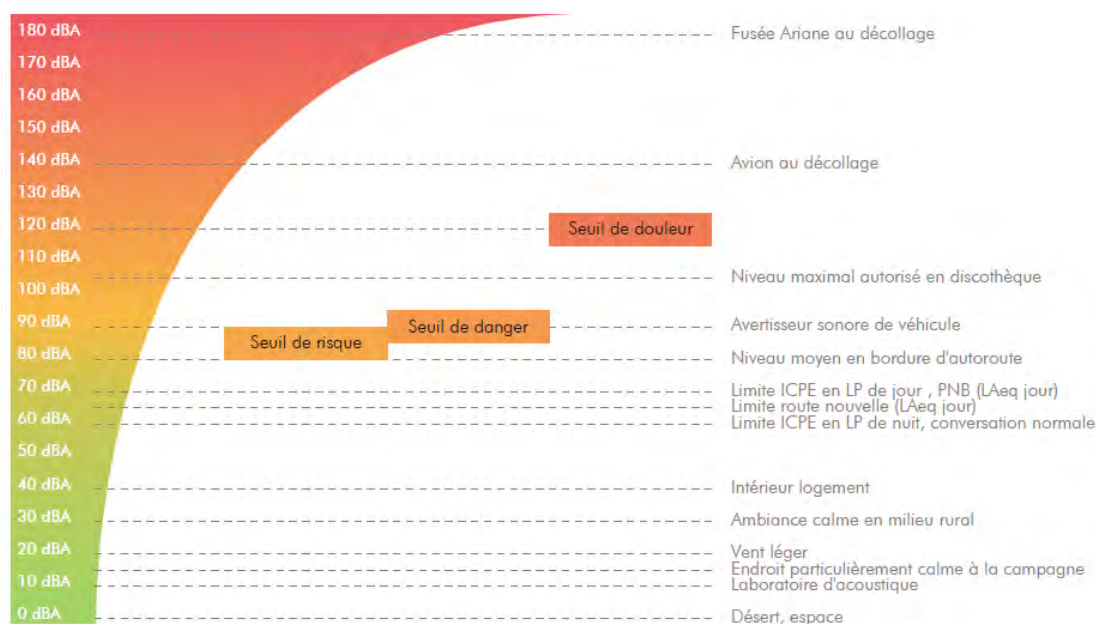
Décibel pondéré A (dBA)

La forme de l'oreille humaine influençant directement le niveau sonore perçu par l'être humain, on applique généralement au niveau sonore mesuré, une pondération dite de type A pour prendre en compte cette influence. On parle alors de niveau sonore pondéré A, exprimé en dBA.

A noter 2 règles simples :

- L'oreille humaine fait une distinction entre deux niveaux sonores à partir d'un écart de 3 dBA ;
- Une augmentation du niveau sonore de 10 dBA est perçue par l'oreille comme un doublement de la puissance sonore.

Echelle sonore



Fréquence / Octave / Tiers d'octave

La fréquence d'un son correspond au nombre de variations d'oscillations identiques que réalise chaque molécule d'air par seconde. Elle s'exprime en Hertz (Hz).

Pour l'être humain, plus la fréquence d'un son sera haute, plus le son sera perçu comme aigu. A l'inverse, plus la fréquence d'un son sera basse, plus le son sera perçu comme grave.

En pratique, pour caractériser un son, on utilise des intervalles de fréquence.

Chaque intervalle de fréquence est caractérisé par ses 2 bornes dont la plus haute fréquence (f_2) est le double de la plus basse (f_1) pour une octave, et la racine cubique de 2 pour le tiers d'octave.

L'analyse en fréquence par bande de tiers d'octave correspond à la résolution fréquentielle de l'oreille humaine.

1/1 octave	1/3 octave	
$f_2 = 2 * f_1$	$f_2 = \sqrt[3]{2} * f_1$	f_c : fréquence centrale $\Delta f = f_2 - f_1$
$f_c = \sqrt{2} * f_1$	$\Delta f / f_c = 23\%$	
$\Delta f / f_c = 71\%$		

Niveau sonore équivalent L_{eq}

Niveau sonore en dB intégré sur une période de mesure. L'intégration est définie par une succession de niveaux sonores intermédiaires mesurés selon un intervalle d'intégration. Généralement dans l'environnement, l'intervalle d'intégration est fixé à 1 seconde (appelé L_{eq} court). Le niveau global équivalent se note L_{eq} , il s'exprime en dB. Lorsque les niveaux sont pondérés selon la pondération A, on obtient un indicateur noté L_{Aeq} .

Termes particuliers liés à l'acoustique d'une installation ICPE

Niveau résiduel L_{res}

Le niveau résiduel caractérise le niveau de bruit obtenu dans les conditions environnementales initiales du site, c'est-à-dire en l'absence du bruit généré par l'établissement.

Niveau particulier L_{part}

Le niveau particulier caractérise le niveau de bruit généré par l'activité de l'établissement.

Niveau ambiant L_{amb}

Le niveau ambiant caractérise le niveau de bruit obtenu en considérant l'ensemble des sources présentes dans l'environnement du site. En l'occurrence, ce niveau sera la somme logarithmique du bruit résiduel et du bruit particulier de l'établissement.

Emergence acoustique E

L'émergence acoustique est fondée sur la différence entre le niveau de bruit équivalent pondéré A du bruit ambiant (comportant le bruit particulier de l'établissement en fonctionnement) et celui du résiduel.

$$E = L_{eq \text{ ambiant}} - L_{eq \text{ résiduel}}$$

$$E = L_{eq \text{ établissement en fonctionnement}} - L_{eq \text{ établissement à l'arrêt}}$$

Niveau fractile (L_n)

Le niveau fractile L_n représente le niveau sonore qui a été dépassé pendant n% du temps du mesurage. L'utilisation des niveaux fractiles permet dans certains cas de s'affranchir du bruit provenant d'événements perturbateurs et non représentatifs.

Limite de propriété (LP)

En ce qui concerne les mesures acoustiques effectuées lors d'un contrôle de site industriel, les mesures peuvent être effectuées en limites de propriété interne ou externe au site.

Zone à Emergence Réglementée (ZER)

Définie comme étant l'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers, existant à la date de l'arrêté d'autorisation de l'installation et leurs parties extérieures éventuelles les plus proches (cour, jardin, terrasse) ;

Une ZER peut également être une zone constructible définie par des documents d'urbanisme opposables aux tiers et publiés à la date de l'arrêté d'autorisation, ainsi que l'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers qui ont été implantés après la date de l'arrêté d'autorisation dans les zones constructibles définies ci-avant et leurs parties extérieures éventuelles les plus proches (cour, jardin, terrasse), à l'exclusion de celles des immeubles implantés dans les zones destinées à recevoir des activités artisanales ou industrielles.

7.2 Annexe B : Conditions météorologiques - Principe de la norme

Les conditions météorologiques peuvent influencer sur le résultat de deux manières :

- par perturbation du mesurage, en particulier par action sur le microphone, il convient donc de ne pas faire de mesurage quand la vitesse du vent est supérieure à 5 m.s-1, ou en cas de pluie marquée ;
- lorsque la (les) source(s) de bruit est (sont) éloignée(s), le niveau de pression acoustique mesuré est fonction des conditions de propagation liées à la météorologie. Cette influence est d'autant plus importante que l'on s'éloigne de la source.

Il faut donc tenir compte de deux zones d'éloignement :

- la distance source/récepteur est inférieure à 40 m : il est juste nécessaire de vérifier que la vitesse du vent est faible, qu'il n'y a pas de pluie marquée. Dans le cas contraire, il n'est pas possible de procéder au mesurage ;
- la distance source/récepteur est supérieure à 40 m : procéder aux mêmes vérifications que ci-dessus. Il est nécessaire en complément d'indiquer les conditions de vent et de température, appréciées sans mesure, par simple observation, selon le codage ci-après.

Les conditions météorologiques doivent être identifiées conformément aux indications du tableau ci-après.

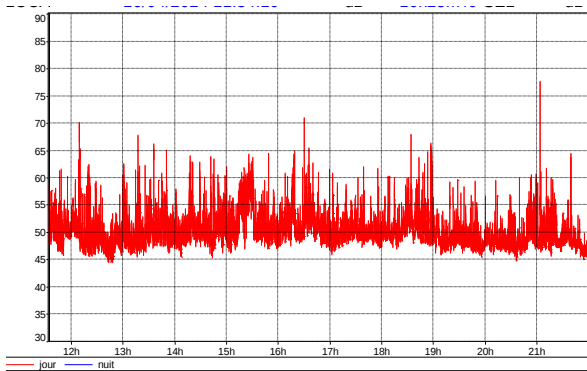
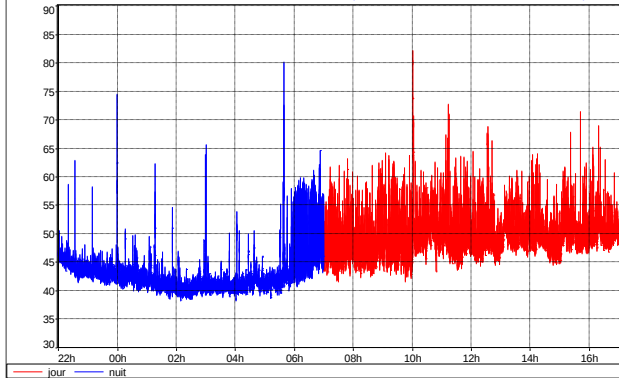
U1 : vent fort (3 m/s à 5 m/s) contraire au sens source - récepteur	T1 : jour et fort ensoleillement et surface sèche et peu de vent
U2 : vent moyen à faible (1 m/s à 3 m/s) contraire ou vent fort, peu contraire	T2 : mêmes conditions que T1 mais au moins une est non vérifiée
U3 : vent nul ou vent quelconque de travers	T3 : lever du soleil ou coucher du soleil ou (temps couvert et venteux et surface pas trop humide)
U4 : vent moyen à faible portant ou vent fort peu portant ($\pm 45^\circ$)	T4 : nuit et (nuageux ou vent)
U5 : vent fort portant	T5 : nuit et ciel dégagé et vent faible

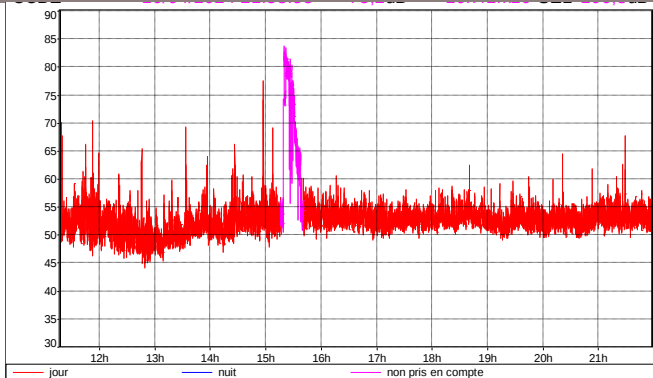
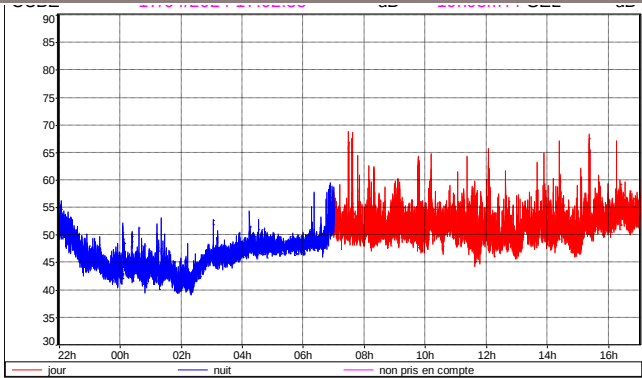
Il est donc nécessaire de s'assurer de la stabilité des conditions météorologiques pendant toute la durée de l'intervalle de mesurage. L'estimation qualitative de l'influence des conditions météorologiques se fait par l'intermédiaire de la grille ci-dessous :

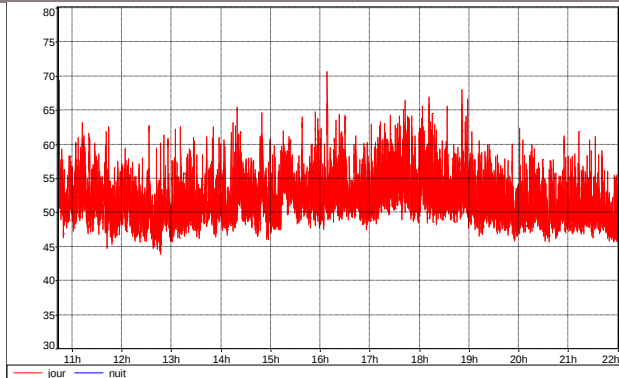
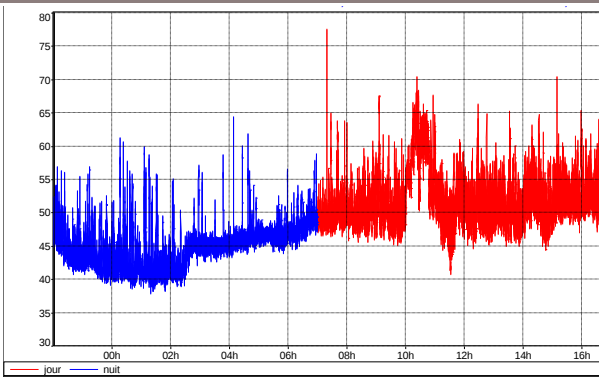
- - État météorologique conduisant à une atténuation très forte du niveau sonore ;
- État météorologique conduisant à une atténuation forte du niveau sonore ;
- Z Effets météorologiques nuls ou négligeables ;
- + État météorologique conduisant à un renforcement faible du niveau sonore ;
- + + État météorologique conduisant à un renforcement moyen du niveau sonore.

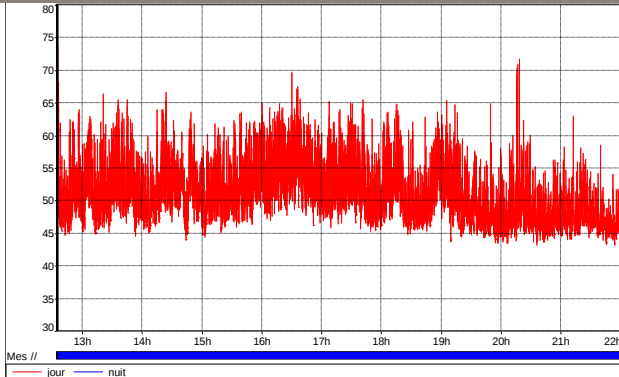
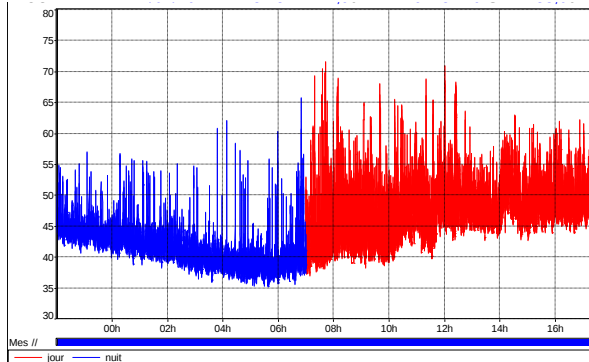
	U1	U2	U3	U4	U5
T1		- -	-	-	
T2	- -	-	-	Z	+
T3	-	-	Z	+	+
T4	-	Z	+	+	++
T5		+	+	++	

7.3 Annexe C : Fiches de mesures

ZER 1															
Période de mesure	Photos du point de mesure	Emplacement du point	Résultats (en dBA)												
Du mardi 16 avril à 11h30 au mercredi 17 avril à 17h00	 		Période diurne <table><tr><td>L_{Aeq,T}</td><td>L_{A50}</td><td>L_{A90}</td></tr><tr><td>52,5</td><td>49,0</td><td>46,5</td></tr></table> Période nocturne <table><tr><td>L_{Aeq,T}</td><td>L_{A50}</td><td>L_{A90}</td></tr><tr><td>47,0</td><td>42,0</td><td>40,0</td></tr></table>	L _{Aeq,T}	L _{A50}	L _{A90}	52,5	49,0	46,5	L _{Aeq,T}	L _{A50}	L _{A90}	47,0	42,0	40,0
L _{Aeq,T}	L _{A50}	L _{A90}													
52,5	49,0	46,5													
L _{Aeq,T}	L _{A50}	L _{A90}													
47,0	42,0	40,0													
Environnement sonore															
Feuillages, bruit des vagues, goélands, bruit de fond de circulation, oiseaux															
Evolutions temporelles															
															

ZER 2																					
Période de mesure	Photos du point de mesure	Emplacement du point	Résultats (en dBA)																		
Du mardi 16 avril à 11h30 au mercredi 17 avril à 17h00			<table><tr><th colspan="3">Période diurne</th></tr><tr><td>L_{Aeq,T}</td><td>L_{A50}</td><td>L_{A90}</td></tr><tr><td>59,0</td><td>52,0</td><td>49,0</td></tr><tr><th colspan="3">Période nocturne</th></tr><tr><td>L_{Aeq,T}</td><td>L_{A50}</td><td>L_{A90}</td></tr><tr><td>47,0</td><td>46,0</td><td>42,5</td></tr></table>	Période diurne			L _{Aeq,T}	L _{A50}	L _{A90}	59,0	52,0	49,0	Période nocturne			L _{Aeq,T}	L _{A50}	L _{A90}	47,0	46,0	42,5
Période diurne																					
L _{Aeq,T}	L _{A50}	L _{A90}																			
59,0	52,0	49,0																			
Période nocturne																					
L _{Aeq,T}	L _{A50}	L _{A90}																			
47,0	46,0	42,5																			
Environnement sonore																					
Feuillages, bruit des vagues, goélands, oiseaux																					
Evolutions temporelles																					
																					

ZER 3																					
Période de mesure	Photos du point de mesure	Emplacement du point	Résultats (en dBA)																		
Du mardi 16 avril à 11h00 au mercredi 17 avril à 17h00			<table><tr><th colspan="3">Période diurne</th></tr><tr><td>L_{Aeq,T}</td><td>L_{A50}</td><td>L_{A90}</td></tr><tr><td>53,5</td><td>51,0</td><td>48,0</td></tr><tr><th colspan="3">Période nocturne</th></tr><tr><td>L_{Aeq,T}</td><td>L_{A50}</td><td>L_{A90}</td></tr><tr><td>46,0</td><td>44,5</td><td>40,5</td></tr></table>	Période diurne			L _{Aeq,T}	L _{A50}	L _{A90}	53,5	51,0	48,0	Période nocturne			L _{Aeq,T}	L _{A50}	L _{A90}	46,0	44,5	40,5
Période diurne																					
L _{Aeq,T}	L _{A50}	L _{A90}																			
53,5	51,0	48,0																			
Période nocturne																					
L _{Aeq,T}	L _{A50}	L _{A90}																			
46,0	44,5	40,5																			
Environnement sonore																					
Circulation, écluse, bruit des vagues, goélands																					
Evolutions temporelles																					
																					

ZER 4															
Période de mesure	Photos du point de mesure	Emplacement du point	Résultats (en dBA)												
Du mardi 16 avril à 12h30 au mercredi 17 avril à 17h00	 		Période diurne <table><tr><td>L_{Aeq,T}</td><td>L_{A50}</td><td>L_{A90}</td></tr><tr><td>52,0</td><td>48,0</td><td>43,0</td></tr></table> Période nocturne <table><tr><td>L_{Aeq,T}</td><td>L_{A50}</td><td>L_{A90}</td></tr><tr><td>43,0</td><td>41,0</td><td>38,0</td></tr></table>	L _{Aeq,T}	L _{A50}	L _{A90}	52,0	48,0	43,0	L _{Aeq,T}	L _{A50}	L _{A90}	43,0	41,0	38,0
L _{Aeq,T}			L _{A50}	L _{A90}											
52,0	48,0	43,0													
L _{Aeq,T}	L _{A50}	L _{A90}													
43,0	41,0	38,0													
Environnement sonore															
Circulation, bruit des vagues, goélands, feuillages, oiseaux															
Evolutions temporelles															
															

7.4 Annexe D : Exemple de calcul de niveaux limites admissibles

Exemple pour un point LP

Période diurne

Lorsque l'activité sera en fonctionnement, le niveau ambiant en limite de propriété ne devra pas dépasser 70 dBA, ce qui signifie que le niveau de bruit particulier du site ne devra pas se situer au-delà de la valeur suivante :

- Bruit résiduel LAeq de 50,0 dBA ;
- Bruit ambiant maximum admissible de 70,0 dBA ;
- Soit un niveau de bruit particulier max admissible égal à :
 - $L_{Particulier} = 10 \log (10^{0,1 \cdot L_{Ambiant}} - 10^{0,1 \cdot L_{Résiduel}}) = 70,0 \text{ dBA}$

Période nocturne

Lorsque l'activité sera en fonctionnement, le niveau ambiant en limite de propriété ne devra pas dépasser 60 dBA, ce qui signifie que le niveau de bruit particulier du site ne devra pas se situer au-delà de la valeur suivante :

- Bruit résiduel LAeq de 55,0 dBA ;
- Bruit ambiant maximum admissible de 60,0 dBA ;
- Soit un niveau de bruit particulier max admissible égal à :
 - $L_{Particulier} = 10 \log (10^{0,1 \cdot L_{Ambiant}} - 10^{0,1 \cdot L_{Résiduel}}) = 58,3 \text{ dBA}$

Exemple pour un point ZER

Période diurne

Lorsque l'activité sera en fonctionnement, le niveau d'émergence sonore ne devra pas dépasser 5 dBA, ce qui signifie que le niveau de bruit particulier du site ne devra pas se situer au-delà de la valeur suivante :

- Bruit résiduel LA₉₀ de 48,0 dBA ;
- Soit un bruit ambiant maximum admissible égal à :
 - $L_{Ambiant} = LA_{90} + 5,0 \text{ dBA} = 53,0 \text{ dBA}$
- Soit un niveau de bruit particulier max admissible égal à :
 - $L_{Particulier} = 10 \log (10^{0,1 \cdot L_{Ambiant}} - 10^{0,1 \cdot L_{Résiduel}}) = 51,3 \text{ dBA}$

Période nocturne

Lorsque l'activité sera en fonctionnement, le niveau d'émergence sonore ne devra pas dépasser 3 dBA, ce qui signifie que le niveau de bruit particulier du site ne devra pas se situer au-delà de la valeur suivante :

- Bruit résiduel LA₉₀ de 48,5 dBA ;
- Soit un bruit ambiant max admissible égal à :
 - $L_{Ambiant} = LA_{90} + 3,0 \text{ dBA} = 51,5 \text{ dBA}$
- Soit un niveau de bruit particulier max admissible égal à :
 - $L_{Particulier} = 10 \log (10^{0,1 \cdot L_{Ambiant}} - 10^{0,1 \cdot L_{Résiduel}}) = 48,5 \text{ dBA}$



VENATHEC NORD
256, avenue Eugène Avinée
CHU Eurasanté
59120 LOOS
Tél : 03 83 56 02 25

COMMUNE DE DOUARNENEZ
Réaménagement de Chemin du Treiz
Etude d'impact acoustique des travaux
24-24-60-01-A-00300-01-B-HIC

Votre interlocuteur VENATHEC
Hugo VICENTE
Acousticien
h.vicente@venathec.com
06 65 64 84 79

COMMUNE DE DOUARNENEZ
Carole DELMAS
Directrice des services techniques
Carole.delmas@douarnenez.bzh
02 98 74 46 31

ETUDE ACOUSTIQUE

Acoustique Environnemental

venathec.com



VENATHEC SAS au capital de 750 000 €
Société enregistrée au RCS Nancy B sous le numéro 423 893 296 – APE 7112B
N° TVA intracommunautaire FR 06 423 893 296



Client

Raison Sociale	COMMUNE DE DOUARNENEZ
Adresse	Chemin du Treiz DOUARNENEZ 29100
Interlocuteur	Mme Carole DELMAS
Téléphone	02 98 74 46 31
Courriel	Carole.delmas@douarnenez.bzh

Diffusion

Version	B
Date	15 juillet 2024

Rédacteur
Hugo VICENTE

Relecteur
Yann TISCHMACHER

La diffusion ou la reproduction de ce document n'est autorisée que sous la forme d'un fac-similé comprenant 25 pages.

Table des matières

1. INTRODUCTION.....	4
2. RAPPEL DES RESULTATS DES MESURES ACOUSTIQUES.....	5
3. PRESENTATION GENERALE DES TRAVAUX.....	7
4. CONTEXTE REGLEMENTAIRE.....	8
4.1 Exigences du code de la santé publique	8
4.2 Matériel et engin de chantier.....	8
5. MODELISATION ACOUSTIQUE.....	9
5.1 Logiciel utilisé.....	9
5.2 Hypothèses de modélisation	9
5.3 Détermination des niveaux de bruits actuels.....	14
6. RESULTATS DES SIMULATIONS.....	15
6.1 Scénario 1.....	16
6.2 Scénario 2	18
6.3 Scénario 3	20
7. PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES EN PHASE CHANTIER.....	22
8. CONCLUSION.....	23
9. ANNEXES	24
9.1 Annexe 1 : Glossaire	24

1. INTRODUCTION

Ce rapport fait état des résultats des simulations acoustiques de l'impact des travaux du projet d'aménagement d'un chemin piétonnier/vélo/PMR reliant le port de Tréboul au port RHU.

En particulier, ce document reprend les éléments suivants :

- Le rappel des résultats des mesures acoustiques
- La description des travaux ;
- La réglementation applicable ;
- Les scénarios et hypothèses prises en considération dans les calculs ;
- Les résultats des simulations et la présentation des cartes de bruit ;

2. RAPPEL DES RESULTATS DES MESURES ACOUSTIQUES

La société VENATHEC, mandatée par la ville de DOUARNENEZ pour la réalisation des mesures et analyse des résultats, a réalisé une campagne de mesure les 16 et 17 avril 2024 au passage du Treiz à Douarnenez (29) en 4 points.

La synthèse des résultats est présentée ci-dessous.

Localisation des points de mesure



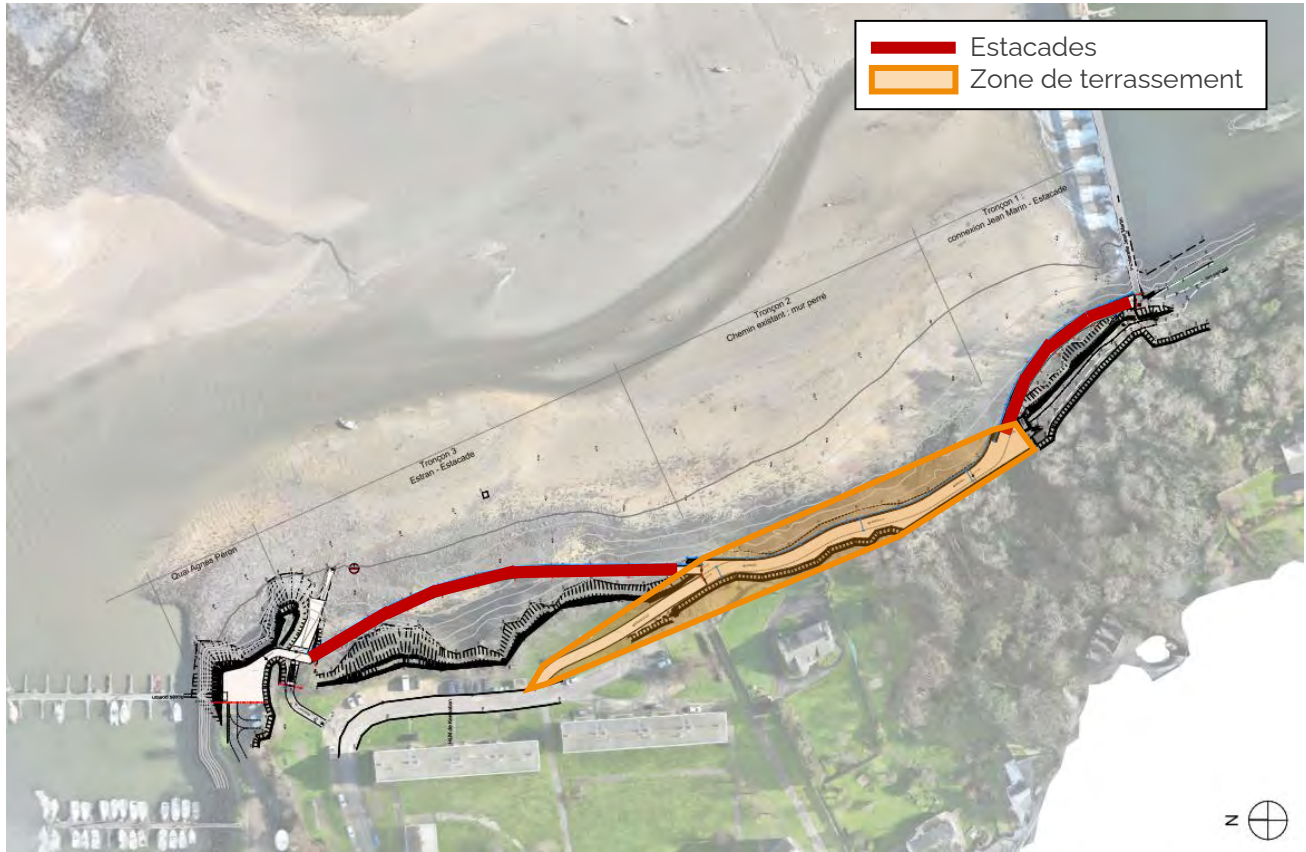
Plan de situation du projet et des points de mesures

Résultats des mesures

Point de mesure	Période		L _{Aeq} [dBA]	L ₅₀ [dBA]	L ₉₀ [dBA]
1	Diurne	7h-22h	52,5	49,0	46,5
		Le 17/04 08h-09h	50,0	47,5	44,5
	Nocturne	22h-7h	47,0	42,0	40,0
		Le 17/04 02h-03h	41,0	40,5	39,5
2	Diurne	7h-22h	59,0	52,0	49,0
		Le 16/04 12h-13h	51,0	50,0	47,0
	Nocturne	22h-7h	47,0	46,0	42,5
		Le 17/04 01h-02h	43,5	43,0	41,0
3	Diurne	7h-22h	53,5	51,0	48,0
		Le 17/04 11h-12h	52,5	50,5	46,5
	Nocturne	22h-7h	46,0	44,5	40,5
		Le 17/04 01h-02h	44,0	41,0	39,5
4	Diurne	7h-22h	52,0	48,0	43,0
		Le 17/04 07h-08h	49,5	41,5	39,0
	Nocturne	22h-7h	43,0	41,0	38,0
		Le 17/04 05h-06h	40,0	38,0	36,5

3. PRESENTATION GENERALE DES TRAVAUX

Le projet consiste en un réaménagement d'un chemin entre le port de Tréboul et le port RHU dans la commune de Douarnenez (29). Dans ce contexte, il est prévu de construire 2 estacades et de modifier un chemin existant afin de faciliter le passage entre ces ports.



Plan des travaux

Les travaux se dérouleront uniquement en période diurne, d'une durée maximale de 5h par jour. Par conséquent, l'étude d'impact des bruits du chantier portera uniquement sur la période diurne. Pour la création des nouvelles estacades, la mise en place de micropieux va être nécessaire afin de maintenir ces quais.

Après analyse des différents documents transmis sur le déroulement des travaux, il a pu être défini plusieurs sources sonores :

- Foreuse de micropieux au niveau des estacades ;
- Pelleteuse : servant à la modification du chemin entre les deux estacades ;
- Trafic routier : Transport de matériaux par camion.

4. CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Il n'y a pas de réglementation spécifique concernant les bruits de chantier. La seule référence réglementaire est le Décret n°2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage, à travers l'article R 1334-36.

4.1 Exigences du code de la santé publique

Les bruits ayant pour origine un chantier et n'étant pas soumis à la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, ils sont concernés par l'article R. 1336-10 du code de la santé publique. Celui-ci précise que lorsque le bruit a pour origine un chantier de travaux, « l'atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme est caractérisée par l'une des circonstances suivantes :

- Le non-respect des conditions fixées par les autorités compétentes en ce qui concerne soit la réalisation des travaux, soit l'utilisation ou l'exploitation de matériels ou d'équipements ;
- L'insuffisance de précautions appropriées pour limiter ce bruit ;
- Un comportement anormalement bruyant ».

Cet article ne précise donc pas de valeur limite à respecter

4.2 Matériel et engin de chantier

4.2.1 Normes des engins de chantier/Niveaux vibratoires

- Norme Française E 90401 ;
- Norme ISO 2631 ;
- Règles techniques annexées à la circulaire du 23 juillet 1986 relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées", concernant la sécurité des bâtiments.

4.2.2 Textes réglementaires

- **Arrêté du 12 mai 1997** : concerne l'utilisation d'engins dûment « homologués » s'agissant de leurs caractéristiques acoustiques ;
- **Directive N°2000/14/CE, du 8 mai 2000**, concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux émissions sonores dans l'environnement des matériels destinés à être utilisés à l'extérieur des bâtiments ;
- **Arrêté du 22 mai 2006** modifiant l'arrêté du 18 mars 2002 relatif aux émissions sonores dans l'environnement des matériels destinés à être utilisés à l'extérieur des bâtiments
- **Arrêté du 21 janvier 2004** relatif au régime des émissions sonores des matériels destinés à être utilisés à l'extérieur des bâtiments

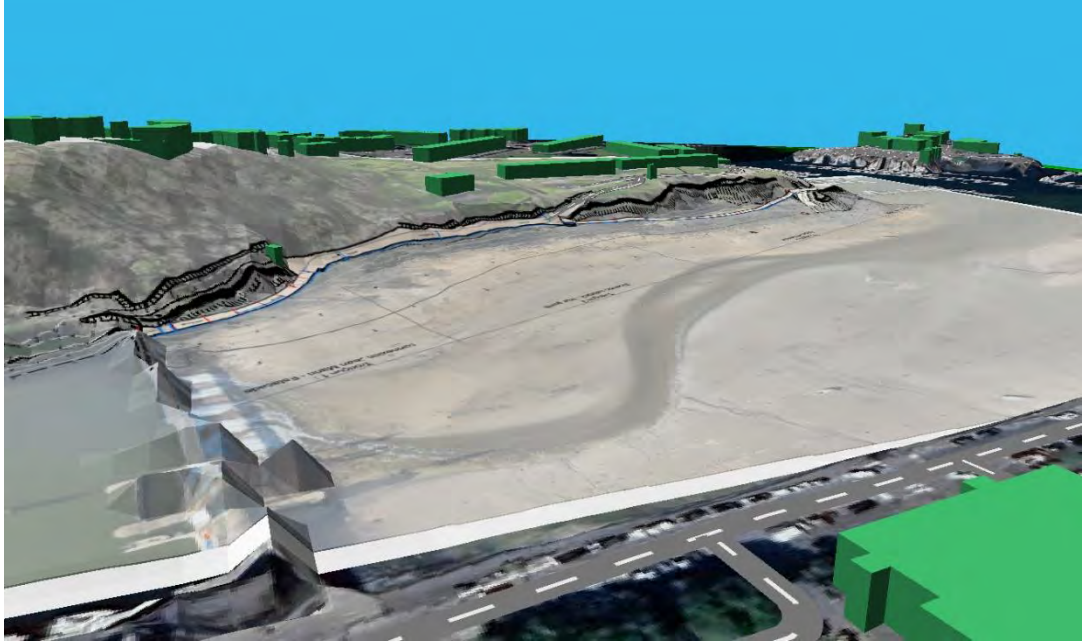
Bien évidemment, l'ensemble des matériels de chantier utilisés doit être conformes aux réglementations en vigueur en matière de lutte contre le bruit et d'acoustique.

5. MODELISATION ACOUSTIQUE

5.1 Logiciel utilisé

Afin de réaliser l'étude d'impact acoustique, une modélisation 3D a été réalisée à l'aide du logiciel CADNAA (version 2021) de DATAKUSTIK.

Le logiciel CADNAA permet le calcul de la propagation sonore en milieu extérieur par une méthode de tirs de rayons. Il permet de modéliser différentes sources de bruits (ponctuelles, surfaciques et linéiques).



Vue 3D de la modélisation CadnaA

La méthode de calcul implémentée dans le logiciel est conforme aux dernières normes de calcul en vigueur (ISO 9613-1 et 9613-2) et tiennent compte notamment :

- De la topographie du terrain,
- De la présence d'obstacles (bâtiments, écrans, etc.),
- Des caractéristiques des sources acoustiques (ponctuelles, linéiques, surfaciques, directivité...);
- Des conditions météorologiques.

5.2 Hypothèses de modélisation

La modélisation avec le logiciel d'acoustique environnementale CADNAA a été réalisée en tenant compte de différents paramètres :

- Implantation des bâtiments concernés par les nuisances (issue de OpenStreetMap, la hauteur des bâtiments a été fixée à 6m) ;
- Topographie (issue des données SRTM) ;
- Conditions météorologiques en vent portant dans toutes les directions (cas conservateur) ;
- Puissance acoustique des différentes sources potentielles de bruit (détail des sources sonores modélisées dans le paragraphe 5.2.2) ;
- Méthode de calcul de propagation sonore environnementale ISO 9613-1/9613-2.

5.2.1 Paramètres généraux de calcul

Les paramètres généraux pris en compte dans les calculs sont détaillés ci-dessous. Ils correspondent aux paramètres habituellement appliqués dans ce genre d'étude.

- Température de 20°C ;
- Absorption au sol : 0,3;
- Nombre de réflexions successives : 5 ;
- Réflexion sur bâtiment : $\alpha_w = 0,21$;
- Hygrométrie de 90 % ;
- Cartographie acoustique : maillage de 5m x 5m, à une hauteur de 2 m du sol.

5.2.2 Modélisation des sources sonores

Les données acoustiques prises en compte dans les calculs sont issues d'une part, de la norme britannique BS5228-1 et d'autre part de la base de données interne à VENATHEC. Ces données sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Type de source	Niveaux de puissance acoustique par bandes d'octave Lw en dB								Niveau global LwA en dBA
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Forage de micropieux	113,5	110,0	103,0	101,5	100,5	96,0	90,0	90,5	105,0
Terrassement pelleteuse	103,5	105,5	107,0	104,5	102,0	98,5	92,5	87,0	107,0
Camion	100,5	96,0	92,5	95,5	96,5	94,0	96,5	95,0	102,5

Le forage de micropieux et le terrassement de pelleteuse ont été modélisés sous formes de sources ponctuelles à 2 mètres du sol. Ces sources sont considérées comme fonctionnant simultanément, ce qui est un cas assez défavorable. Le trafic de camion a été modélisé sous forme de source linéique avec un trafic de 5 camions par heure, étant un cas très défavorable.

5.2.3 Localisation des sources et des points de réception

5.2.3.1 Points de réception

Afin de simuler l'impact acoustique prévisionnel au niveau du voisinage le plus proche, des points de réception ont été modélisés au niveau des bâtiments d'habitation les plus proches et au niveau des points de mesures acoustique réalisés in situ.

Les points de réception sont placés à 2m en façade des habitations, sur la façade la plus exposée aux travaux et à une hauteur de 1,50 et de 4,50 m par rapport au sol.

Le tableau de la page suivante réprecise les différents points modélisés et leurs localisations :

Point modélisé	Localisation	Point de mesure associé pour la mesure de bruit résiduel
Point 1	Habitation	ZER 1
Point 2	Habitation	ZER 1
Point 3	Habitation	ZER 2
Point 4	Habitation	ZER 2
Point 5	Habitation	ZER 3
Point 6	Habitation	ZER 4



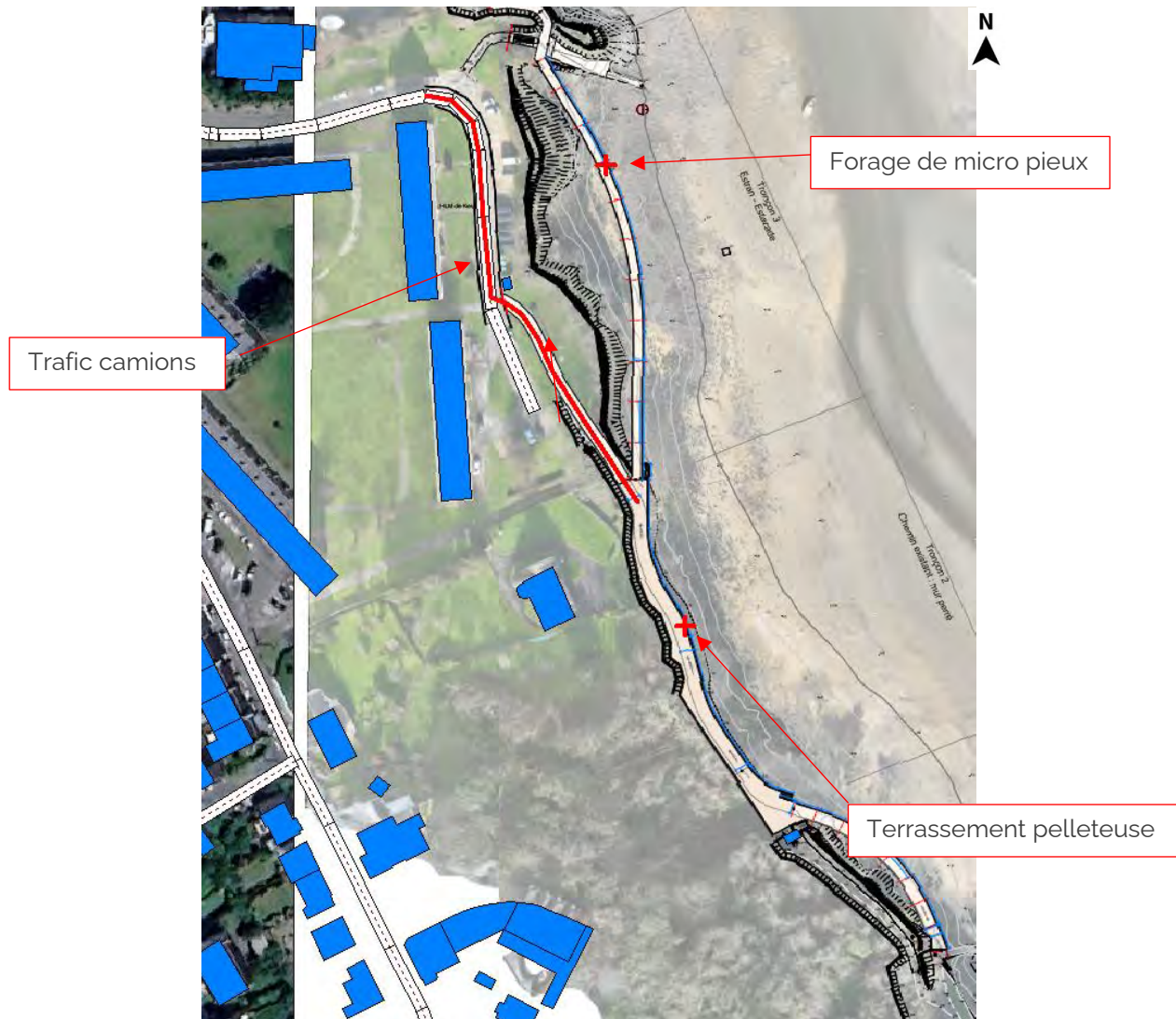
Plan de localisation des points de mesure

5.2.3.2 Sources de bruit

Les plans ci-dessous localisent le positionnement des sources sonores selon les 3 scénarios définis ci-dessous :

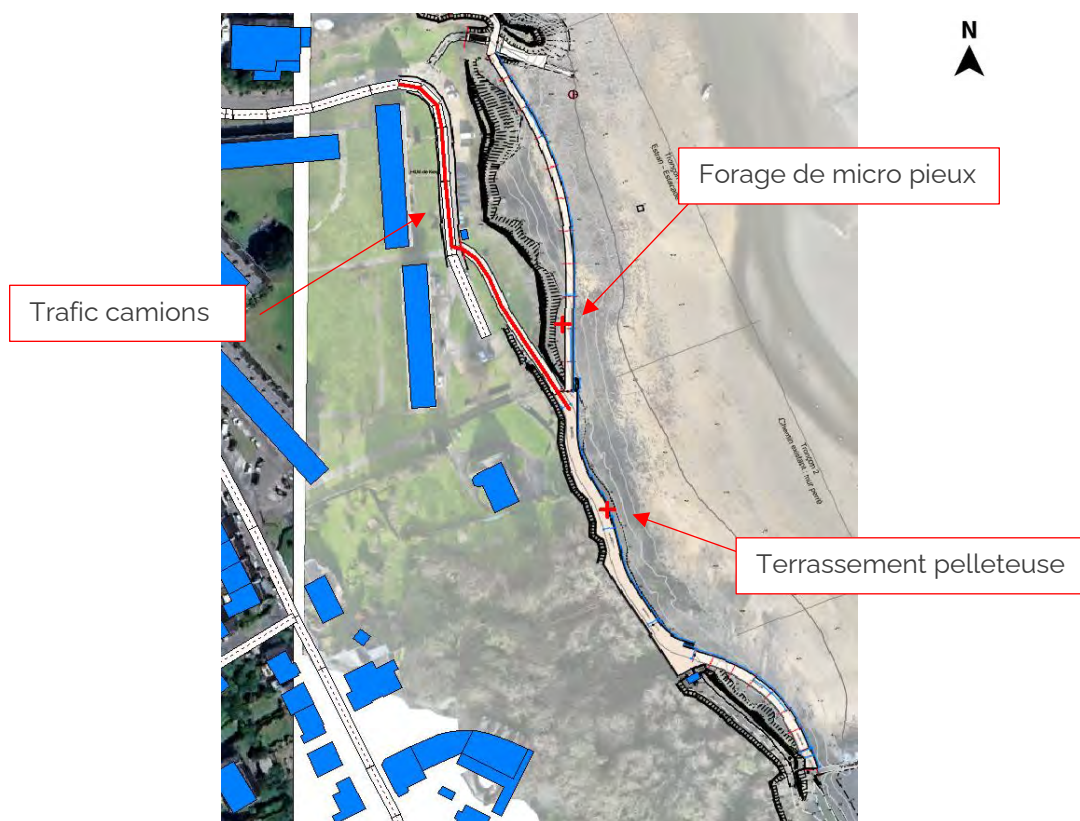
- Scénario 1 : Forage de micros pieux au nord de la première estacade, Terrassement du terrain entre les deux estacades, et trafic de camion.
- Scénario 2 : Forage de micros pieux au sud de la première estacade, Terrassement du terrain entre les deux estacades, et trafic de camion.
- Scénario 3 : Forage de micros pieux au sud de la première estacade, Terrassement du terrain entre les deux estacades, et trafic de camion.

Scénario 1



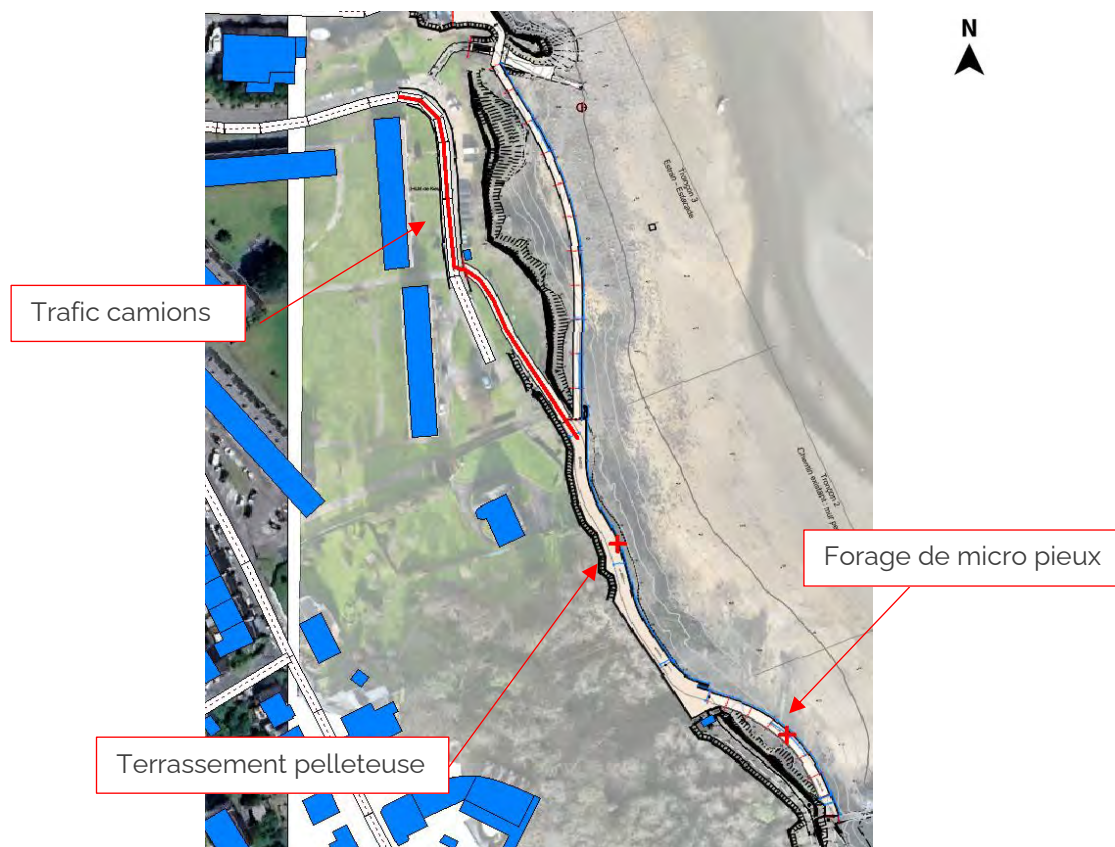
Localisation des source sonores du scenario 1

Scenario 2



Localisation des source sonores du scenario 2

Scenario 3



Localisation des source sonores du scenario 3

5.3 Détermination des niveaux de bruits actuels

Afin de caractériser l'impact sonore des travaux au niveau du voisinage, il faut calculer l'écart entre le niveau sonore en l'absence de travaux et les niveaux sonores ambiants pendant les travaux. Les niveaux sonores en l'absence de travaux sont déterminés à partir des mesures de bruit réalisées in situ. Il est alors nécessaire de déterminer les niveaux sonores actuels retenus. Afin de se placer dans une approche conservatrice, l'indicateur L₅₀ est utilisé lors de l'heure la plus calme de la période de mesurage pour chaque point. Le tableau ci-dessous résume les niveaux sonores à l'état actuel retenus en chaque point de mesure.

Points de mesure	Indicateur de mesure retenu	Heure de mesurage sélectionnée	Niveau de bruit actuel retenu en dBA
ZER 1	L ₅₀	Le 17/04 8h – 9h	47,5
ZER 2		Le 16/04 12h – 13h	50,0
ZER 3		Le 17/04 11h – 12h	50,5
ZER 4		Le 17/04 7h – 8h	41,5

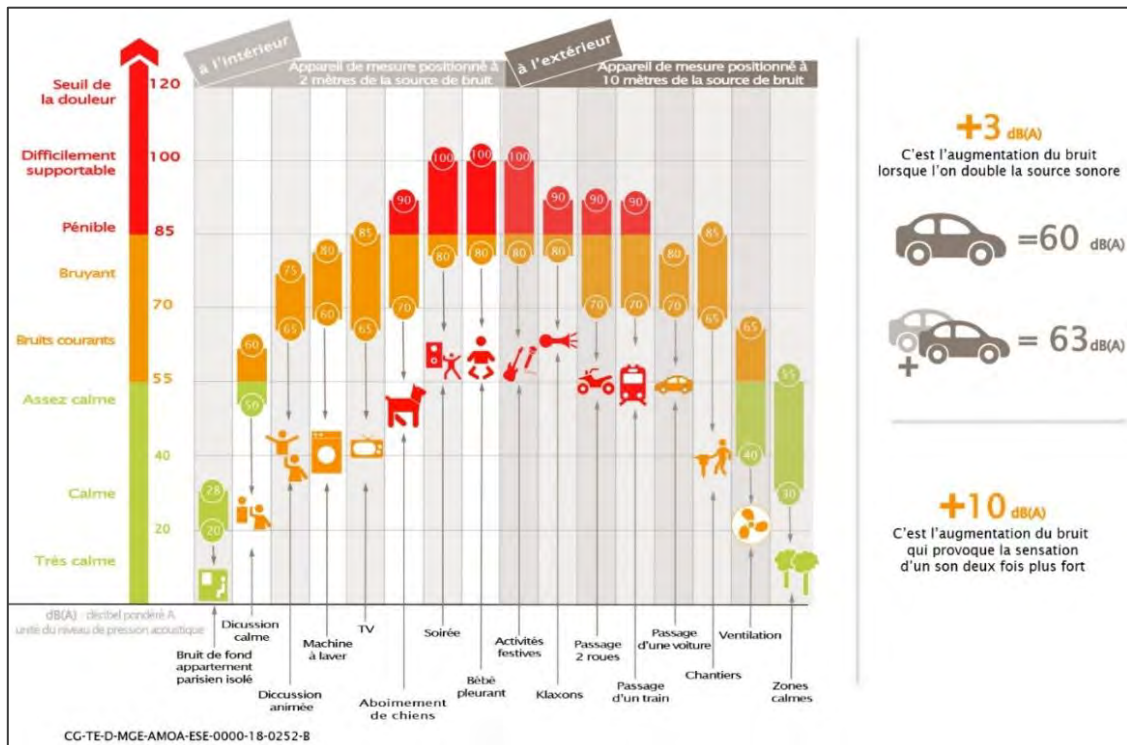
Le tableau ci-dessous présente les niveaux de bruits actuels retenus pour chaque point de calcul.

Point de calcul	Mesure de longue durée associée	Niveau de bruit actuel retenu en dBA
Point 1	ZER 1	47,5
Point 2	ZER 1	47,5
Point 3	ZER 2	50,0
Point 4	ZER 2	50,0
Point 5	ZER 3	50,5
Point 6	ZER 4	41,5

6. RESULTATS DES SIMULATIONS

Pour rappel, l'incidence des bruits du chantier est évaluée par analyse de l'évolution du niveau sonore lors des différents scénarios envisagés. Les niveaux sonores sont calculés au moment du forage et du fonctionnement de la pelleteuse simultanément, donc au moment où l'impact sonore du chantier est le plus important.

A titre informatif, une augmentation du niveau sonore n'est que peu perceptible jusqu'à +3 dBA ; elle est nettement perceptible à partir de +5 dBA et la sensation d'un doublement du niveau sonore est ressentie à +10 dBA. Notons que ces valeurs ne sont qu'un ordre de grandeur et peuvent varier en fonction des personnes et des sources de bruit dont il est question.



Echelle de niveaux sonores communs

6.1 Scénario 1

6.1.1 Résultats aux points de réception



Les tableaux ci-dessous présentent les résultats du calcul.

Période diurne				
Points de réception	Niveau de bruit actuel Indice L_{A50} - en dBA	Niveau de bruit induit par les travaux en dBA	Niveau de bruit ambiant pendant travaux en dBA	Augmentation du niveau sonore en dBA
P1 RDC	47,5	53,0	54,0	6,5
P1 R+1	47,5	55,5	56,0	8,5
P2 RDC	47,5	54,0	55,0	7,5
P2 R+1	47,5	57,5	58,0	10,5
P3 RDC	50,0	63,0	63,0	13,0
P3 R+1	50,0	68,5	68,5	18,5
P4 RDC	50,0	56,5	57,5	7,5
P4 R+1	50,0	58,0	58,5	8,5
P5 RDC	50,5	54,5	56,0	5,5
P5 R+1	50,5	54,5	56,0	5,5
P6 RDC	41,5	53,5	54,0	12,5
P6 R+1	41,5	53,5	54,0	12,5

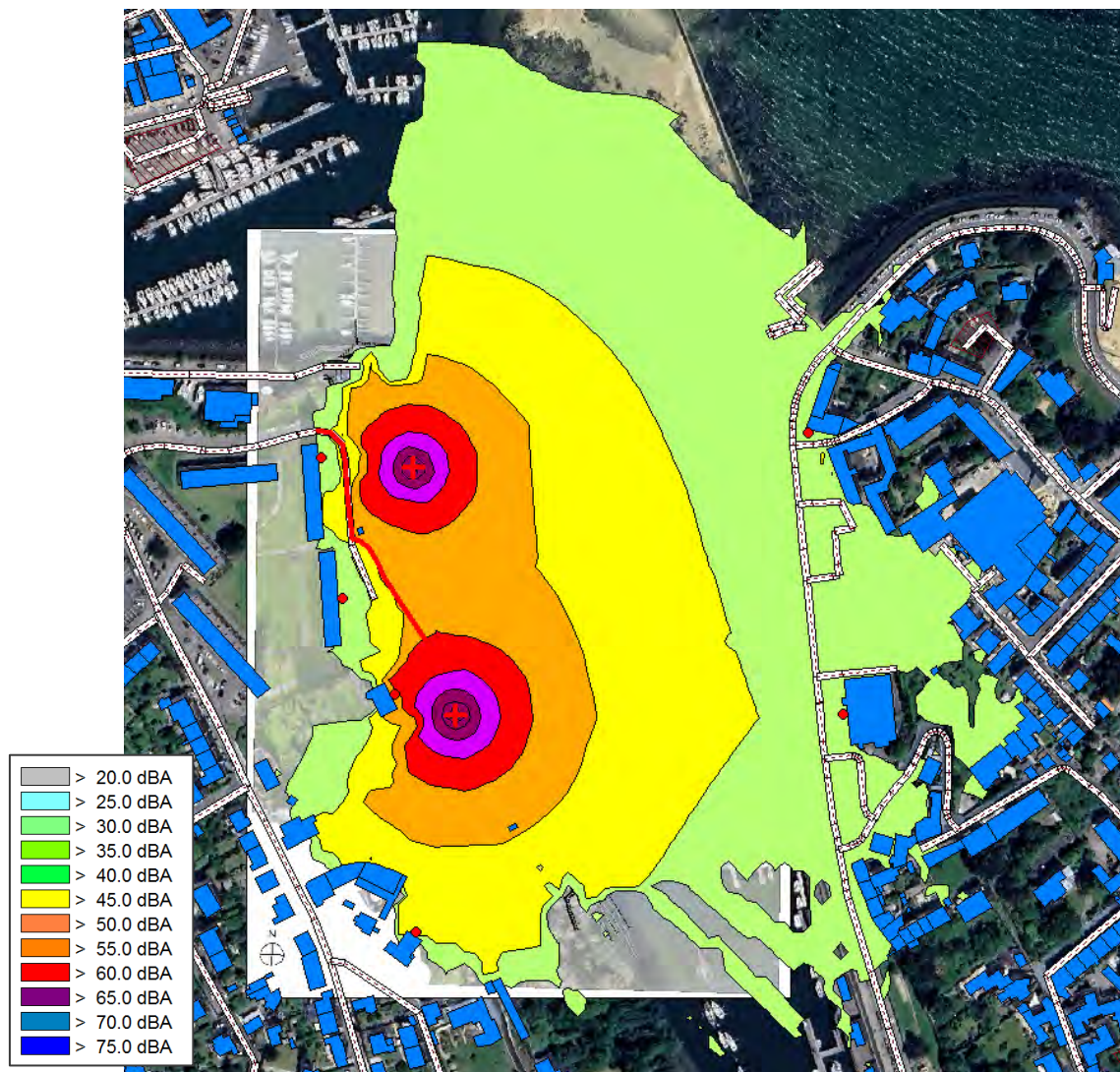
Résultats des calculs d'augmentation du niveau sonore induite par le bruit du chantier pour le scénario 1

Commentaires

Dans le cas du scénario 1, le niveau sonore augmente jusqu'à 18,5 dB(A) au niveau du voisinage le plus proche de la zone de terrassement. La pelleuse est la source sonore la plus importante du chantier.

6.1.2 Carte de bruit

La carte du niveau de bruit induit par les travaux est illustrée ci-dessous. Elle est calculée à une hauteur de 2 m par rapport au sol.



Cartographie sonore - Scénario 1 - Période Jour

6.2 Scénario 2

6.2.1 Résultats aux points de réception



Les tableaux ci-dessous présentent les résultats du calcul.

Période diurne				
Points de réception	Niveau de bruit actuel Indice L_{A50} - en dBA	Niveau de bruit induit par les travaux en dBA	Niveau de bruit ambiant pendant travaux en dBA	Augmentation maximale du niveau sonore en dBA
P1 RDC	47,5	50,5	52,5	5,0
P1 R+1	47,5	51,5	53,0	5,5
P2 RDC	47,5	55,0	55,5	8,0
P2 R+1	47,5	58,5	59,0	11,5
P3 RDC	50	64,0	64,0	14,0
P3 R+1	50	69,5	69,5	19,5
P4 RDC	50	57,0	58,0	8,0
P4 R+1	50	58,5	59,0	9,0
P5 RDC	50,5	55,0	56,5	6,0
P5 R+1	50,5	54,5	56,0	5,5
P6 RDC	41,5	53,5	54,0	12,5
P6 R+1	41,5	53,0	53,5	12,0

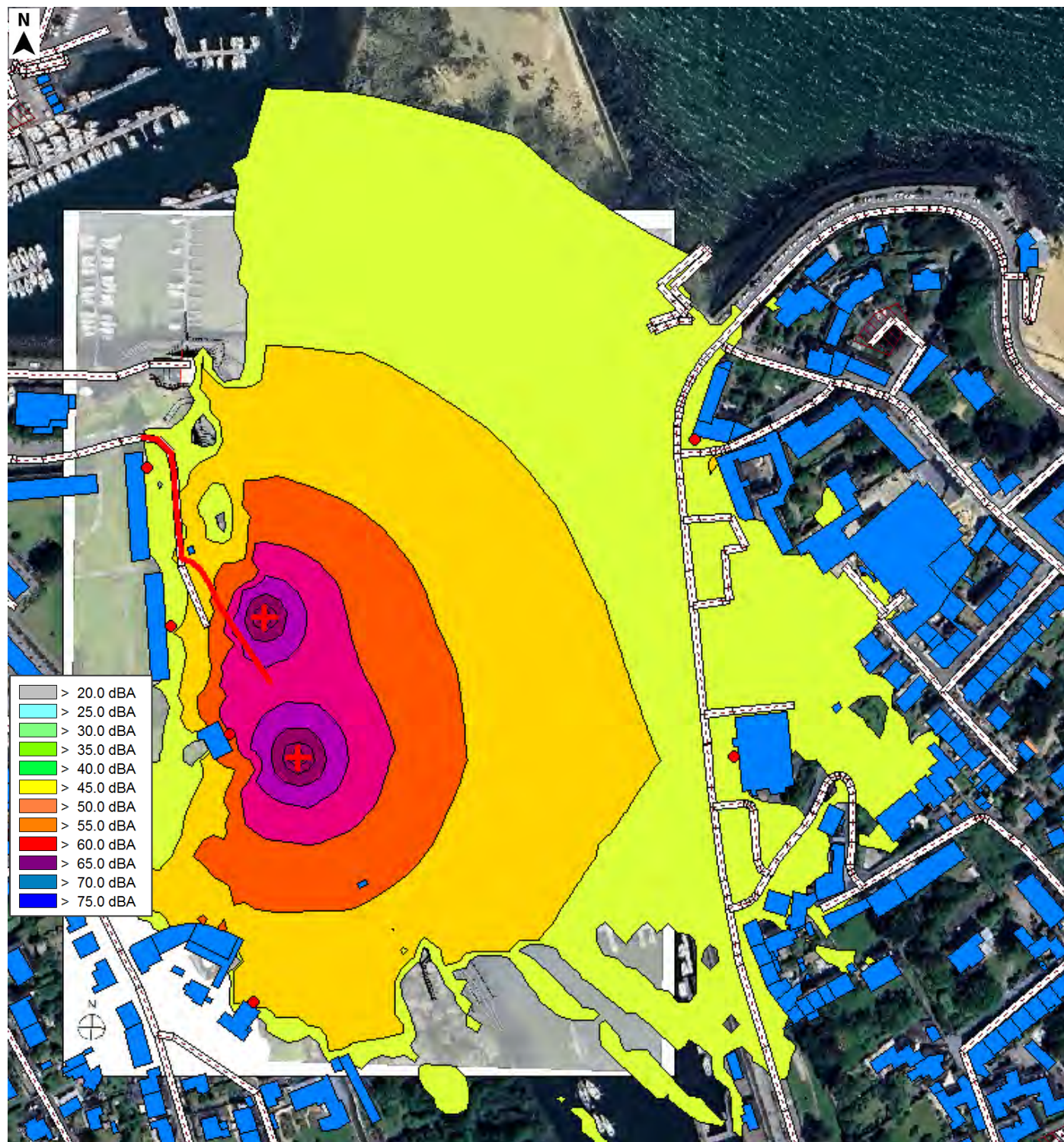
Résultats des calculs d'augmentation du niveau sonore induite par le bruit du chantier pour le scénario 2

Commentaires

Dans le cas du scénario 2, le niveau sonore est encore plus important au plus proche de la zone de terrassement car le forage est également proche du point 3.

6.2.2 Carte de bruit

La carte du niveau de bruit induit par les travaux est illustrée ci-dessous. Elle est calculée à une hauteur de 2 m par rapport au sol.



Cartographie sonore - Scénario 2 - Période Jour

6.3 Scénario 3

6.3.1 Résultats aux points de réception



Les tableaux ci-dessous présentent les résultats du calcul.

Période diurne				
Points de réception	Niveau de bruit actuel Indice L_{A50} - en dBA	Niveau de bruit induit par les travaux en dBA	Niveau de bruit ambiant pendant travaux en dBA	Augmentation du niveau sonore en dBA
P1 RDC	47,5	51,5	53,0	5,5
P1 R+1	47,5	51,5	53,0	5,5
P2 RDC	47,5	54,0	55,0	7,5
P2 R+1	47,5	57,0	57,5	10,0
P3 RDC	50	63,5	63,5	13,5
P3 R+1	50	68,5	68,5	18,5
P4 RDC	50	56,5	57,5	7,5
P4 R+1	50	60,5	61,0	11,0
P5 RDC	50,5	56,0	57,0	6,5
P5 R+1	50,5	56,0	57,0	6,5
P6 RDC	41,5	54,0	54,0	12,5
P6 R+1	41,5	53,5	54,0	12,5

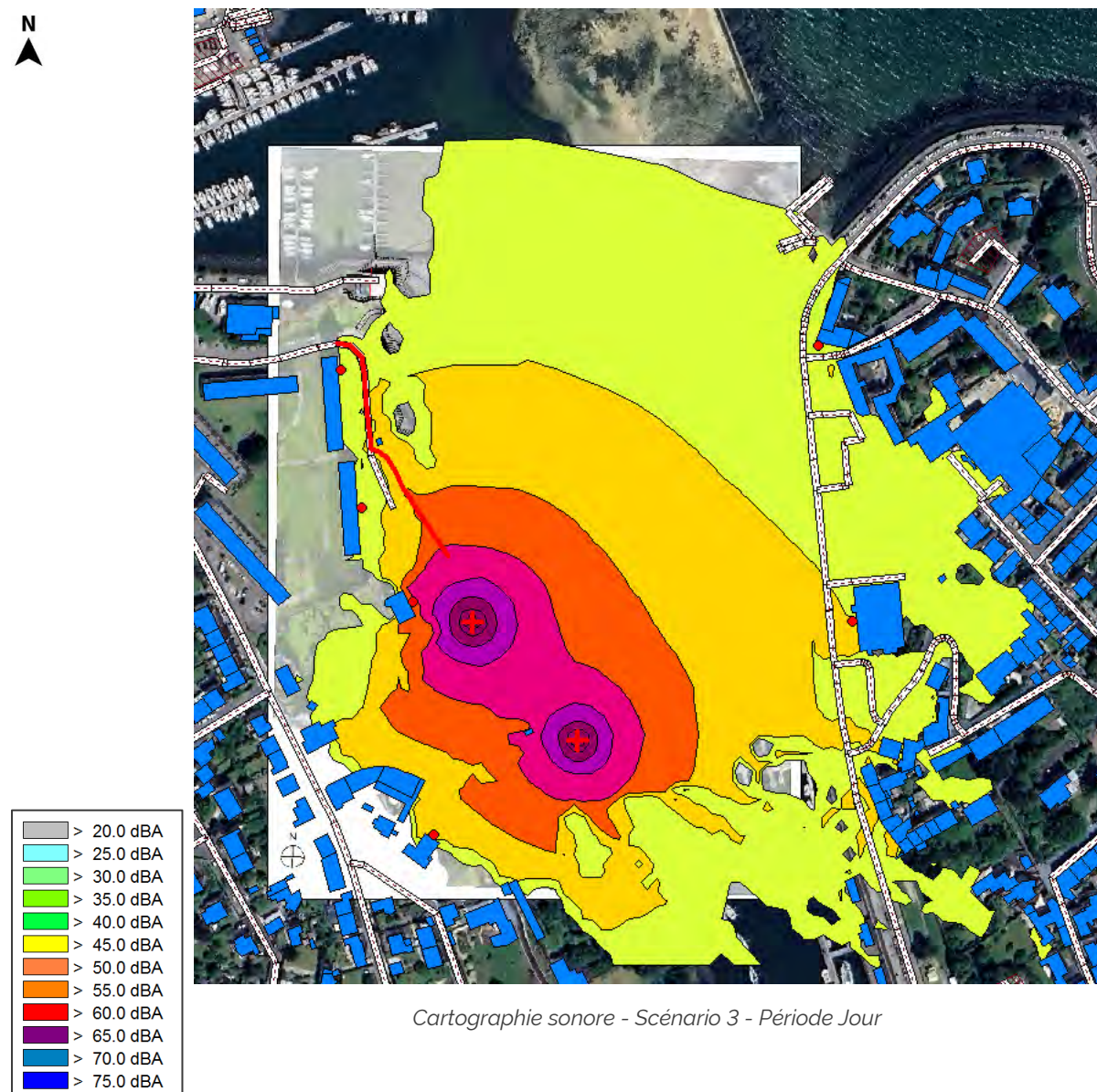
Résultats des calculs d'augmentation du niveau sonore induite par le bruit du chantier pour le scénario 3

Commentaires

Le scénario 3 est semblable au scénario 1, avec un impact important au niveau de l'habitation la plus proche de la zone de terrassement.

6.3.2 Carte de bruit

La carte du niveau de bruit induit par les travaux est illustrée ci-dessous. Elle est calculée à une hauteur de 2 m par rapport au sol.



7. PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES EN PHASE CHANTIER

Afin de réduire l'impact sonore et de favoriser l'acceptation des différents chantiers par le voisinage, les actions suivantes peuvent être envisagées :

- Mise en place de palissades autour de la zone chantier dans la mesure où son application est possible, ce qui est peu probable sur ce projet.
- Mise en place de mesures de monitoring afin de contrôler en temps réel le niveau de bruit in situ et alerte en cas de dépassement de seuil prédéfini ; ou réalisation de mesures périodiques de l'impact sonore.
- Désignation d'un responsable bruit : il est l'interlocuteur privilégié avec les riverains. Sa ligne téléphonique spécifique ainsi que ses coordonnées sont communiquées aux principaux voisins et pourront être affichées sur les panneaux de chantier.
- Information des riverains proches de l'ensemble de la zone des travaux : nature et objectif des travaux – durée – type – localisation des sources de bruit.
- Respect de la réglementation des engins : Application de la directive « cadre » 84/532/CEE et de la directive particulière 86/662/CEE du 22 décembre 1986 modifiée, ainsi que l'arrêté du 22 mai 2006 modifiant l'arrêté du 18 mars 2002 relatif aux émissions sonores dans l'environnement des matériels destinés à être utilisés à l'extérieur des bâtiments.

Sur le chantier, des règles de chantier peuvent être mises en place :

- Délimitation et respect strict des emprises du chantier (notamment des pistes) et identification des aires de stationnement des engins (Pas de stationnement chez un riverain ou à proximité immédiate, ni sur la voie publique), afin d'éviter toutes émissions hors zones réservées aux travaux ;
- Arrêt systématique des moteurs pour les équipements non utilisés ;
- Utilisation de bips de recul de type « Cri du lynx » ou équivalent (atténuation plus rapide du bruit dans l'environnement) et organisation du chantier de manière à éviter la marche arrière ;
- Fermeture des capots des engins ou des véhicules ;
- Arrêt des moteurs des engins en stationnement et dès lors qu'ils sont inactifs ;
- Favoriser la réalisation des tâches bruyantes ou le positionnement de sources de bruit statiques (groupe électrogène) à un emplacement protégé ou éloigné des habitations ;
- Sensibiliser des intervenants sur les bonnes conduites à respecter pour limiter les nuisances sonores (éviter les cris, sifflements, radio à fort niveau).

8. CONCLUSION

Ce rapport fait état des résultats des simulations acoustiques de l'impact des travaux du projet d'aménagement d'un chemin piétonnier/vélo/PMR reliant le port de Tréboul au port RHU.

Pour rappel, les différents textes réglementaires montrent qu'**il n'y a pas de valeurs limites à respecter pour ce type de travaux spécifiques**. Dans ce contexte, afin de pouvoir tout de même estimer l'impact acoustique de ces travaux sur le voisinage,

Les calculs ont été menés selon plusieurs scénarios (cf § 3).

Les calculs ont mis en évidence des augmentations non négligeables du niveau sonore liées à l'activité du chantier vis-à-vis des habitations les plus proches. Le tableau ci-dessous récapitule les résultats calculés selon les 3 scénarios étudiés :

Période diurne												
Scenario de travaux	P1 RDC	P1 R+1	P2 RDC	P2 R+1	P3 RDC	P3 R+1	P4 RDC	P4 R+1	P5 RDC	P5 R+1	P6 RDC	P6 R+1
Scenario 1	6,5	8,5	7,5	10,5	13,0	18,5	7,5	8,5	5,5	5,5	12,5	12,5
Scenario 2	5,0	5,5	8,0	11,5	14,0	19,5	8,0	9,0	6,0	5,5	12,5	12,0
Scenario 3	5,5	5,5	7,5	10,0	13,5	18,5	7,5	11,0	6,5	6,5	12,5	12,5

Vert : $A < 5\text{dBA}$; Orange : $5\text{dBA} < A < 10\text{dBA}$; Rouge : $10\text{dBA} < A < 15\text{dBA}$; Violet : $A > 15\text{dBA}$

Le tableau ci-dessus démontre que lors du chantier, l'habitation la plus exposée est celle située au plus proche de la zone de terrassement. Les préconisations concernent donc principalement des actions de communication et de prévention comme décrit au paragraphe 7.

9. ANNEXES

9.1 Annexe 1 : Glossaire

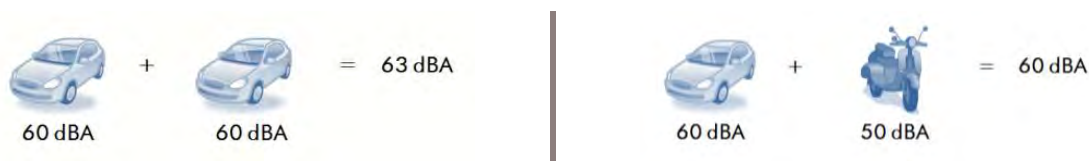
Décibel (dB)

Le son est une sensation auditive produite par une variation rapide de la pression de l'air. Dans la pratique, l'échelle de perception de l'oreille humaine étant très vaste, on utilise une échelle logarithmique, plus adaptée pour caractériser le niveau sonore. Cette échelle réduite s'exprime en décibel (dB).

On ne peut donc pas ajouter arithmétiquement les décibels de deux bruits pour arriver au niveau sonore global.

À noter 2 règles simples :

- 60 dB + 60 dB = 63 dB;
- 60 dB + 50 dB ≈ 60 dB.



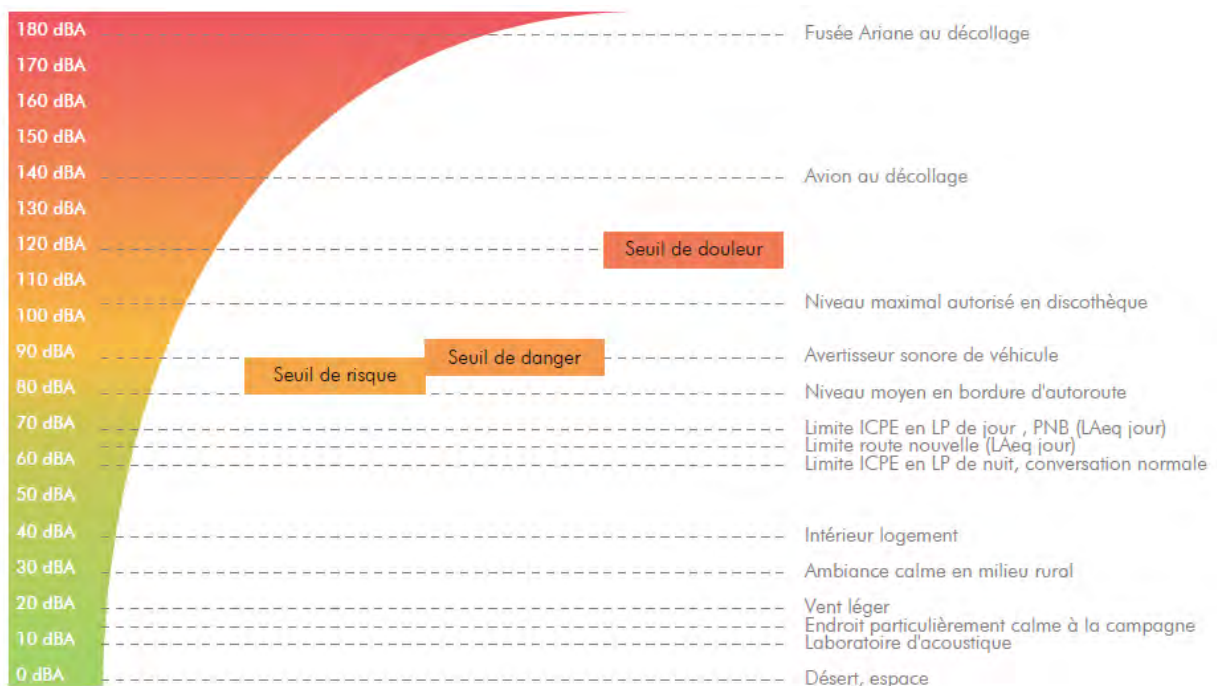
Décibel pondéré A (dBA)

La forme de l'oreille humaine influençant directement le niveau sonore perçu par l'être humain, on applique généralement au niveau sonore mesuré, une pondération dite de type A pour prendre en compte cette influence. On parle alors de niveau sonore pondéré A, exprimé en dBA.

A noter 2 règles simples :

- L'oreille humaine fait une distinction entre deux niveaux sonores à partir d'un écart de 3 dBA ;
- Une augmentation du niveau sonore de 10 dBA est perçue par l'oreille comme un doublement de la puissance sonore.

Echelle sonore



Fréquence / Octave / Tiers d'octave

La fréquence d'un son correspond au nombre de variations d'oscillations identiques que réalise chaque molécule d'air par seconde. Elle s'exprime en Hertz (Hz).

Pour l'être humain, plus la fréquence d'un son sera haute, plus le son sera perçu comme aigu. A l'inverse, plus la fréquence d'un son sera basse, plus le son sera perçu comme grave.

En pratique, pour caractériser un son, on utilise des intervalles de fréquence.

Chaque intervalle de fréquence est caractérisé par ses 2 bornes dont la plus haute fréquence (f_2) est le double de la plus basse (f_1) pour une octave, et la racine cubique de 2 pour le tiers d'octave.

L'analyse en fréquence par bande de tiers d'octave correspond à la résolution fréquentielle de l'oreille humaine.

1/1 octave	1/3 octave	
$f_2 = 2 * f_1$	$f_2 = \sqrt[3]{2} * f_1$	f_c : fréquence centrale
$f_c = \sqrt{2} * f_1$	$\Delta f / f_c = 23\%$	$\Delta f = f_2 - f_1$
$\Delta f / f_c = 71\%$		

Niveau sonore équivalent L_{eq}

Niveau sonore en dB intégré sur une période de mesure. L'intégration est définie par une succession de niveaux sonores intermédiaires mesurés selon un intervalle d'intégration. Généralement dans l'environnement, l'intervalle d'intégration est fixé à 1 seconde (appelé L_{eq} court). Le niveau global équivalent se note L_{eq} , il s'exprime en dB. Lorsque les niveaux sont pondérés selon la pondération A, on obtient un indicateur noté L_{Aeq} .

Niveau résiduel L_{res}

Le niveau résiduel caractérise le niveau de bruit obtenu dans les conditions environnementales initiales du site, c'est-à-dire en l'absence du bruit généré par l'établissement.

Niveau particulier L_{part}

Le niveau particulier caractérise le niveau de bruit généré par l'activité de l'établissement.

Niveau ambiant L_{amb}

Le niveau ambiant caractérise le niveau de bruit obtenu en considérant l'ensemble des sources présentes dans l'environnement du site. En l'occurrence, ce niveau sera la somme logarithmique du bruit résiduel et du bruit particulier de l'établissement.

Emergence acoustique E

L'émergence acoustique est fondée sur la différence entre le niveau de bruit équivalent pondéré A du bruit ambiant (comportant le bruit particulier de l'établissement en fonctionnement) et celui du résiduel.

$$E = L_{Aeq} \text{ ambiant} - L_{Aeq} \text{ résiduel}$$

$$E = L_{Aeq} \text{ établissement en fonctionnement} - L_{Aeq} \text{ établissement à l'arrêt}$$

Niveau fractile L_n

Le niveau fractile L_n représente le niveau sonore qui a été dépassé pendant n% du temps du mesurage.

L'utilisation des niveaux fractiles permet dans certains cas de s'affranchir du bruit provenant d'événements perturbateurs et non représentatifs.

Rapport intermédiaire de l'expertise Chiroptères

Réaménagement du passage du Treiz

Douarnenez (29)





**Rapport intermédiaire de l'expertise Chiroptères
Réaménagement du passage du Treiz
Douarnenez (29)**



ECHOCHIROS
8, rue des soupirs
18 250 HENRICHEMONT
Tel : 06 86 53 87 50
laurie.burette@echochiros.fr



Sommaire

1	Méthodologie	3
1.1	Analyse paysagère et recherches de gîtes	4
1.2	Inventaires acoustiques passifs.....	5
1.3	Focus sur le plan Lumière	6
2	Bibliographie	8
3	Résultats de l'expertise chiroptères	9
3.1	analyse paysagère et recherches de gîtes	9
3.2	Résultats des inventaires acoustiques (temporaires).....	11
4	Bilan intermédiaire et préconisations	18
4.1	Bilan	18
4.2	Préconisations liées à la pollution lumineuse	18



Méthodologie



1 METHODOLOGIE

Pour rappel, cette étude s'inscrit dans le cadre du projet de réaménagement du passage du Treiz à Douarnenez. Les travaux envisagés visent à répondre aux besoins spécifiques des personnes en situation de handicap et plus largement d'offrir une meilleure accessibilité au cœur de la commune entre le port de Rhu et le port de Tréboul.

Les principaux objectifs de l'étude chiroptérologique sont les suivants :

- Identifier le cortège d'espèces présent le long de la liaison à créer ;
- Evaluer les potentialités de gîtes d'hibernation et de reproduction au sein de l'aire d'étude et ses périphéries ;
- Caractériser la fréquentation et l'utilisation du site et ses abords (détermination des zones à enjeux : terrains de chasse, corridors de déplacement, gîtes, etc.) durant des phases ciblées du cycle biologique des espèces. En recherche diurne sont recherchées les gîtes dans les quartiers proches, les ponts, etc. Le territoire est aussi analysé en termes de connectivité et d'entités paysagères importantes à proximité qui sont alors prospectées selon les besoins ;
- Etudier l'ambiance lumineuse nocturne en amont du projet en lien avec l'activité des chauves-souris.
- Guider dans le choix du plan lumière dans le but de concilier activité humaine et biodiversité nocturne.

Les investigations chiroptérologiques sont décomposées en trois phases, en fonction du cycle biologique des espèces, avec :

1. **Des investigations printanières (avril-mai)**, qui ont pour but d'identifier l'activité des chauves-souris en sortie d'hibernation puis en migration vers les sites de reproduction au niveau de l'aire d'étude et de ses abords (identification de flux de déplacement par exemple, espèces migratrices, etc.) ;
2. **Des investigations estivales en période de reproduction (juin-juillet)**, qui permettent de caractériser la fréquentation et l'utilisation du site par les espèces lorsque les colonies sont fixées sur le territoire et donc d'évaluer son intérêt pour les femelles au moment de l'élevage des jeunes (terrains de chasse privilégiés, simple zone de transit, etc.).
3. **Des investigations automnales (septembre-octobre)**, qui ciblent particulièrement le flux d'espèces migratrices mais aussi les espèces sédentaires relativement mobiles sur le territoire à ce moment de l'année.

Pour chacune de ces phases sont réalisées des recherches de gîtes et des inventaires acoustiques couplés à des mesures de pollution lumineuse.

1.1 ANALYSE PAYSAGERE ET RECHERCHES DE GITES

Les chauves-souris utilisent les éléments du paysage pour se déplacer et s'alimenter.

En fonction de l'écologie des espèces, ces éléments supports peuvent être différents.

L'objectif ici est de réaliser des campagnes de terrain diurne afin de caractériser les structures éco-paysagères permettant aux chiroptères d'utiliser ou non de manière fonctionnelle le site d'étude et d'y localiser les gîtes de transition, d'hibernation et d'estivage potentiels et occupés.

Cette analyse est élargie aux territoires supposés être les plus fonctionnels pour les chiroptères préalablement identifiés lors de l'analyse bibliographique.

Pour se faire, la première étape consiste à mener une analyse par photo-interprétation, afin de localiser les secteurs susceptibles d'être les plus favorables aux chiroptères.

Une fois le travail de précartographie réalisé, une première visite de terrain est à réaliser au printemps, afin d'identifier les gîtes potentiels et vérifier l'analyse paysagère menée en amont, *in situ*.

Cette visite sera ensuite complétée par une deuxième visite de terrain, cette fois en période de reproduction (juin-juillet) afin d'expertiser les gîtes identifiés (arbres, bâtiments, ponts) pour voir s'ils sont occupés lorsque les chauves-souris sont actives et les colonies fixées sur le territoire.

La recherche de gîtes donnera lieu à la production d'un reportage photographique et cartographique illustrant l'analyse faite.

Période d'intervention « Recherche de gîtes » (3 campagnes) :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Période optimale												
Visites proposées				1		1			1			

1.2 INVENTAIRES ACOUSTIQUES PASSIFS

Echochiro a disposé 5 détecteurs enregistreurs type SM4Bat et Audiomoths sur des nuits complètes lors des deux premières campagnes de terrain **le 28 mai et le 11 juin 2024** (inventaire automnale à venir).

De retour au bureau, les enregistrements au format WAV ont été décomposés en tronçons de 5 secondes et analysés par ordinateur grâce au logiciel Kaleidoscope® (Wildlife Acoustics), qui utilise un algorithme permettant de trier et d'identifier automatiquement les contacts enregistrés. Il se base sur le principe qu'un contact équivaut à 5 secondes de séquence d'une espèce.

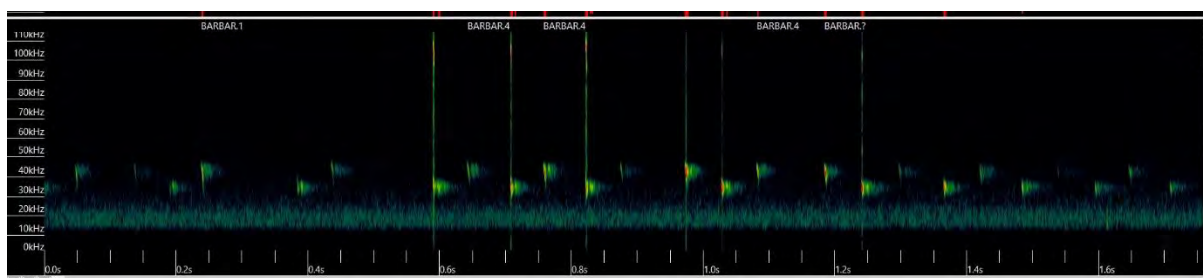


Exemple d'audiomoth couplé à un luxmètre

Une fois triés dans une base de données, les contacts sont vérifiés visuellement et acoustiquement. Pour reconnaître les différents taxons, on utilise la méthode d'identification acoustique de Michel Barataud (2020) et celle du Muséum d'Histoire Naturelle dans le cadre du Suivi temporel des chauves-souris communes (Vigie Chiro).

Les contacts seront dénombrés de façon spécifique sur des plages d'enregistrements longues (nuits entières) ce qui permet d'avoir des données quantitatives beaucoup plus importantes qu'avec des détecteurs à ultrasons classiques.

Les résultats bruts de l'activité des chauves-souris par cumul des cris (triés et vérifiés) seront ensuite pondérés selon les coefficients multiplicateurs référencés dans « le Guide de l'écologie acoustiques des chiroptères d'Europe » de Michel Barataud (édition Parthénopé, 2014, 2020) et ce, dans un environnement de vol ouvert à semi-ouvert. Cela permet par la suite de calculer et de comparer des indices d'activité entre les différentes espèces de manière équilibrée.



Capture d'écran du logiciel de tri et d'identification Kaleidoscope ®

Période d'intervention étude acoustique (3 campagnes)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Période optimale												
Visites proposées				1		1			1			

1.3 FOCUS SUR LE PLAN LUMIERE

Une attention particulière est portée sur l'aspect pollution lumineuse.

Dans le cadre de l'état initial, des mesures de luminosité ont été prises à l'aide de luxmètres couplés aux enregistreurs (type HOBO). Ces mesures permettront d'établir un état de référence et d'orienter au mieux les éclairages à déployer le long du chemin pour impacter le moins possible la faune nocturne.

La carte page suivante permet de localiser les points d'écoute et les luxmètres associés.



Exemple d'éclairage observé le long du chemin de Treiz



Figure 1 : Localisation des points d'écoute Chiroptères associés aux luxmètres



Bibliographie



2 BIBLIOGRAPHIE

A venir



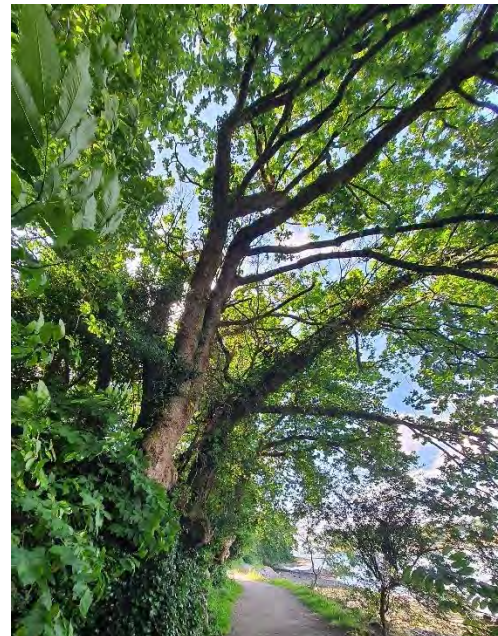
3 RESULTATS DE L'EXPERTISE CHIROPTERES

3.1 ANALYSE PAYSAGERE ET RECHERCHES DE GITES

L'aire d'étude est localisée dans la partie nord-ouest de la ville de Douarnenez au niveau du passage du Treiz. Malgré la forte urbanisation autour, ce dernier présente un intérêt certain pour le groupe des Chiroptères et concentre probablement leurs activités dans ce secteur de la ville.

Le sentier longeant l'anse menant au port Rhu plus au sud représente sans doute un corridor écologique de premier choix pour les espèces liées aux éléments paysagers comme les Rhinolophes mais aussi les Murins. Bordé par des alignements d'arbres et des bosquets le chemin est aussi attractif pour la chasse de nombreuses espèces qu'elles soient opportunistes comme les Pipistrelles mais aussi Noctules, Sérotines ou plus exigeantes comme les Murins, Rhinolophes, Oreillards, Barbastelles.

L'anse et plus largement le littoral est sans doute aussi exploité pour ses proies (Murin de Daubenton probablement).



Anse et chemin attractifs pour la chasse et les transits des chauves-souris

Concernant les gîtes, les alignements d'arbres ainsi que les patchs boisés le long du chemin du Treiz, et dans la continuité vers le Port Rhu, présentent de vieux arbres sénescents à cavités favorables à l'accueil d'espèces arboricoles comme les Noctules, Murin de Natterer, Barbastelle, Oreillard roux ou autre.

De même, le bâti de la ville de Douarnenez abrite sans aucun doute une population d'espèces anthropophiles comme les Pipistrelles, Sérotines. De grandes bâtisses, châteaux, combles spacieux et autres sites peuvent potentiellement accueillir des colonies de Grand murin, Rhinolophes. La Tourelle situé le long du chemin offre potentiellement un gîte pour les espèces (en cours d'expertise).



Tourelle et vieil arbre sénescents potentiellement favorables à l'accueil de chauves-souris

Les recherches de gîtes sont en cours. Une autre campagne estivale et la campagne automnale ont pour objectif de finaliser le recensement des gîtes potentiels (et/ou avérés) dans les arbres le long du chemin et le bâti situé à proximité immédiate. Des cartographies associées seront présentées dans le rapport final.

3.2 RESULTATS DES INVENTAIRES ACOUSTIQUES (TEMPORAIRES)

Seule la campagne estivale est synthétisée dans les paragraphes suivants. Le rapport final intégrera les résultats des trois campagnes de terrain et des analyses plus poussées.

Les conditions météorologiques de la nuit du 11 juin 2024 étaient optimales (températures de saison, vent faible, pas de pluie).

Lors de cette campagne d'écoute, les chauves-souris étaient actives à hauteur de 21 contacts/h points d'écoute confondus. Cette activité est étonnamment peu élevée en cette période de l'année (période de mise bas et d'élevage des jeunes) et habitats considérés. Les femelles concentrent probablement davantage leurs activités de chasse proches des gîtes.

Ensuite, l'activité des espèces étaient plus forte au droit du point C, dans la partie sud de l'aire d'étude au contact d'un patch boisé. Elle s'élevait pour près de 400 contacts cette nuit-là. Les chauves-souris chassaient activement en lisière et dans le boisement.

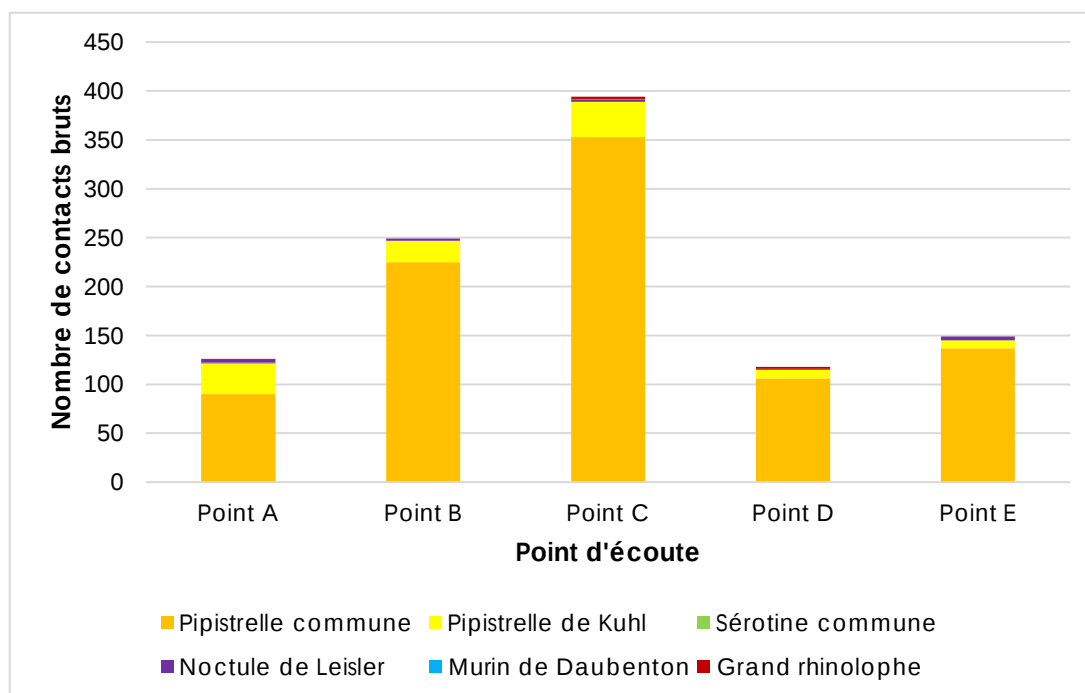


Figure 2 : Activité brute (nombre de contacts/nuit) au niveau de chaque point d'écoute la nuit du 11 juin 2024

Les inventaires ont permis d'identifier 6 espèces de chiroptères.

Sans surprise, la **Pipistrelle commune** était la plus active et représentait près de 88 % des contacts globaux (points d'écoute confondus). Elle a été détectée au niveau des 4 points d'écoute et génère les pics de fréquentation le long du chemin du Treiz. Elle a été entendue et observée à la fois en chasse et transit. D'après le référentiel breton, son activité était qualifiée de moyenne. Elle exploite sans doute les habitats plus proches de ses gîtes. Au plus fort elle était active à raison de 353 contacts au droit du point C (soit une moyenne de plus de 35 contacts/h).

Cette chauve-souris ubiquiste fréquente tout type d'habitats, il n'est donc pas étonnant de la capter en grande majorité. Elle est sans doute implantée dans le bâti de Douarnenez et exploite les différents habitats le long du chemin (littoral, alignements d'arbres, etc.).

Ensuite, la **Pipistrelle de Kuhl** représentait 10 % des contacts globaux. Plus discrète que son homologue la Pipistrelle commune, elle a néanmoins été captée au niveau des 4 stations d'écoute en chasse et en transit. Elle peut également être implantée dans le bâti de Douarnenez. D'après le référentiel breton, son activité était faible (point D, 9 contacts) à moyenne (Points A à C, 22 à 36 contacts).

Un seul contact de **Sérotine commune** en transit a été détecté au droit du point A. Elle exploite visiblement d'autres secteurs plus attractifs et proche de ses gîtes. Cette espèce anthropophile affectionne les espaces bocagers, prairies, jardins même en contexte urbain et milieux aquatiques.

Idem pour le **Murin de Daubenton** entendu une fois en transit au niveau du point C. Cette espèce inféodée aux milieux aquatiques fréquente visiblement peu le secteur durant la phase de reproduction, pour la chasse et ses gîtes.

Ensuite, la **Noctule de Leisler**, a été captée au droit de chaque point d'écoute à raison de quelques contacts, principalement en transit. Cette espèce de haut vol et migratrice exploite ce territoire pour la chasse, les transits, voire pour les gîtes (présence d'arbres favorables notamment dans la partie sud non concernée par le projet). Des individus sédentaires sont visiblement implantés dans le secteur. Cette chauve-souris évolue dans tout type d'habitat, ne semble pas ou peu être lucifuge (au moins pour ses sessions de chasse ou de déplacement).

Enfin le **Grand rhinolophe**, espèce liée aux continuités écologiques et lucifuge a été enregistrée au niveau des points A, C et D respectivement pour 1, 2 et 2 contacts cette nuit-là. Il a été capté en transit. Le chemin de Treiz lui sert visiblement de guide de déplacement. En effet, sur les enregistrements vers 1h du matin, il a été entendu à 00h57 aux abords du point C puis deux minutes plus tard au niveau du point D. Idem plus tard dans la nuit du point C vers le point A aux alentours de 4h20 (2 min d'écart également). Il est aussi susceptible d'y chasser. Cette espèce est visiblement implantée à proximité du chemin car il s'éloigne peu de ses gîtes pour la chasse. Les quelques lampadaires répartis le long du chemin ne semblent pas être problématiques pour ses déplacements (extinction possible, à vérifier). D'après le référentiel breton, cette espèce présentait une activité moyenne au niveau des 3 points d'écoute fréquentés cette nuit-là.

Les figures pages suivantes permettent de visualiser par point d'écoute les tendances d'activités de chaque espèce (faible à moyenne lors de cette nuit d'écoute).

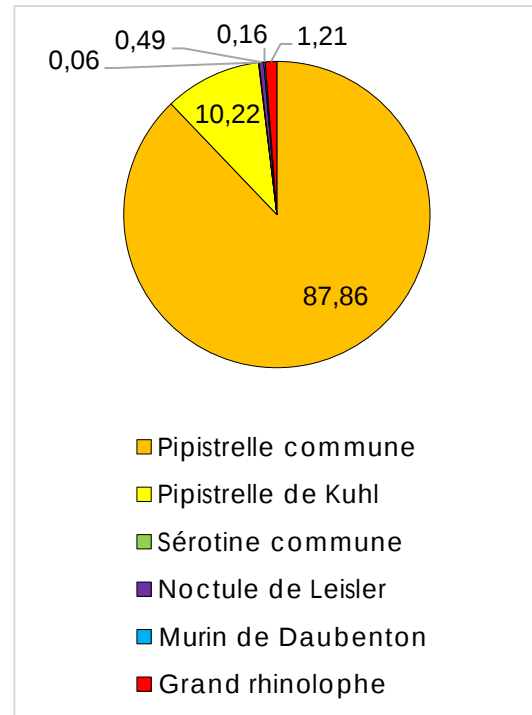


Figure 3 : Proportions des espèces contactées la nuit du 11 juin 2024

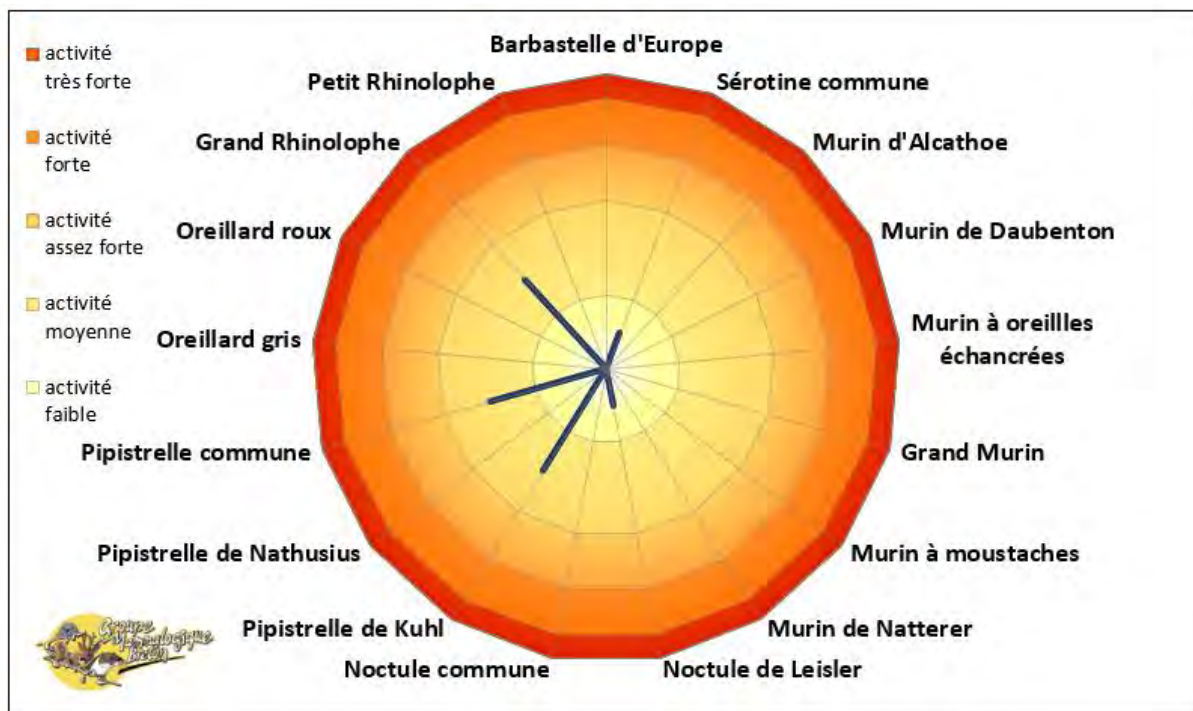


Figure 4 : Type d'activité recensée au droit du point A la nuit du 11 juin 2024

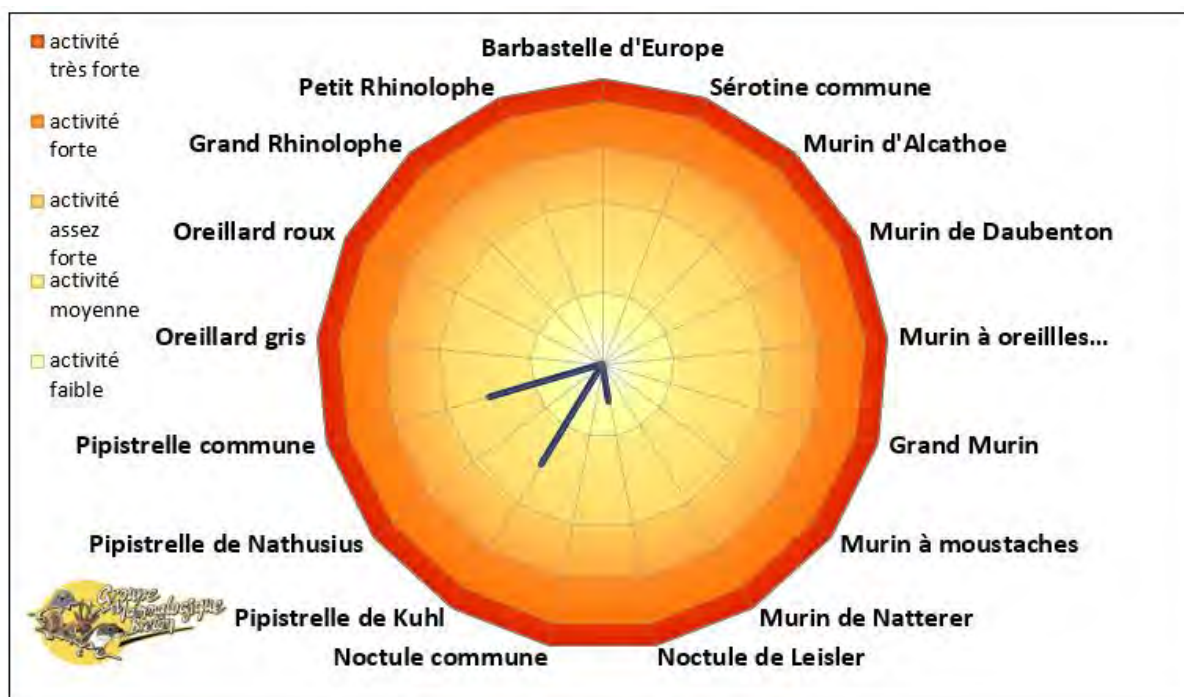


Figure 5 : Type d'activité recensée au droit du point B la nuit du 11 juin 2024

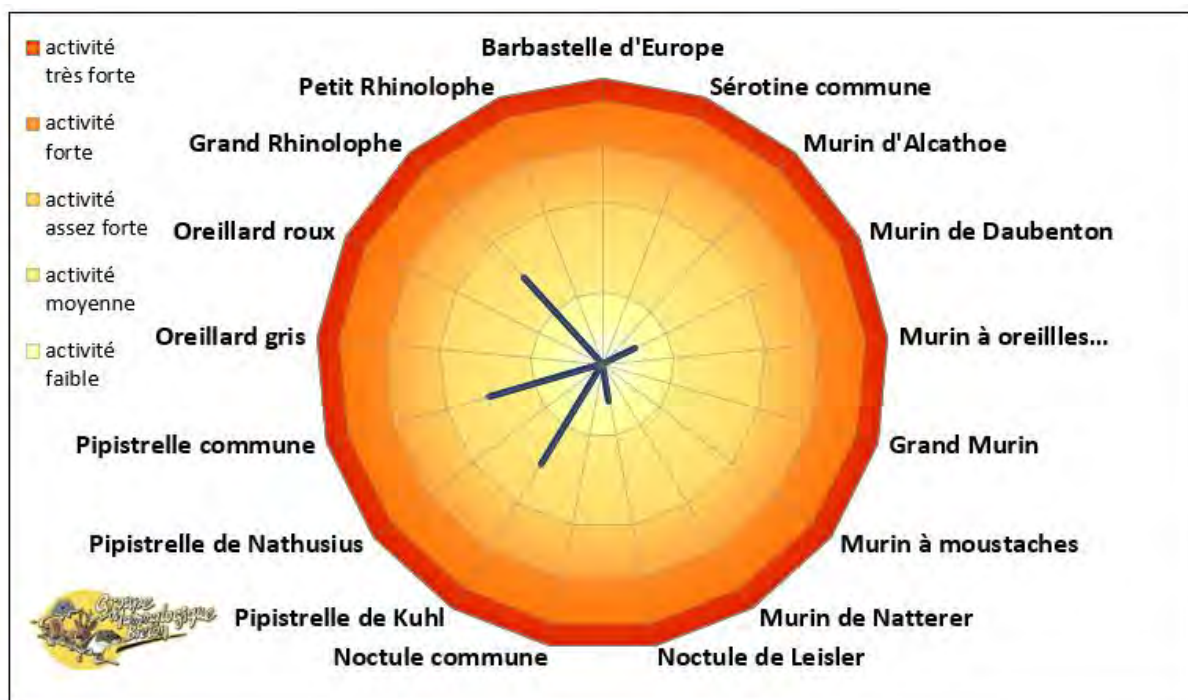


Figure 6 : Type d'activité recensée au droit du point C la nuit du 11 juin 2024

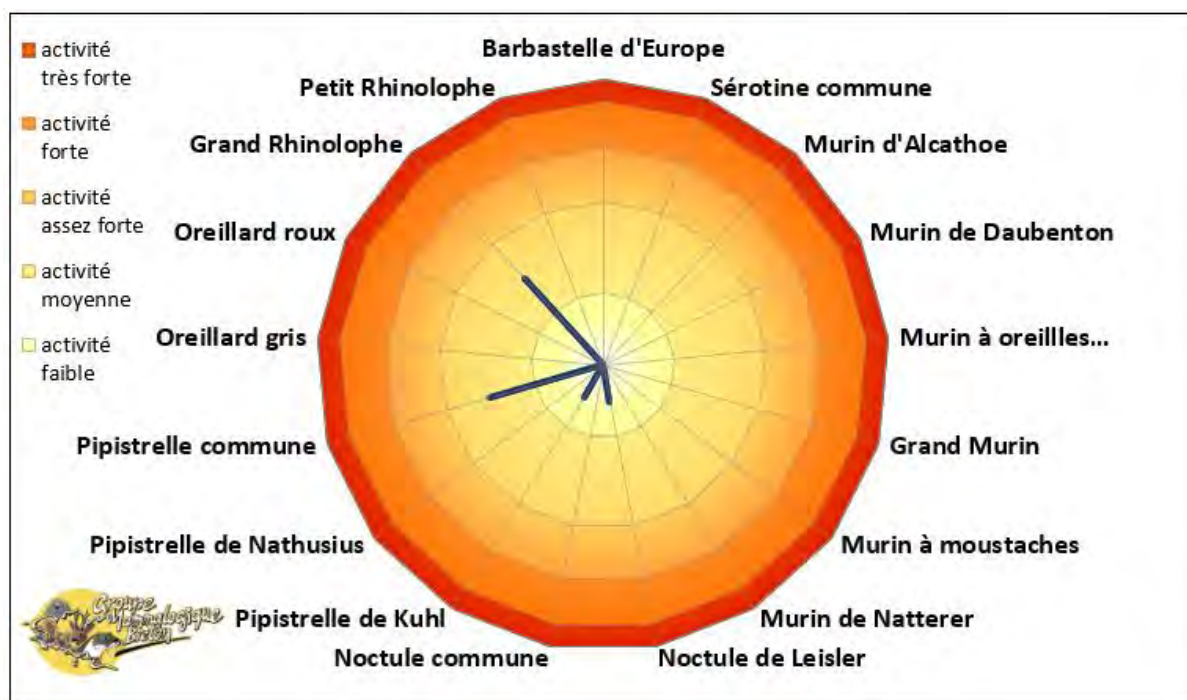


Figure 7 : Type d'activité recensée au droit du point D la nuit du 11 juin 2024

La carte page suivante présente également la localisation des espèces par point d'écoute lors de la campagne de terrain estivale.



Figure 8 : Localisation des espèces par point d'écoute (nuit du 11 juin 2024)

Pour rappel, dans le rapport final, des analyses plus poussées seront menées et illustrées. Un focus sur l'environnement lumineux sera présenté (graphiques de l'évolution de la luminosité au fil des nuits par point d'écoute, localisation spatiale des actuels lampadaires, etc.). Une analyse croisée de l'activité des chauves-souris et de du contexte lumineux du site sera également étudié plus finement.

Exemple de graphiques associés au point D

La figure ci-dessous présente l'activité des espèces en fonction des heures suivant le coucher du soleil.

On constate par exemple que l'intégralité des espèces a été enregistrée durant les 3 premières heures suivant le coucher du soleil avec un pic d'activité dans la première heure. Le Grand rhinolophe, lucifuge sort peu de temps après le coucher du soleil attestant la présence d'un gîte proche. En effet, il sort généralement plus tard à la nuit noire.

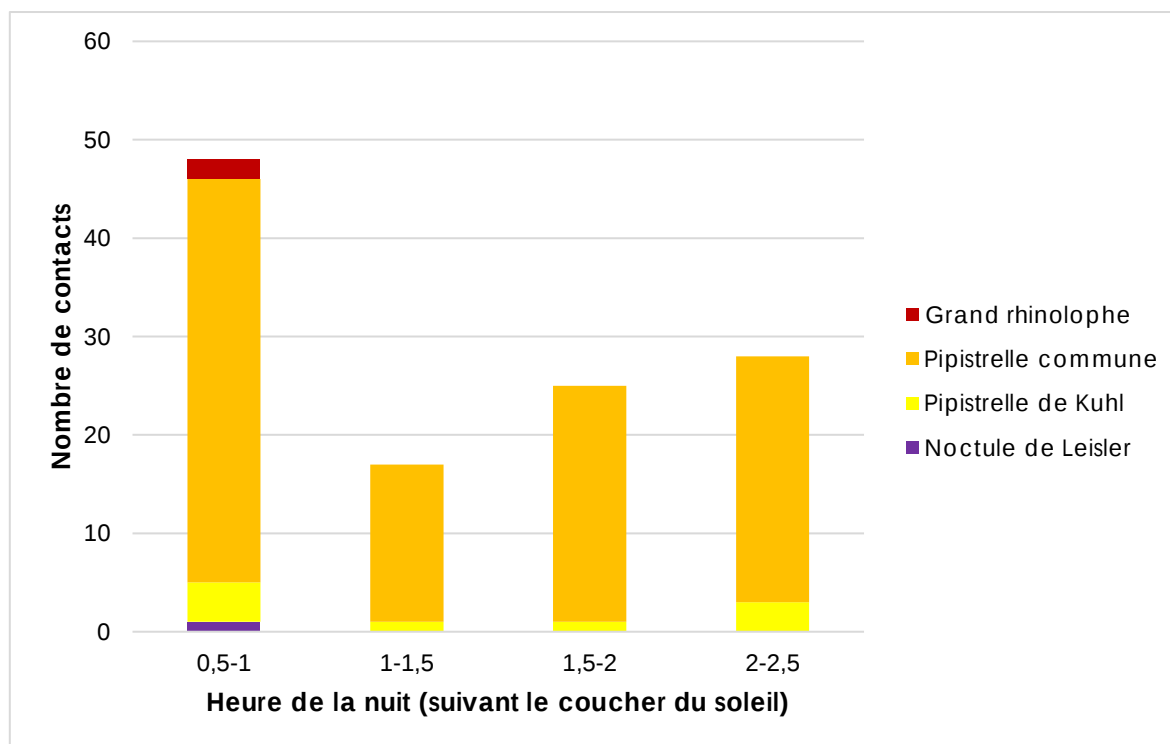


Figure 9 : Activité des Chiroptères en fonction des heures de la nuit

Pour ce même point, le graphique suivant présente la répartition des contacts d'espèces en fonction des classes de luminosité enregistrées par le luxmètre.

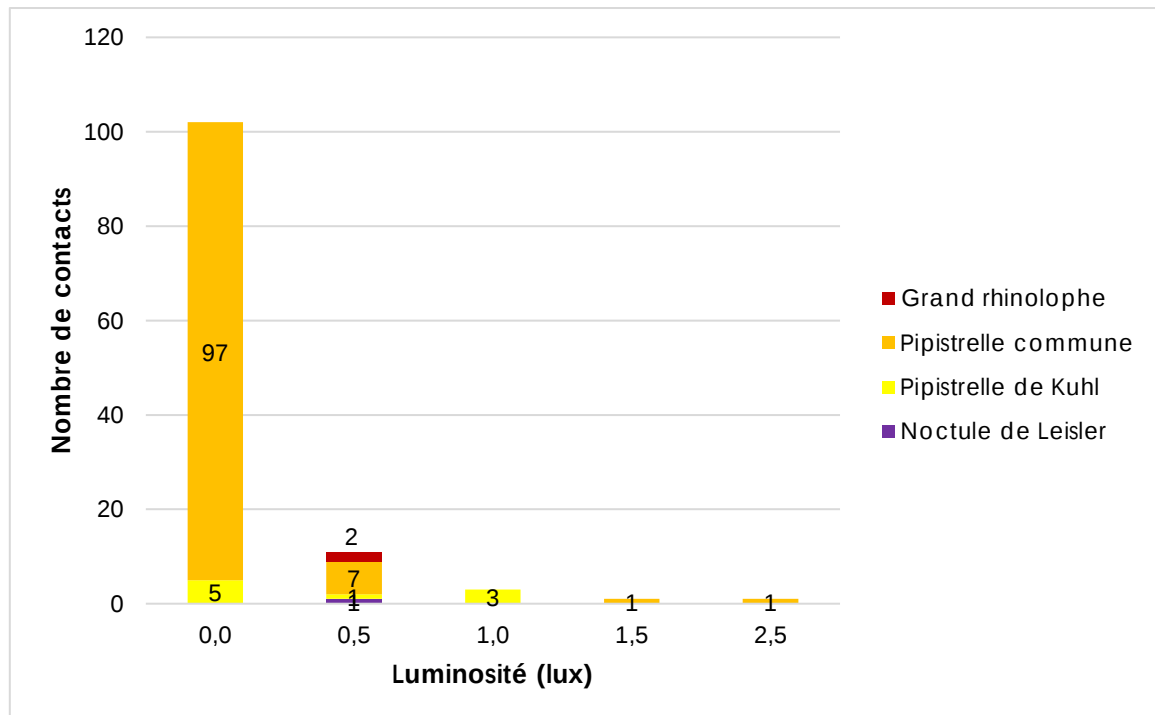


Figure 10 : Activité des chiroptères (nombre de contacts) en fonction de la luminosité détectée la nuit du 11 juin 2024 au droit du point D

Il en ressort que la plupart des contacts ont été captés pour des luminosités très faibles. Globalement, les valeurs enregistrées par le luxmètre restent peu élevées au niveau du point D, visiblement assez préservé du halo et des lampadaires du secteur.



4 BILAN INTERMEDIAIRE ET PRECONISATIONS

4.1 BILAN

Le chemin du Treiz est fréquenté par les chauves-souris pour la chasse, comme corridor de déplacement et potentiellement pour les gîtes. En période de reproduction, les activités ne sont pas sensiblement élevées mais 6 espèces ont pu être identifiées avec certitude et entendues sur les différents points d'écoute.

Parmi ces espèces, deux sont lucifuges : le Grand rhinolophe et le Murin de Daubenton. Le premier semble utiliser le chemin comme guide de déplacement. Une attention particulière devra être portée sur cette espèce sensible au changement (mise en place d'éclairage, modification notable des habitats en place, etc.) dans le cadre du réaménagement du passage du Treiz.

Autrement, sans surprise, la Pipistrelle commune, ubiquiste et anthropophile était la plus active. On notera aussi la présence de la Noctule de Leisler attestant la présence d'individus sédentaires sur ce territoire.

Malgré la présence de quelques lampadaires, l'ambiance lumineuse le long du chemin de Treiz semble être assez sombre, peu impacté par la pollution lumineuse malgré sa localisation, au cœur de la ville de Douarnenez.

Les inventaires à venir permettront d'affiner l'utilisation réelle du site par les chauves-souris et d'en dégager les enjeux.

4.2 PRECONISATIONS LIEES A LA POLLUTION LUMINEUSE

Si le choix d'un plan lumière est fait dans le cadre du réaménagement du chemin du Treiz, des actions renforcées doivent être mises en œuvre pour réduire les pressions de la pollution lumineuse, sources de fragmentation dans les réseaux écologiques comme celui identifié le long du chemin.

Pour cela, trois axes d'intervention sont possibles :

- Agir sur les caractéristiques des points lumineux (hauteur, flux, etc.) ;
- Travailler sur l'organisation spatiale de ces points lumineux (densité, position, etc.) ;
- Moduler la dimension temporelle de l'éclairage (horaires, durée, etc.).

Caractéristiques des points lumineux

Des actions visant à moduler la quantité, la composition et l'orientation des lampadaires peuvent être mises en œuvre pour réduire les pressions de la pollution lumineuse le long du chemin.

➤ La quantité de lumière émise

Les espèces lucifuges évitent les zones éclairées principalement en raison du risque de prédation encouru mais aussi parce que leur système de vision n'est pas adapté pour recevoir des quantités élevées de lumière. L'éclairage artificiel constitue ainsi un facteur de régression de l'habitat de ces espèces et potentiellement de leur répartition.

Il est donc important que les quantités de lumière émises par les éclairages artificiels soient les plus faibles possibles.

A l'heure actuelle, la connaissance précise des seuils de sensibilité en lumen (ensemble de la lumière émise par une lampe en une seconde = flux lumineux) ou en lux (flux lumineux rapporté à la surface éclairée) reste lacunaire. Néanmoins, des résultats sont disponibles pour quelques espèces. Concernant les Chiroptères, des travaux sont en cours. Par exemple, l'équipe du Parc National des Pyrénées a mis en évidence un seuil de sensibilité pour les espèces lucifuges type Rhinolophe d'environ 20 mag.arcsec². Ainsi, pour un environnement lumineux inférieur à cette valeur, les individus seraient potentiellement impactés par la pollution lumineuse.

➤ La composition de la lumière

La répartition spectrale (longueur d'onde) des sources lumineuses est également un paramètre important à considérer dans les mesures de gestion.

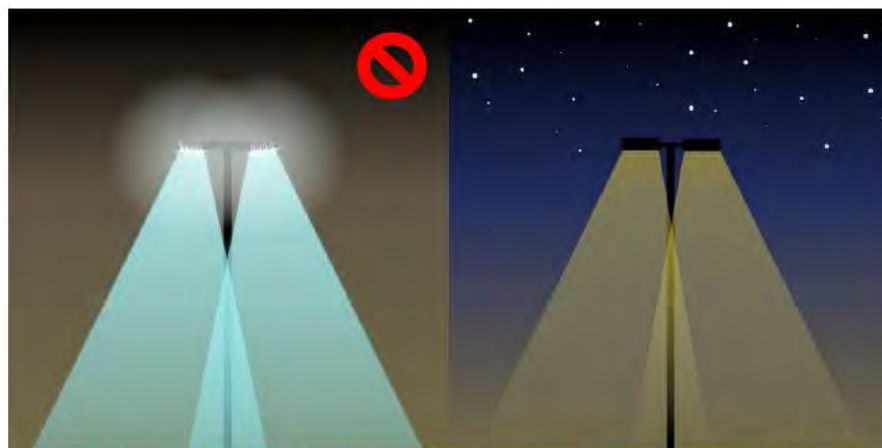
En effet, il impacte la biodiversité à différents niveaux notamment sur le plan physiologique et écologique.

Les sources lumineuses ayant une forte composante d'ondes courtes (lumières bleues et blanches) sont celles qui perturbent les Chiroptères et plus largement la faune. En effet, les hautes températures de couleur émettent une partie plus importante de leur lumière dans la partie bleue du spectre, ce qui accroît la diffusion dans l'atmosphère. En particulier, le bleu attire les insectes nocturnes et est également impliqué dans la dérégulation des horloges biologiques des êtres-vivants (blocage de la mélatonine). Une LED (Light Emitting Diode) sera plus éblouissante qu'une lampe à décharge (principalement à vapeur de sodium produisant une lumière jaune/orange) ou une lampe à incandescence.

Or, actuellement, on assiste à une conversion massive des sources d'éclairage, pour des raisons essentiellement d'économies d'énergie, les lampes à décharge sont remplacées par des lampes LED produisant une lumière blanche et riche en bleu.

Dans le cas où le choix de LED est fait, il est recommandé d'utiliser des dispositifs d'éclairage à LED avec des températures de couleur basses (blanc chaud). On recommande généralement d'utiliser des dispositifs **avec une température de couleur basse ($\leq 2700K$, ou, encore mieux, $\leq 2300K$)**. Les LED chaudes seraient néanmoins aussi impactantes que les LED froides pour certains organismes, comme les vers luisants.

Afin de réduire les impacts sur la biodiversité, il est ainsi préconisé de privilégier les lampes émettant avec un spectre étroit. Cela diminue potentiellement le nombre d'espèces et de fonctions biologiques impactées.



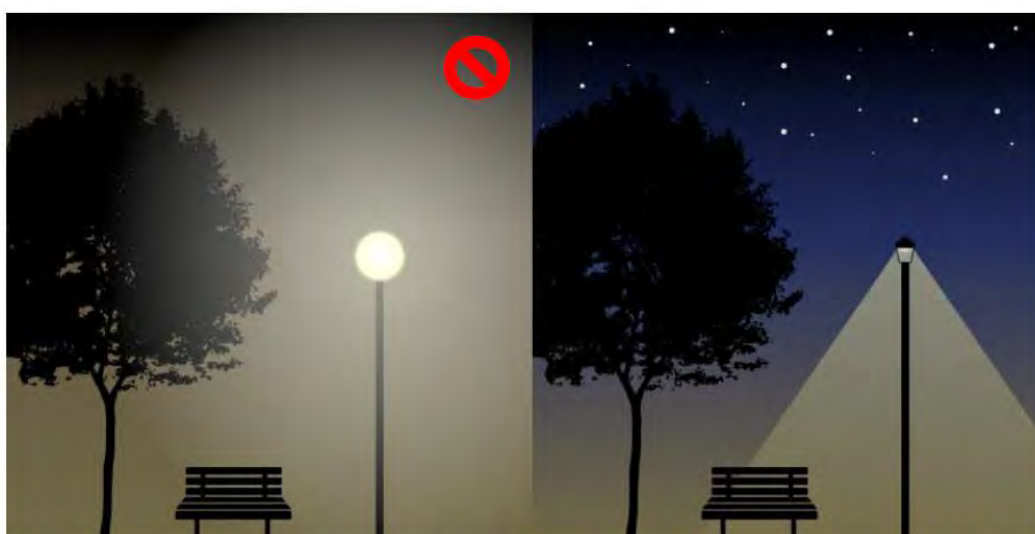
Bilan : Privilégier l'utilisation de sources lumineuses de couleur ambrée à celles de couleur blanche qui sont les plus dommageables en raison de leur grande proportion de lumière bleue

➤ *L'orientation des lampadaires*

Il est important de limiter l'émission de lumière vers le ciel et plus largement au-dessus de l'horizontale. En effet, les particules de lumière s'associent avec les particules en suspension dans l'atmosphère, ce qui crée un halo lumineux bien visible au-dessus des villes. Cette couche de lumière stagnante masque le ciel étoilé utilisé par bon nombre d'espèces pour se repérer la nuit (oiseaux en migration, mammifères marins, insectes, etc.).

Il convient donc de centrer la lumière sur la zone que l'on souhaite éclairer, dans le cas présent le sol, un passage précis. Les luminaires de types « boules » doivent être proscrits. Les éclairages en contre-plongée, souvent installés pour la mise en valeur des monuments voire des arbres, sont également très néfastes.

Enfin, les lampes ne doivent pas dépasser de leur structure pour limiter les risques d'éblouissement. Ce dernier peut aussi si être dû à une quantité de lumière diffusée par une petite surface. Par exemple, une LED sera plus éblouissante qu'une lampe à décharge ou une lampe à incandescence, dont la surface d'émission correspond à toute l'ampoule.



Bilan : Opter pour des lampadaires dont le flux lumineux est orienté vers la surface à éclairer

Organisation des points lumineux

Pour rappel, la lumière influence fortement les rythmes biologiques des espèces. Ainsi, la position et la densité de points lumineux est susceptible de perturber fortement la biodiversité. De plus, chaque point lumineux présente un pouvoir d'attraction ou de répulsion.

Il apparaît donc essentiel de mettre en place une gestion spatiale différenciée des éclairages afin de réduire les impacts sur la faune et la flore. Les continuités écologiques (comme le chemin du Treiz pour les Chiroptères) constituent des milieux prioritaires pour la biodiversité dans lesquels des mesures plus strictes qu'ailleurs devraient être appliquées ou fortement adaptées.

Les milieux aquatiques et leurs milieux associés sont également particulièrement sensibles du fait de leur richesse en biodiversité et de leurs fonctionnalités (corridor écologique, zones de chasse, etc.). D'autre part, l'eau est un facteur de polarisation de la lumière, ce qui accroît les impacts pour les espèces se repérant grâce à la lumière polarisée, tels que les insectes (Horvath et al., 2009). La pénétration de la lumière dans l'eau ainsi que sa diffusion dans les milieux associés sont également néfastes pour la biodiversité.

Les revêtements du sol jouent également pour une grande part dans la quantité de lumière émise vers le ciel (Aubé, 2016).

Chaque matériau comporte un coefficient de réflexion qui entraînera une réverbération plus ou moins forte des rayons lumineux. Il est donc préférable de choisir sous les luminaires des matériaux entraînant un faible réfléchissement vers le ciel (herbe par exemple).

Cette gestion différenciée des éclairages peut se traduire par une diminution de la densité de points lumineux, voire une suppression totale des points lumineux. La distance entre les points lumineux peut aussi être augmentée de manière à favoriser les « trouées noires » pour le franchissement de la faune.

Dimension temporelle de l'éclairage

Dans le cas présent, la gestion et la planification temporelle de l'éclairage peuvent être réalisées sur :

- La gestion de l'allumage des luminaires avant la tombée de la nuit et le lever du jour : il est possible d'opter pour l'utilisation d'une horloge astronomique permettant à l'éclairage public de se déclencher en fonction des heures du lever et coucher du soleil. Il est également possible d'établir une programmation de coupures nocturnes pour faire correspondre le temps l'allumage de l'éclairage (et son extinction) avec les besoins des humains. Par ailleurs, de nombreuses communes coupent volontairement leur éclairage public en cœur de nuit. La plage horaire peut varier de 23h à 5h du matin (dans certains cas, l'éclairage n'est pas rallumé le matin, voire totalement supprimé l'été). L'extinction peut être totale ou partielle (sur tout le territoire de la commune ou bien dans certaines parties uniquement, tous les jours de l'année ou bien excepté pour telle ou telle festivité). Deux études ont évalué l'efficacité de cette mesure sur les chauves-souris et montrent qu'elle dépend avant tout de la plage horaire sur laquelle elle est pratiquée (Azam et al., 2015). Les chauves-souris présentent en effet un pic d'activité juste après le crépuscule (puis un autre avant l'aube). L'extinction doit donc être pratiquée le plus tôt possible pour ne pas survenir après

l'émergence de ces espèces. Il est possible de supposer que les résultats seraient semblables pour d'autres espèces dont les mœurs sont également souvent davantage crépusculaires que strictement nocturnes (mammifères terrestres, rapaces nocturnes) ;

- **La mise en place de systèmes d'éclairages « automatiques »** qui s'allument et se coupent en lien direct avec les usages (passage de véhicules ou de personnes), via des détecteurs de présence.



Bilan : L'extinction de l'éclairage public est un des comportements de sobriété le plus à notre portée pour accompagner la transition énergétique.

Selon les besoins humains et les résultats de cette étude relative aux Chiroptères, des propositions, préconisations plus fines seront apportées quant à la gestion des éclairages le long du chemin réaménagé. Le but étant de concilier au mieux les deux.

Douarnenez - chemin du Treiz

Etude hydrodynamique – Phase 1

Sommaire

- 1) Niveau d'eau
- 2) Conditions de houles au large
- 3) Propagation en proche côtier

01.

Niveau d'eau

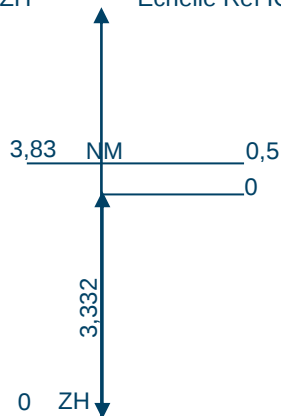
Niveau des marées

Données issues du RAM 2022 (<https://diffusion.shom.fr/references-altimetriques-maritimes-ram.html>)

Nom	Type	Lat.	Long.	Et.	Année CH	PHMA	PMVE	PMME	NM	BMME	BMVE	PBMA
Baie de Douarnenez												
Morgat	S	48 13 N	04 30 W	3.59	2012	07.50	06.65	05.20	03.88	02.55	01.05	00.26
Douarnenez	S	48 06 N	04 19 W	3.57	2015	07.39	06.55	05.05	03.83	02.45	00.95	00.12

Nom	Repère fondamental	Organisme	Date	RF/ZH	RF/Ref	ZH/Ref	ZH/Elli	Ref
Baie de Douarnenez								
Morgat	O.L.K3- 214	IGN	1986	7.925	4.553	-3.372	47.31	IGN69
Douarnenez	O.L.K3 - 41	IGN	2010	32.295	28.963	-3.332		IGN69

Echelle ZH Echelle Ref IGN69



Douarnenez	CM	IGN 69
PHMA	7.39	4.06
PMVE	6.55	3.22
PMME	5.05	1.72
NM	3.83	0.50
BMME	2.45	-0.88
BMVE	0.95	-2.38
PBMA	0.12	-3.21

Niveau d'eau – Extrêmes – SHOM/CEREMA 2022

Estimations de niveaux extrêmes de PM (en m IGN69) dans les travaux du SHOM / CEREMA 2022 **pour l'entrée de la ria de Port Rhu.**

Période de retour	2022		
	Niveau	Int.Conf.70%	Int.Conf.95%
5 ans	4.46	4.45 à 4.47	4.45 à 4.48
10 ans	4.52	4.51 à 4.54	4.50 à 4.56
20 ans	4.58	4.56 à 4.60	4.55 à 4.64
50 ans	4.65	4.63 à 4.70	4.61 à 4.81
100 ans	4.70	4.67 à 4.78	4.66 à 4.98
200 ans	4.76	4.72 à 4.88	4.69 à 5.20
500 ans	4.83	4.77 à 5.03	4.74 à 5.59
1 000 ans	4.89	4.81 à 5.16	4.77 à 6.03

Changement climatique – Augmentation du niveau d'eau

Projections d'élévation du niveau de la mer, en m, pour les scénarios SSP5-8.5 et SSP5-8.5 « Low Confidence » au point Long :-5 / Lat :48 au large de la pointe du Raz par rapport à la période 1995-2014 fournies sur le site de la NASA sur la base des travaux du GIEC de 2019.

Scénario	2030	2050	2090	2100	2150
SSP5-8.5	0,11 (0,06/0,16)	0,24 (0,16/0,33)	0,62 (0,45/0,86)	0,75 (0,54/1,05)	1,23 (0,79/1,85)
SSP5-8.5 « Low Confidence »	0,11 (0,06/0,16)	0,24 (0,16/0,36)	0,67 (0,45/1,07)	0,84 (0,54/1,31)	1,90 (0,79/5,08)

Niveau d'eau (NE) – Période de retour (PR) 100 ans

Pour l'entrée de la ria de Port Rhu

Actuel:

=> NE PR_{100ans} = 4,70m IGN69

Echéance 2100 - SSP5-8.5: +0,75m

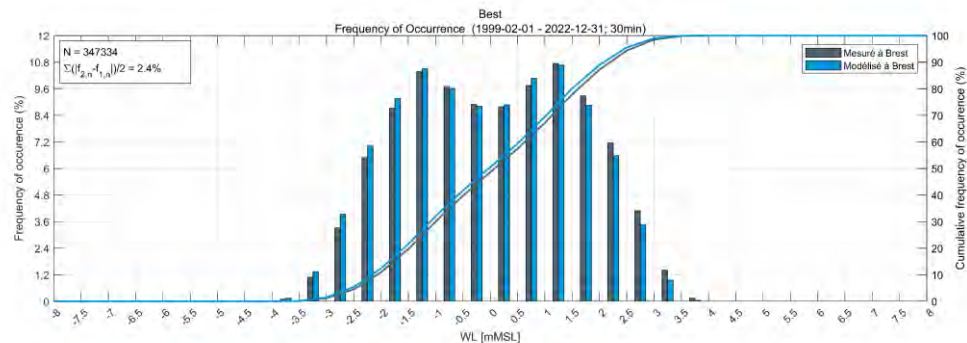
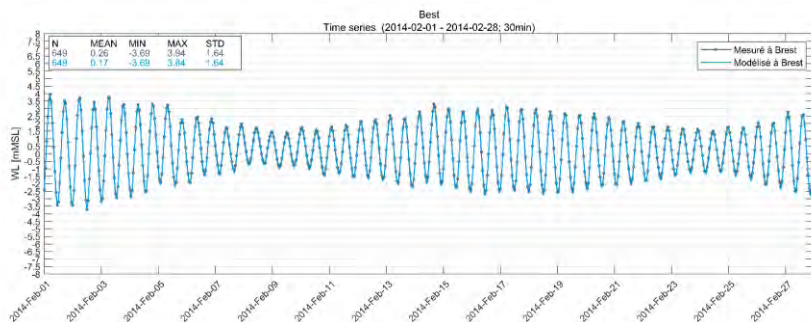
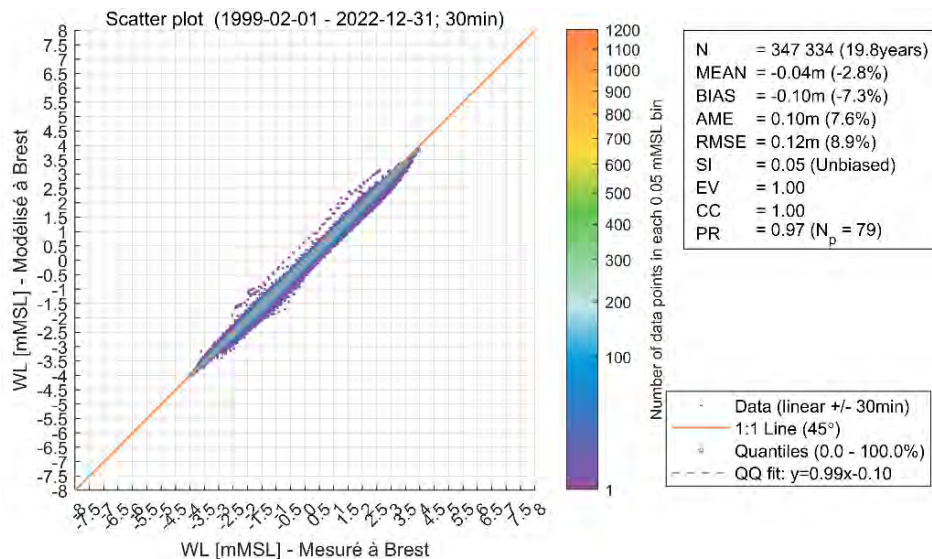
=> NE PR_{100ans} = 5,45m IGN69

(« Low Confidence » +0,84m: NE PR_{100ans} = 5,54 IGN69)

Données de niveau d'eau issues du modèle numérique HD-NE de DHI

Bonne corrélation modèle-mesure au marégraphe de Brest

Données exploitées pour la simulation de la tempête du 14-02-2014



02.

Conditions de houles au large

Mesures de houles au large

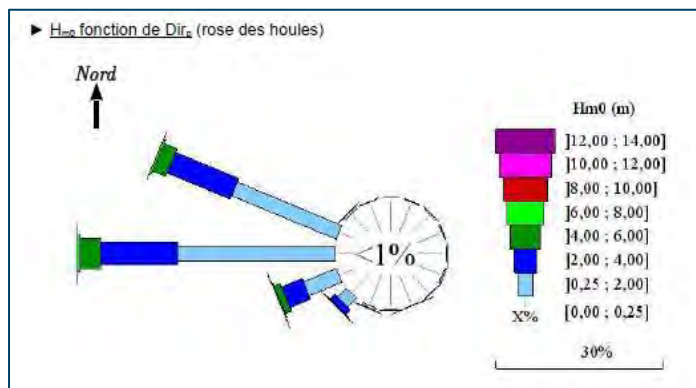
Exploitation des données du réseau CANDHIS du CEREMA:

=> analyse des mesures à la station Pierre Noire au large de la rade. Mesures disponibles sur la période 2005-2023.



Mesures de houles au large

D'après l'analyse CEREMA des données au houlographe des Pierres noires, les hauteurs de houles de période de retour **50 ans** sont de **Hs=13,2 à 14,2m**, pour une période associée **Tp= 12,9 à 16,6s**, pour des provenances d'ouest.



(Réf. : analyses 2023 des états de mer : Tome 1 - Mer du Nord, Manche et Atlantique)

Sélection des pics de tempête

	Seuil (u)	Nb évs/an	Cambrure H _{1/2} /L _{ind}
			médiane Int. Conf. 70%
GPD	6,40 m	6,51	1/21 1/24 à 1/18
Loi Exp	6,45 m	6,26	1/21 1/24 à 1/18

Paramètres des lois d'ajustement

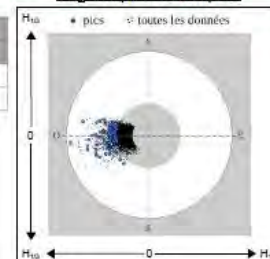
$$\text{GPD} : \Pr\{H_{1/2} > h | h > u\} = \left(1 + \xi \frac{h-u}{\sigma}\right)^{-1/\xi}$$

$$\text{avec } \sigma = 1,076319 \text{ et } \xi = 0,073940$$

$$\text{Loi Exp. : } \Pr\{H_{1/2} > h | h > u\} = \exp[-\rho(h-u)]$$

$$\text{avec } \rho = 0,851708$$

Dir_c aux pics de tempête

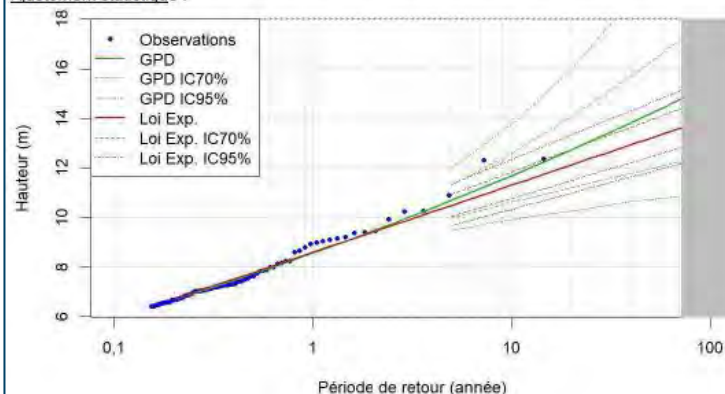


Niveaux de retour

Période de retour	H _{1/2} (mètres)		Int. de Conf. 70% (mètres)		T _{eqv} Int. Conf. 70% (secondes)	
	GPD	Loi Exp.	GPD	Loi Exp.	GPD	Loi Exp.
5 ans	10,70	10,49	9,99 à 11,33	10,04 à 10,94	11,32 à 13,57	11,19 à 13,40
10 ans	11,69	11,31	10,62 à 12,60	10,77 à 11,84	11,92 à 14,40	11,69 à 14,08
20 ans	12,73	12,12	11,21 à 14,05	11,49 à 12,74	12,56 à 15,29	12,19 à 14,77
50 ans	14,20	13,20	11,96 à 16,28	12,45 à 13,94	13,46 à 16,55	12,85 à 15,69

$$T_{eqv} = \sqrt{\frac{2\pi L_{ind}}{g}} \cdot \tanh\left(\frac{2\pi Prof}{L_{ind}}\right) \text{ avec } L_{ind} = H_{1/2} / \text{Cambrure}$$

Ajustement statistique :



Mesures de houles au large

Deux tempêtes remarquables peuvent être notées: 14/02/2014 ($H_s=12,4\text{m}$) et 05/02/2014 ($H_s=12,3\text{m}$), d'intensité équivalente à une celle d'une période de retour 20 ans.

CANDHIS : 02911 – Les Pierres Noires

Sélection des événements remarquables

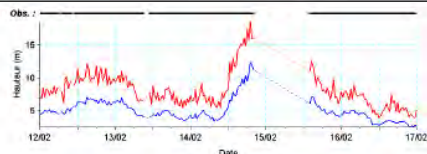
Tempête du 14/02/14

Évolution de $H_{\max}$, $H_{1/3}$

Légende :

$H_{\max}$ (m)

$H_{1/3}$ (m)



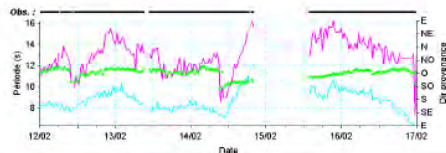
Évolution de T_p , T_{02} , Dir_p

Légende :

T_p (s)

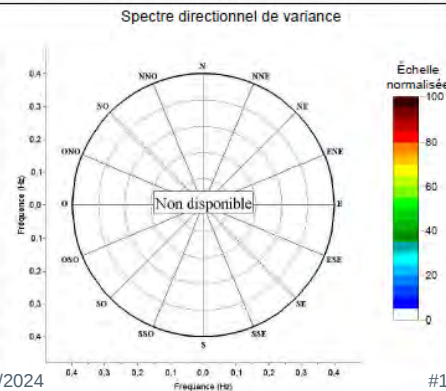
T_{02} (s)

Dir_p (°)



Pic de tempête

Pic du	14/02 7h00
$H_{1/3}$ (m)	12,38
$H_{1/10}$ (m)	15,30
$H_{\max}$ (m)	18,47
$T_{H1/3}$ (s)	15,2
$T_{H1/10}$ (s)	15,7
T_{avt} (s)	13,2
$T_{H\max}$ (s)	16,2
S_z	1/18
H_{m0} (m)	-
T_p (s)	-
T_{02} (s)	-
T_w (s)	-
Dir_p (°)	-
$Etal_p$ (°)	-



28/03/2024

#12

CANDHIS : 02911 – Les Pierres Noires

Sélection des événements remarquables

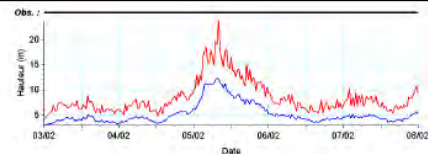
Tempête du 05/02/14

Évolution de $H_{\max}$, $H_{1/3}$

Légende :

$H_{\max}$ (m)

$H_{1/3}$ (m)



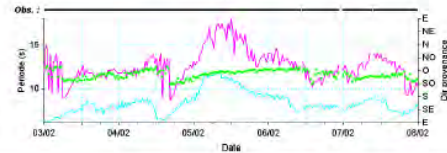
Évolution de T_p , T_{02} , Dir_p

Légende :

T_p (s)

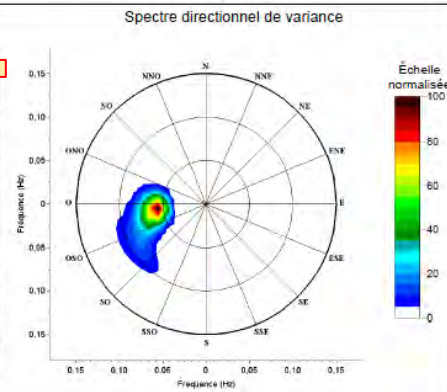
T_{02} (s)

Dir_p (°)



Pic de tempête

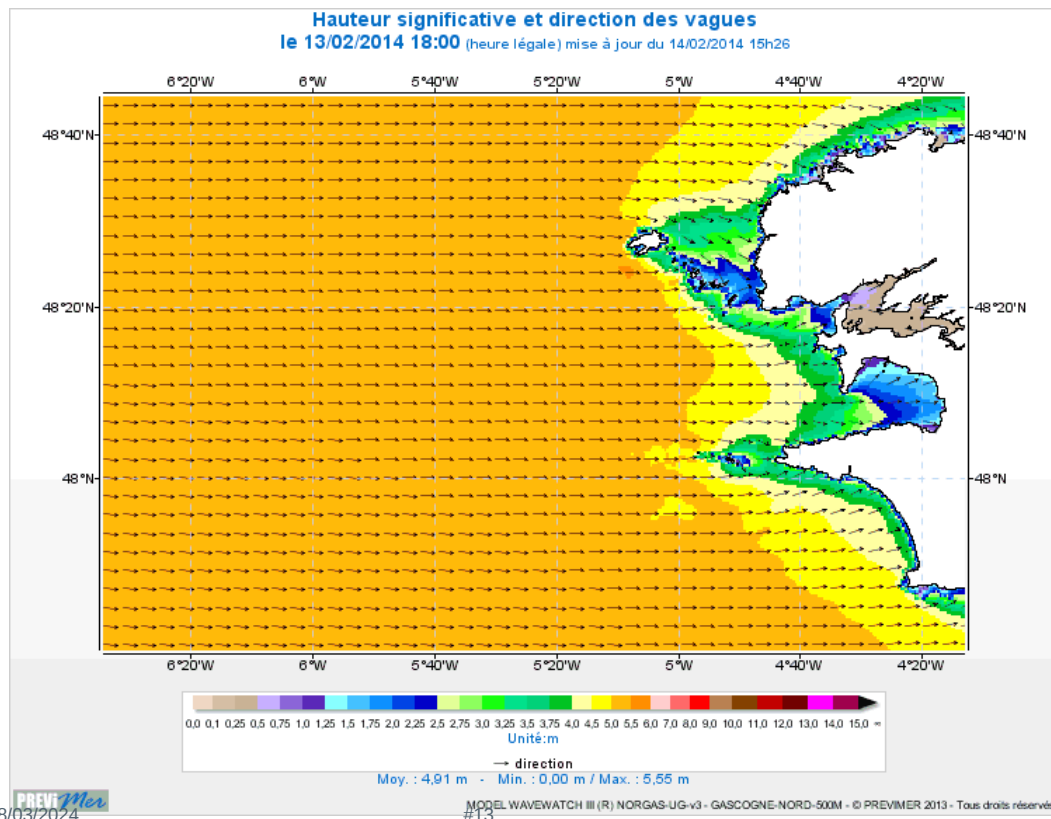
Pic du	05/02 7h00
$H_{1/3}$ (m)	12,32
$H_{1/10}$ (m)	14,92
$H_{\max}$ (m)	18,93
$T_{H1/3}$ (s)	14,7
$T_{H1/10}$ (s)	14,9
T_{avt} (s)	12,5
$T_{H\max}$ (s)	15,2
S_z	1/16
H_{m0} (m)	12,87
T_p (s)	17,4
T_{02} (s)	11,7
T_w (s)	14,9
Dir_p (°)	265
$Etal_p$ (°)	20



Tempête du 14/02/2014

Données issues des données IFREMER

[https://marc.ifremer.fr/resultats/vagues/modeles_atlantique_nord/\(typevisu\)/map/\(zoneid\)/gascogne#appTop](https://marc.ifremer.fr/resultats/vagues/modeles_atlantique_nord/(typevisu)/map/(zoneid)/gascogne#appTop)

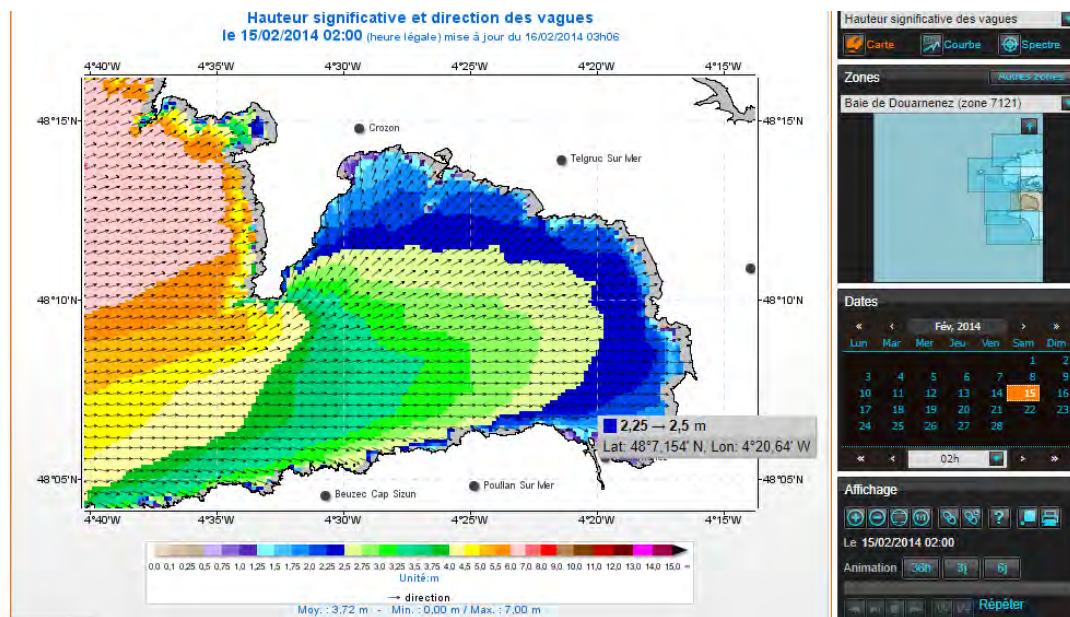


Tempête du 14/02/2014

Données issues des données IFREMER

[https://marc.ifremer.fr/resultats/vagues/modeles_atlantique_nord/\(typevisu\)/map/\(zoneid\)/gascogne#appTop](https://marc.ifremer.fr/resultats/vagues/modeles_atlantique_nord/(typevisu)/map/(zoneid)/gascogne#appTop)

Des hauteurs de houle de 2,25 à 2,5m attendues au large immédiat de Douarnenez pour ce type de tempête.

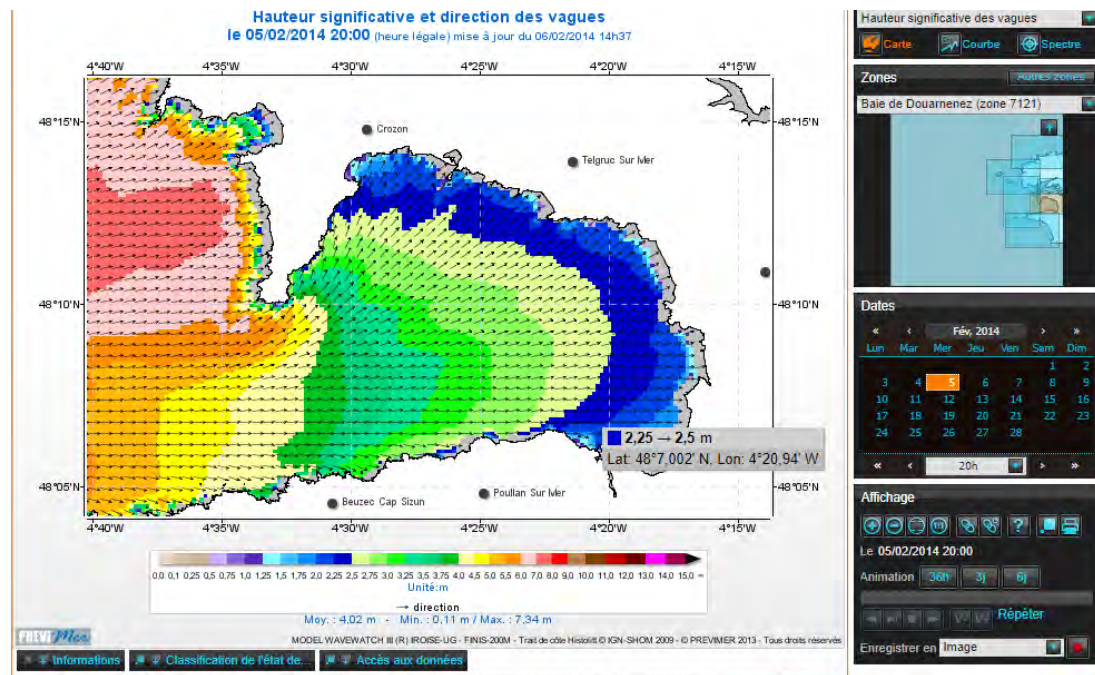


Tempête du 05/02/2014

Données issues des données IFREMER

[https://marc.ifremer.fr/resultats/vagues/modeles_atlantique_nord/\(typevisu\)/map/\(zoneid\)/gascogne#appTop](https://marc.ifremer.fr/resultats/vagues/modeles_atlantique_nord/(typevisu)/map/(zoneid)/gascogne#appTop)

Des hauteurs de houle de 2,25 à 2,5m attendues au large immédiat de Douarnenez pour ce type de tempête.



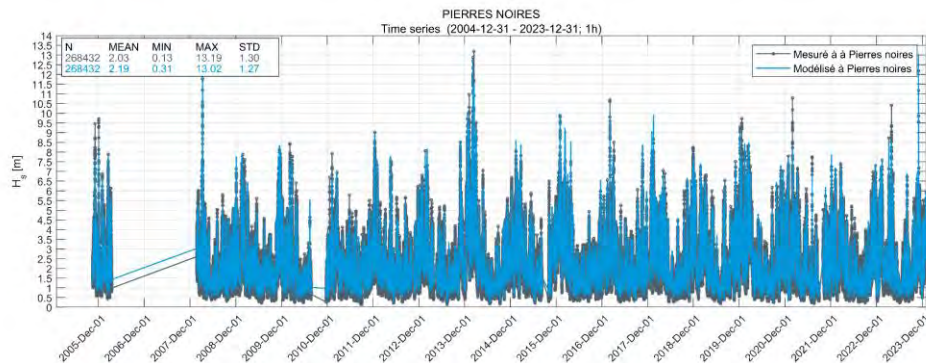
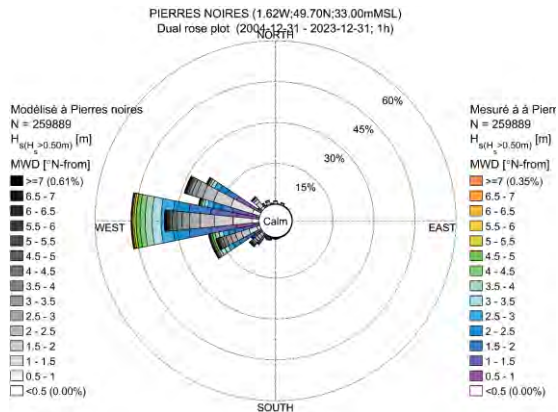
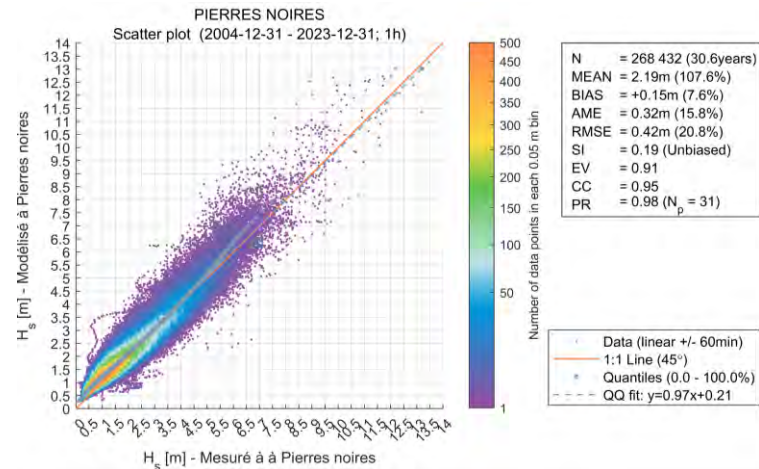
Données de houles issues du modèle numérique SW-NE de DHI

Données sur 2000-2023

Bonne corrélation modèle-mesure au houllographe des Pierres Noires. Légère surestimation pour les houles fortes (compatible avec une approche conservative).

Données exploitées ensuite pour:

- l'analyse des valeurs extrêmes
- la simulation de la propagation du large à la côte en prenant la signature de la tempête du 14-02-2014



Analyse des valeurs extrêmes des houles

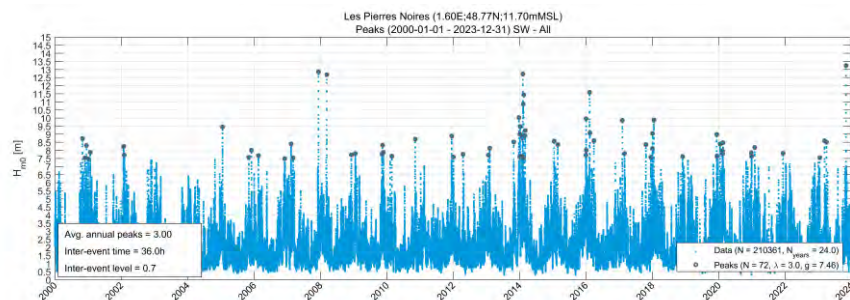
Sélection de tempêtes

Analyse en exploitant les données sur la période 2000-2023 pour la station Pierres Noires.

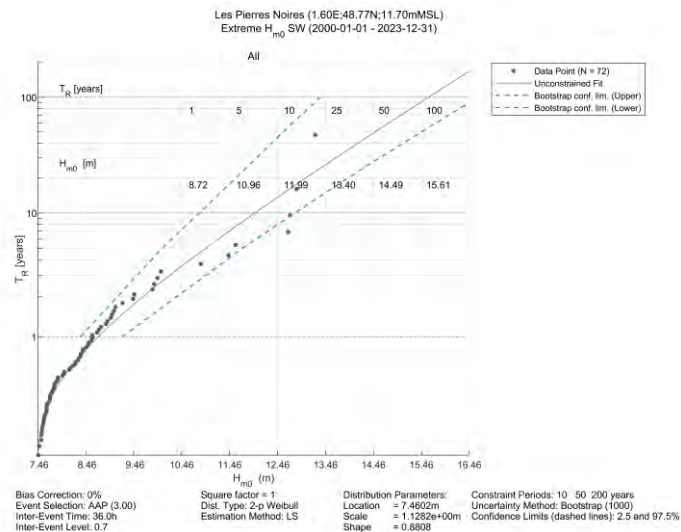
Valeurs obtenues similaires à celles obtenues par le CEREMA.

Période de retour 100ans: $H_s=15,6\text{m}$

H_{m0} [m]	1	5	10	25	50	100
All Lower bnd	8.35	10.05	10.83	11.83	12.58	13.35
All Central Est.	8.72	10.96	11.99	13.40	14.49	15.61
All Upper bnd	9.22	11.72	12.82	14.29	15.46	16.63



Courbe d'extrapolation

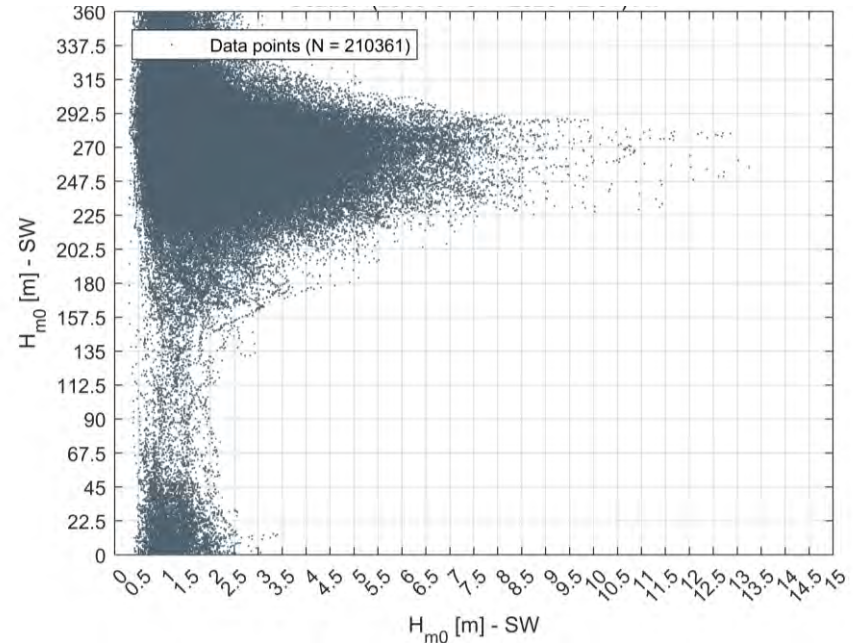


Hauteurs significatives des vagues selon différentes directions

- Les résultats de l'analyse directionnelle des hauteurs extrêmes indiquent que les plus fortes tempêtes proviennent du secteur 270° (ouest)

Les Pierres Noires
All
 T_R [years]

	1	5	10	25	50	100
0	2.19	2.66	2.84	3.08	3.24	3.41
22.5	1.91	2.47	2.70	2.99	3.21	3.43
45	1.61	2.01	2.15	2.33	2.45	2.57
67.5	1.43	1.95	2.14	2.37	2.53	2.69
90	1.40	1.89	2.06	2.27	2.41	2.54
112.5	-	-	-	-	-	-
135	-	-	-	-	-	-
157.5	2.01	2.79	3.07	3.42	3.68	3.92
180	2.85	3.85	4.27	4.80	5.20	5.59
202.5	4.46	5.52	5.92	6.42	6.78	7.13
225	6.69	8.37	9.07	9.97	10.64	11.31
247.5	7.75	9.75	10.56	11.61	12.38	13.15
270	7.89	10.30	11.42	12.95	14.14	15.35
292.5	6.99	8.63	9.29	10.13	10.75	11.36
315	3.89	5.00	5.43	5.97	6.37	6.75
337.5	2.52	3.07	3.29	3.56	3.75	3.95
All	8.72	10.96	11.99	13.40	14.49	15.61

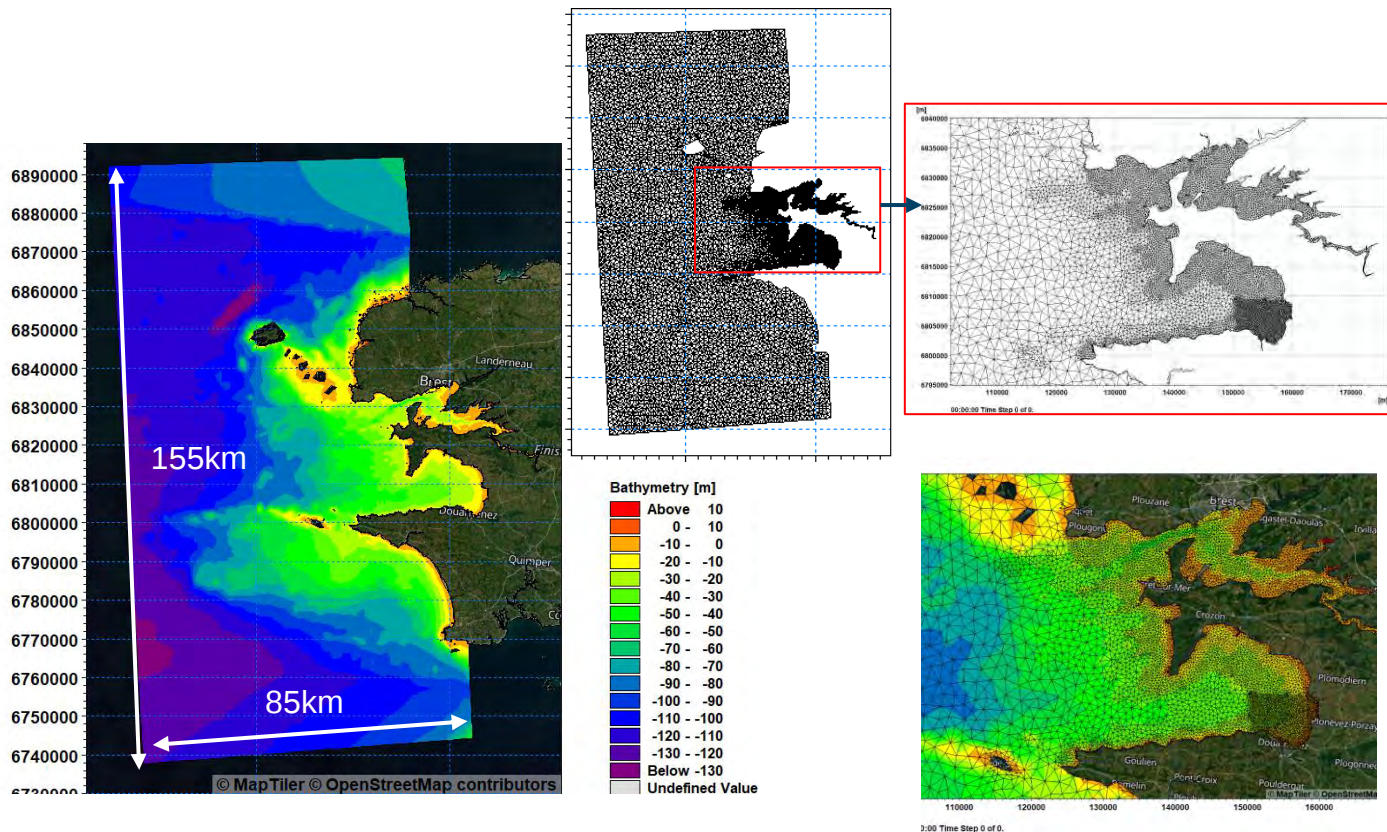


03.

Propagation en proche côtier

Construction du modèle de propagation des houles à Douarnenez

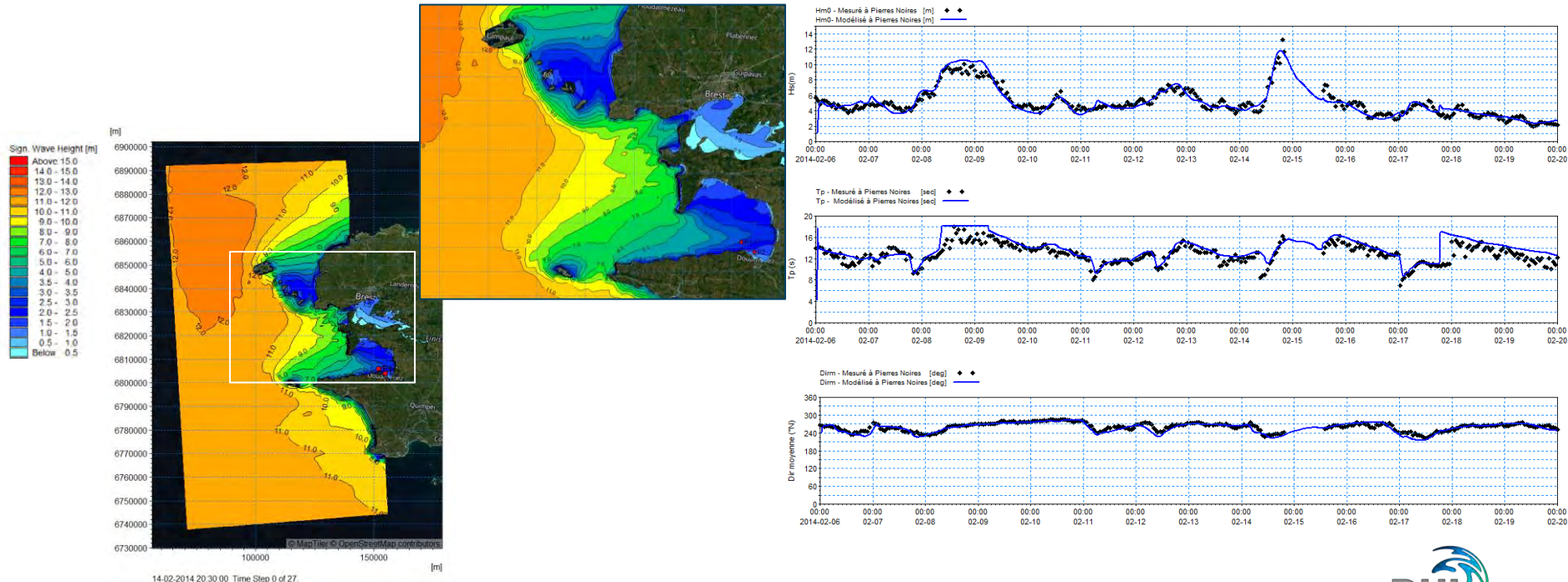
- Bathymétrie : Le MNT bathymétrique de la façade atlantique du SHOM Homonim a été utilisé. Il possède une résolution horizontale de 111m.
- Maillage: Le domaine est discrétisé en mailles triangulaires, elles sont grossières au larges (longueur côtés = 2.5km) et raffinées sur les zones côtières (longueur côté = 200m).
- Dimension du modèle :
Longueur : 155 km
Largeur : 85 km



Modélisation de la tempête du 14 Février 2014

La période du 06 au 20 Février est modélisée. Le pic de la tempête est à la date du 14/02/2014 au niveau de Pierres Noires

- Les hauteurs de houles sont globalement bien représentées par le modèle au point d'observation de Pierres Noires, tant en intensité qu'en direction;
- L'évènement du 14/02/2014 est prise en signature de tempête pour l'évaluation des houles extrêmes au niveau du secteur d'étude.



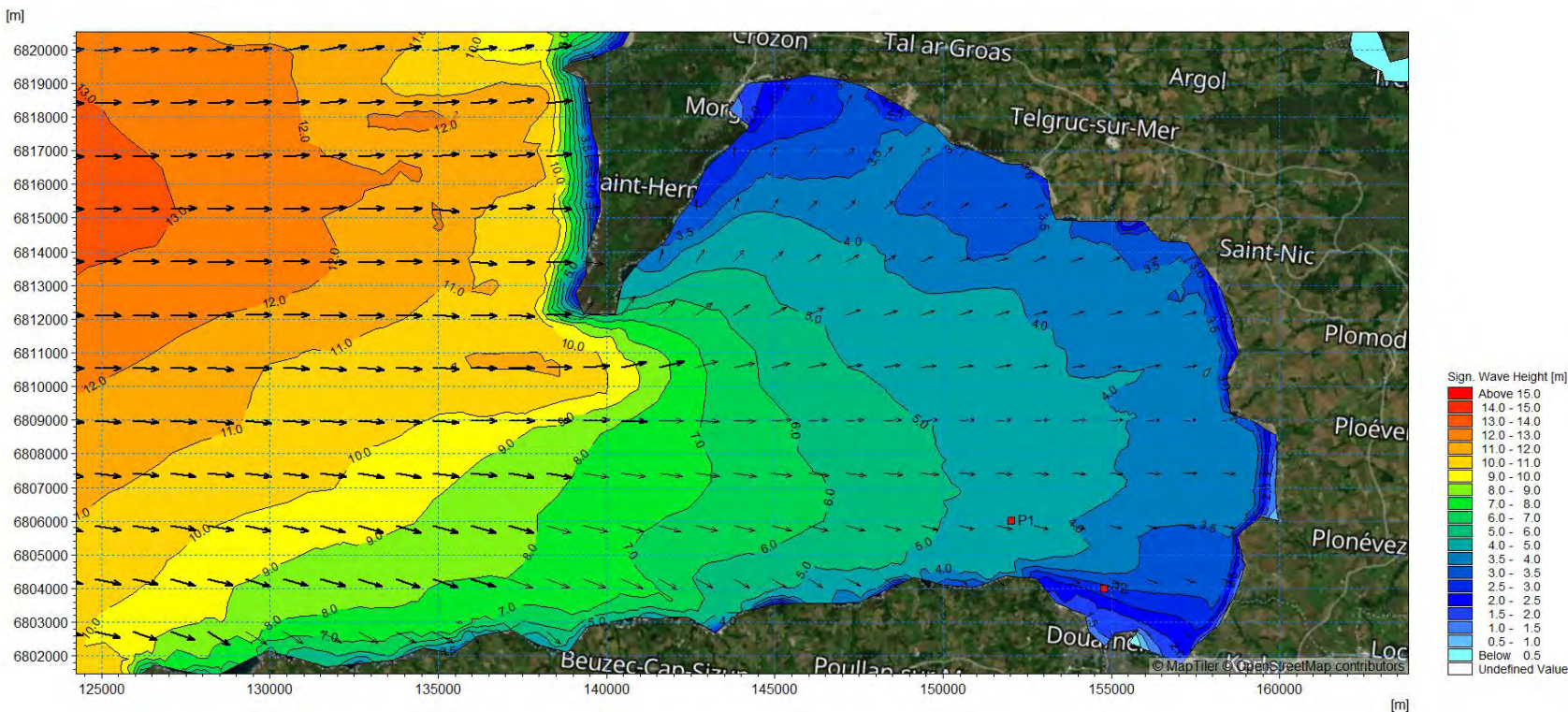
Modèle de propagation des houles: tempête du 14/02/2014



Modèle de propagation des houles: résultat

Exemple de champ de houle dans la baie pour une houle centennale avec un niveau marin centennal

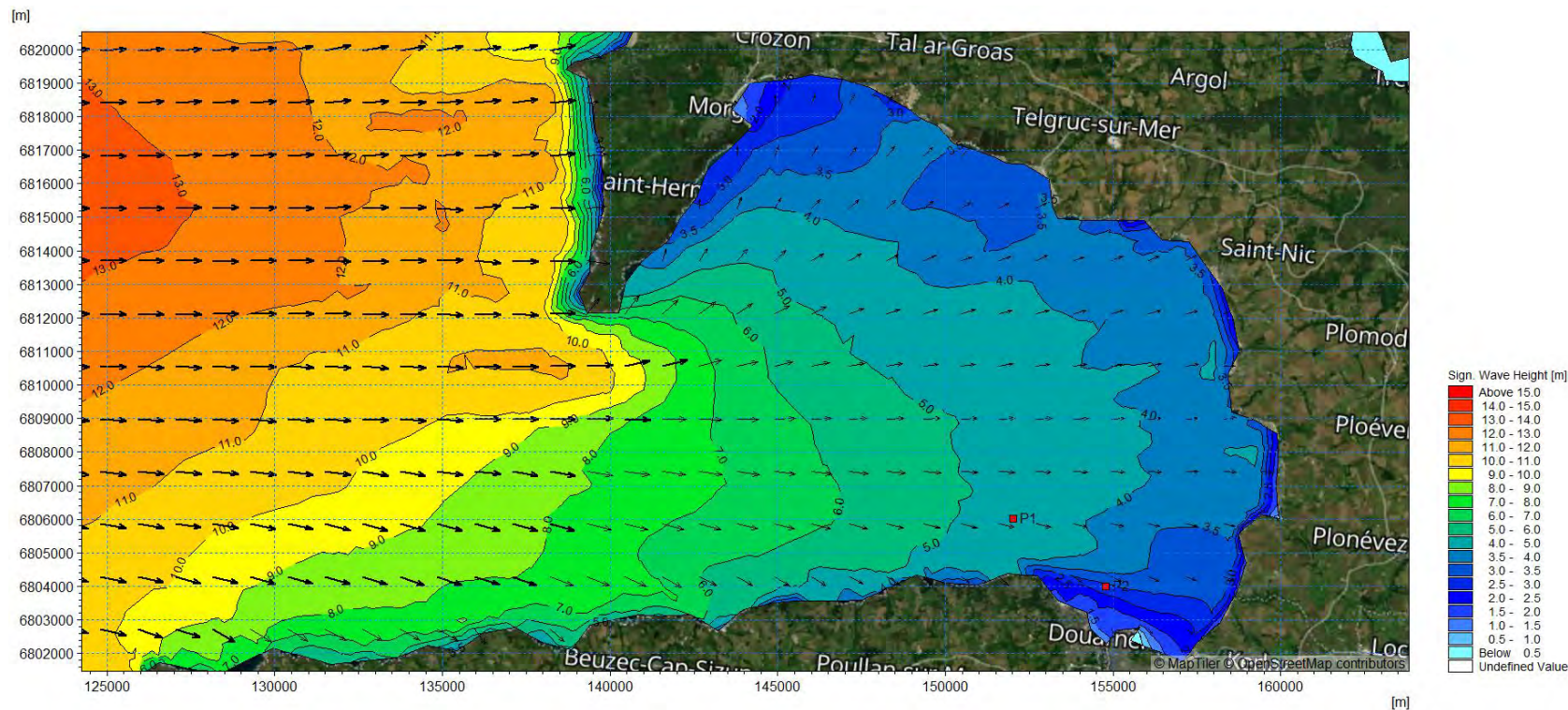
T100
Dir 270°N



Modèle de propagation des houles: résultat

Exemple de champ de houle dans la baie pour une houle centennale avec un niveau marin centennal et prise en compte du changement climatique (+0.75m).

T100
Dir 270°N



Modèle de propagation des houles: résultats

- Les hauteurs des vagues ont été extraites en deux points P1 et P2 proches du secteur d'étude (voir figure ci-contre).

P1 correspond à l'emplacement envisagé pour la frontière en mer du modèle local d'agitation qui sera mis en œuvre en phase 2.

Les valeurs en P2, localisé proche de l'entrée de la ria, sont données à titre indicatif.

Localisation	Hs (m)			
	T10	T25	T50	T100
Pierres Noires	12,0	13,4	14,5	15,6
P1	3.4	3.9	4,4	4,7
P1 CC+0,75m	3.5	4,0	4,5	4,8
P2	2,0	2,3	2,7	2,8
P2 CC+0,75m	2,1	2.4	2,8	2,9

L93	X (m)	Y (m)
P1	152020	6806022
P2	154778	6803996



Douarnenez - chemin du Treiz

Etude hydrodynamique – Phase 2

Sommaire

- 1) Rappel des hypothèses
- 2) Modèle d'agitation
- 3) Résultat
- 4) Vérification de la problématique du clapot

01.

Rappel des hypothèses

Niveau d'eau (NE) – Période de retour (PR) 100 ans

Pour l'entrée de la ria de Port Rhu

Actuel:

=> NE PR_{100ans} = 4,70m IGN69

Echéance 2100 - SSP5-8.5: +0,75m

=> NE PR_{100ans} = 5,45m IGN69

(« Low Confidence » +0,84m: NE PR_{100ans} = 5,54 IGN69)

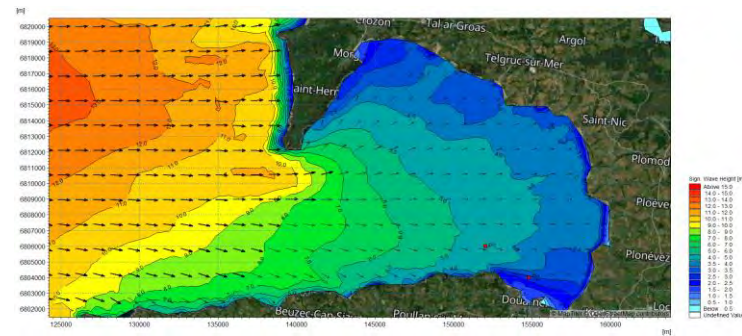
Conditions de houles extremes au large immédiat

- Les hauteurs des vagues ont été extraites en deux points P1 et P2 proches du secteur d'étude (voir figure ci-contre).

P1 au niveau de la frontière au large du modèle d'agitation.

Les valeurs en P2, localisé proche de l'entrée de la ria, sont données à titre indicatif.

	Hs (m)			
Localisation	T10	T25	T50	T100
Pierres Noires	12,0	13,4	14,5	15,6
P1	3.4	3.9	4,4	4,7
P1 CC+0,75m	3.5	4,0	4,5	4,8
P2	2,0	2,3	2,7	2,8
P2 CC+0,75m	2,1	2.4	2,8	2,9



02.

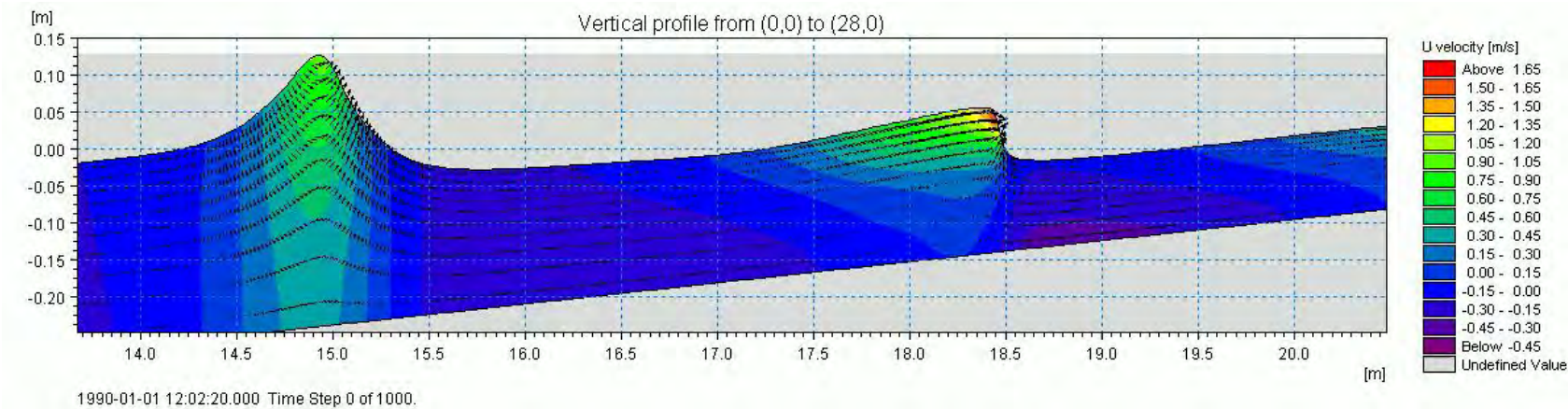
Modèle d'agitation



Modélisation

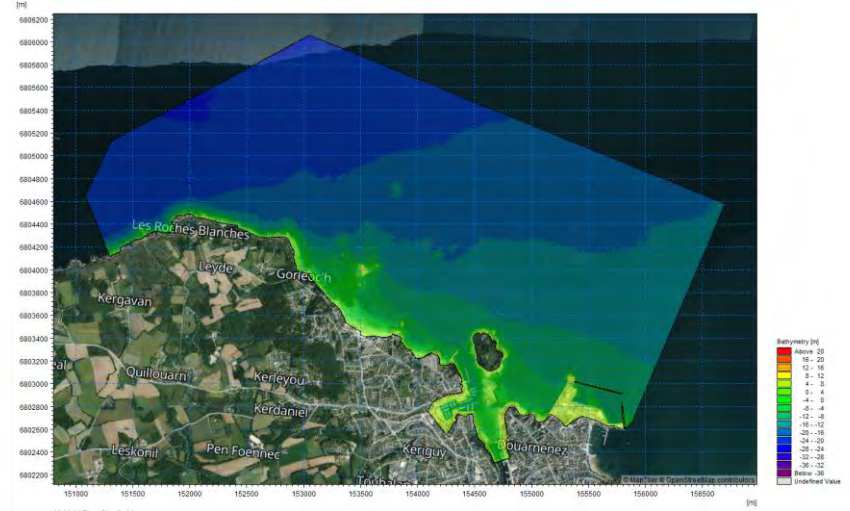
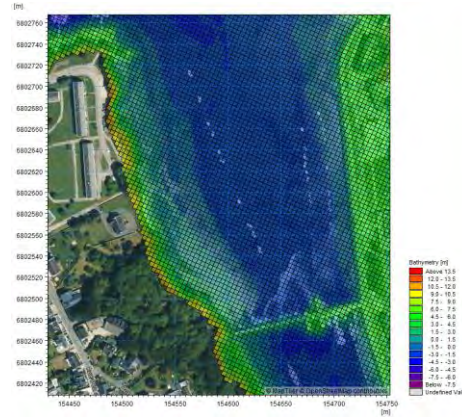
Modèle 3D vague à vague

- MIKE 3WaveFM (M3W) : modèle vague à vague non hydrostatique, résolvant equations de Navier-Stokes moyennées
- Permet la representation de la transmission des vagues au travers des milieux poreux
- Pas de limitation de hauteur ou de période de vague
- Modélisation du déferlement, du run up et du jet de rive (franchissement)



Emprise du modèle

- Dimensions du modèle:
 - 5000 m x 2800 m
- Résolution du maillage:
 - 4*4m – quadrangulaire
- Donnée bathymétrique:
 - Litto3D



03.

Résultats



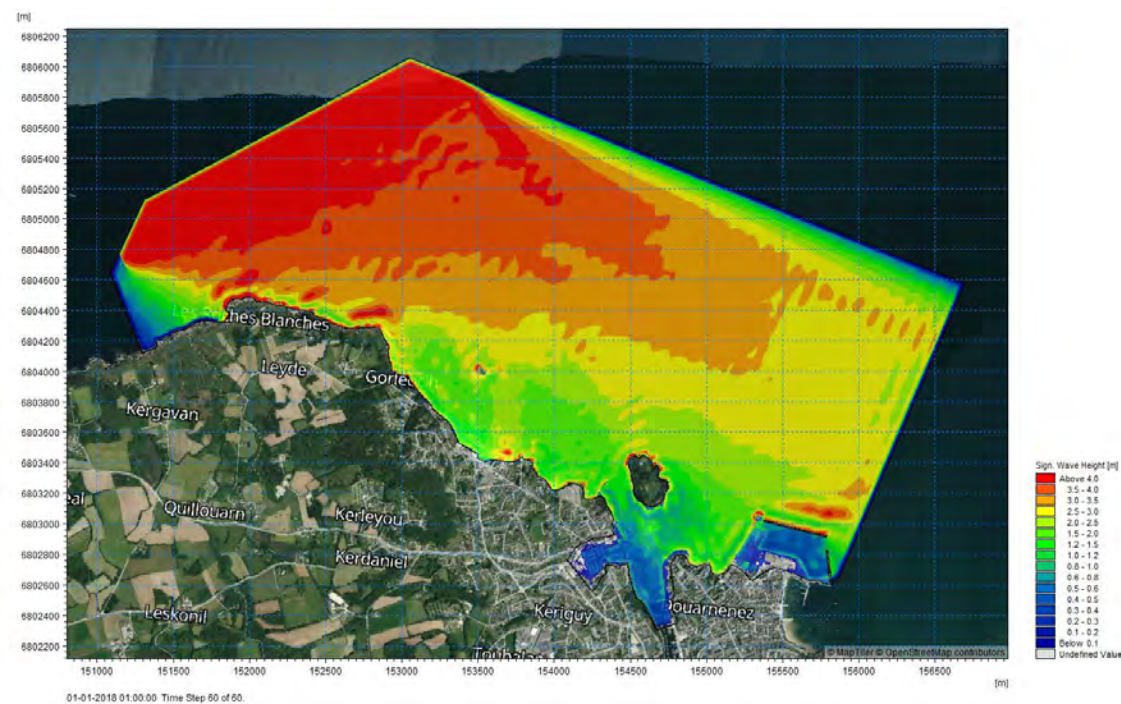
Simulation T50

$H_{s_P1} = 4,4\text{m}$

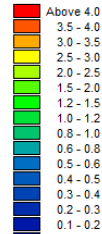
$T_p = 16\text{s}$

$NE = 4,70\text{m IGN69}$

Hauteur significative (Hs)



Sign. Wave Height [m]



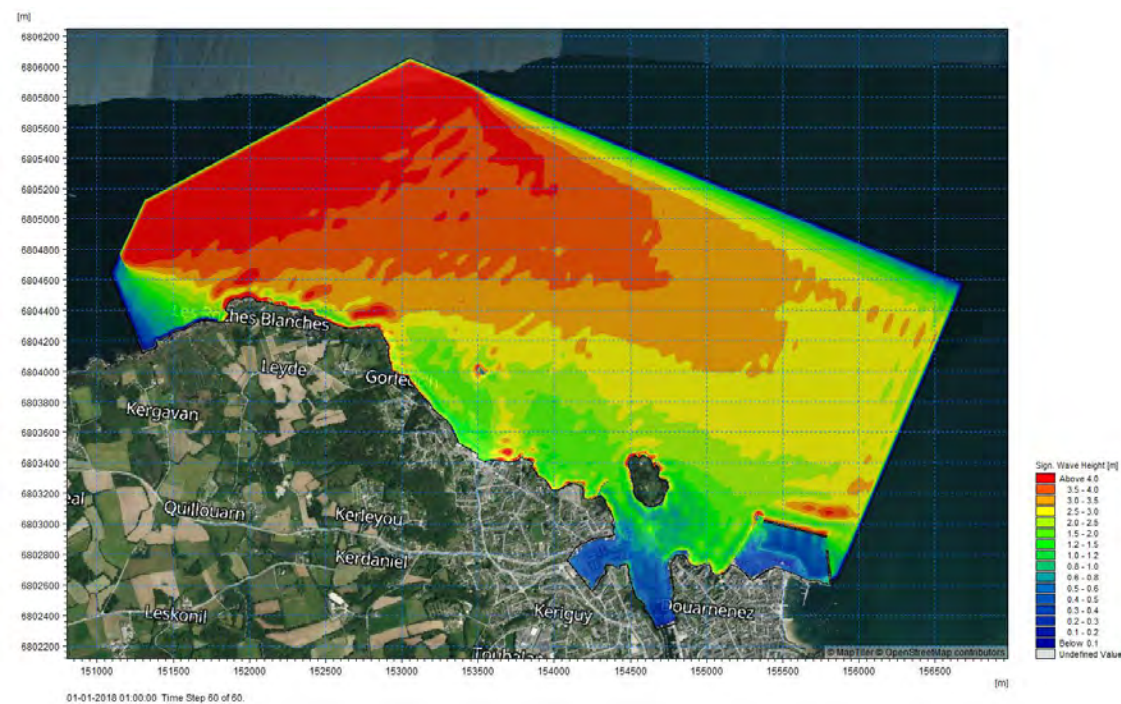
Simulation T50CC

$H_{s_P1} = 4,5\text{m}$

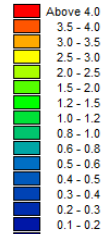
$T_p = 16\text{s}$

$NE = 5,45\text{m IGN69}$

Hauteur significative (Hs)



Sign. Wave Height [m]



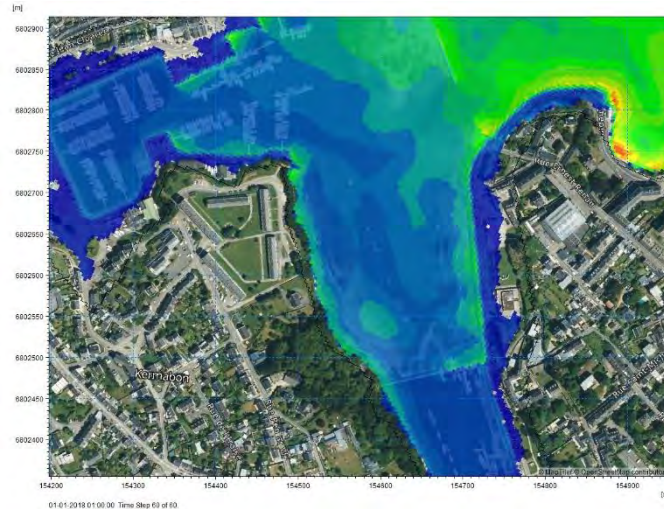
Simulation T100

$H_{s_P1} = 4,7\text{m}$

$T_p = 16\text{s}$

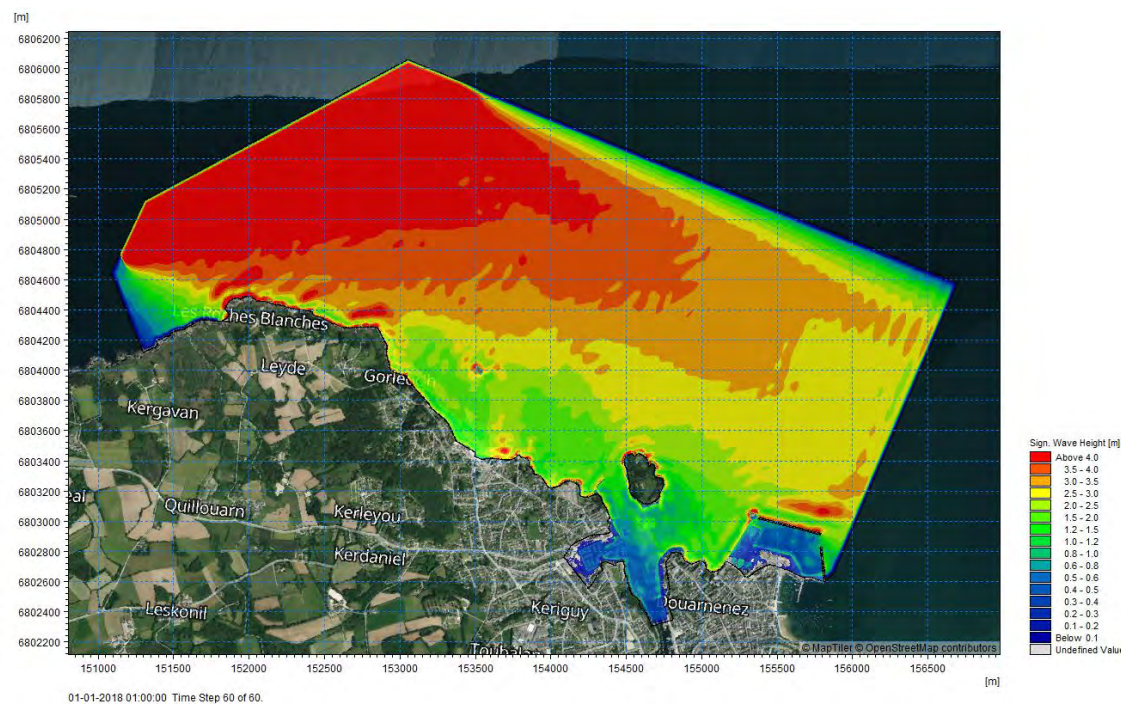
$NE = 4,70\text{m IGN69}$

Hauteur significative (Hs)

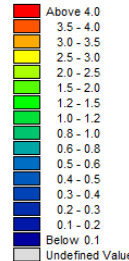


© DHI

27/05/2024



Sign. Wave Height [m]



#12

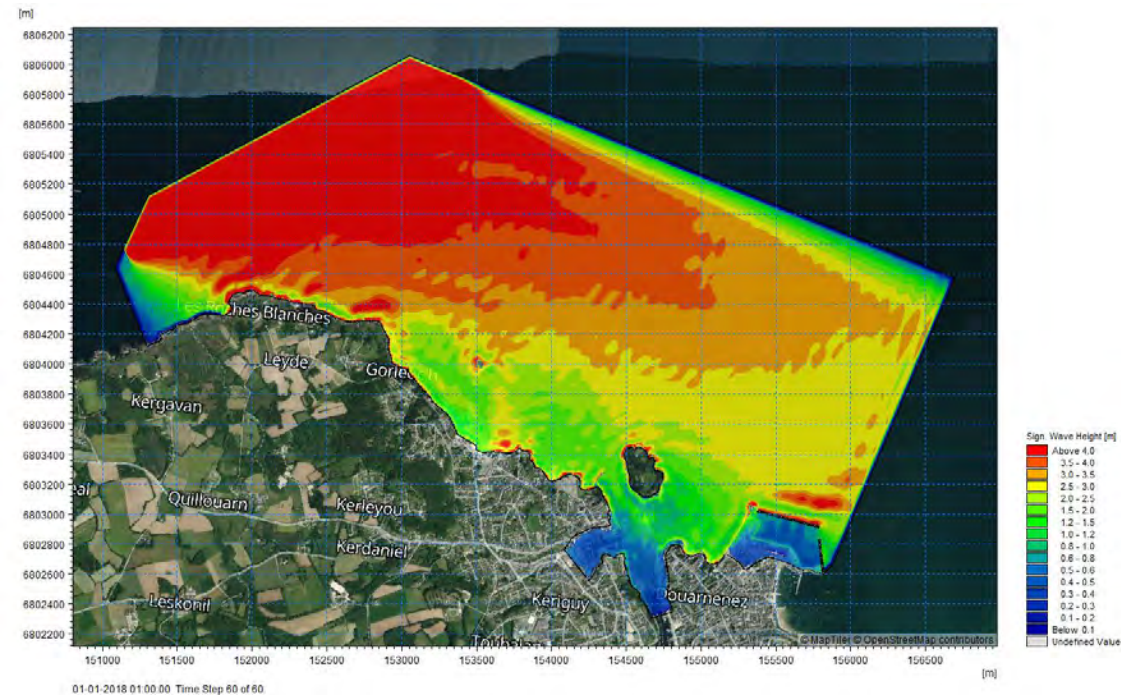
Simulation T100CC

$H_{s_P1} = 4.8\text{m}$

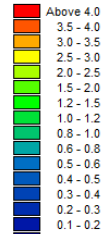
$T_p = 16\text{s}$

$NE = 5,45\text{m IGN69}$

Hauteur significative (Hs)



Sign. Wave Height [m]



Undefined Value

Simulation T100_{TP14s}

Hs_P1= 4,7m

$$T_p = 14s$$

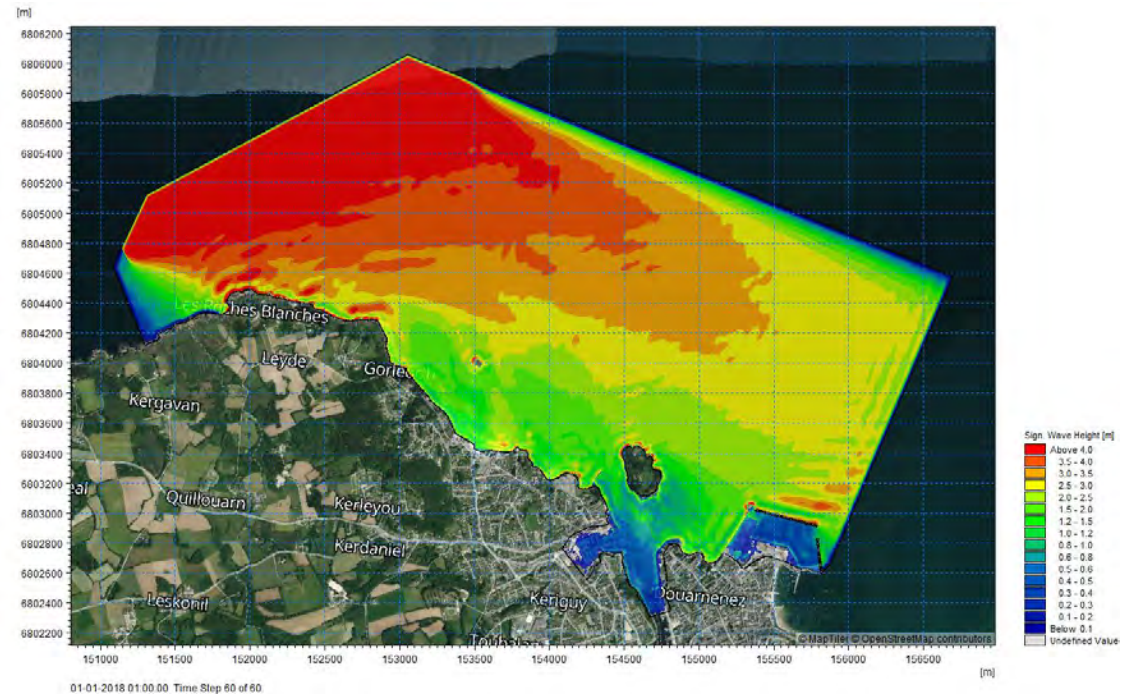
NE = 4,70m IGN69

Hauteur significative (Hs)

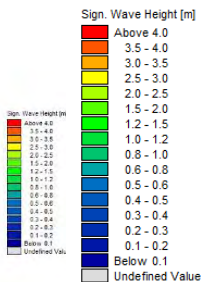


© DHI

27/05/2024



01-01-2018 01:00:00 Time Step 60 of 60



#14

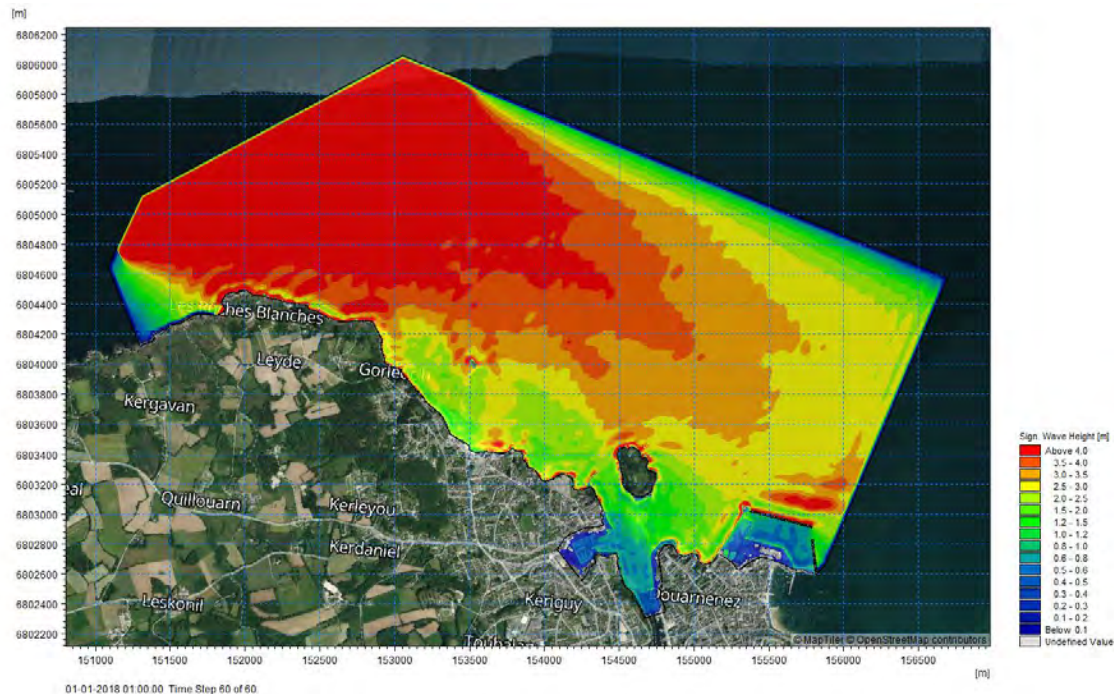
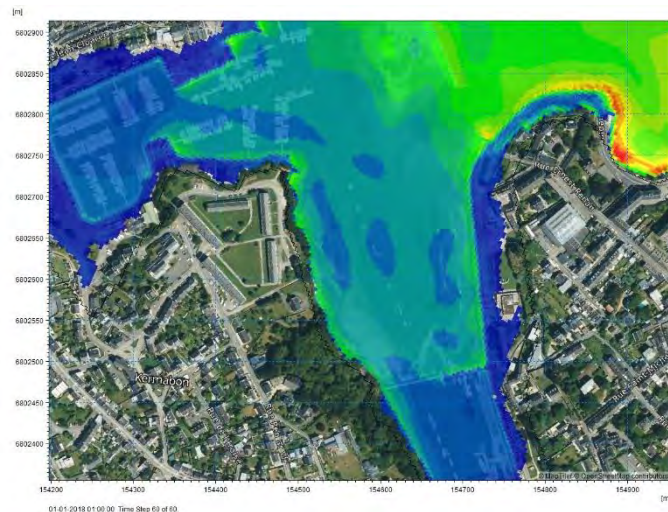
Simulation T100_{DIR290}

Hs_P1= 4,7m

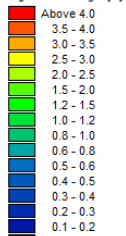
Tp =16s

NE = 4,70m IGN69

Hauteur significative (Hs)



Sign. Wave Height [m]



Undefined Value

Simulation T50

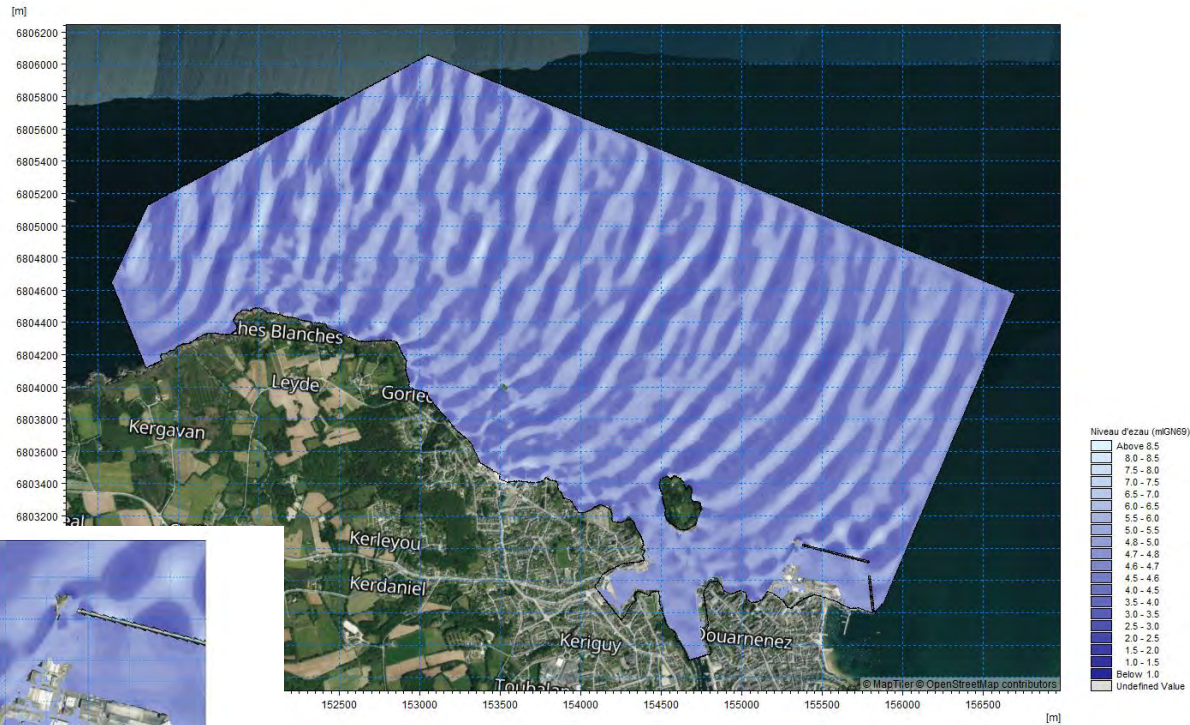
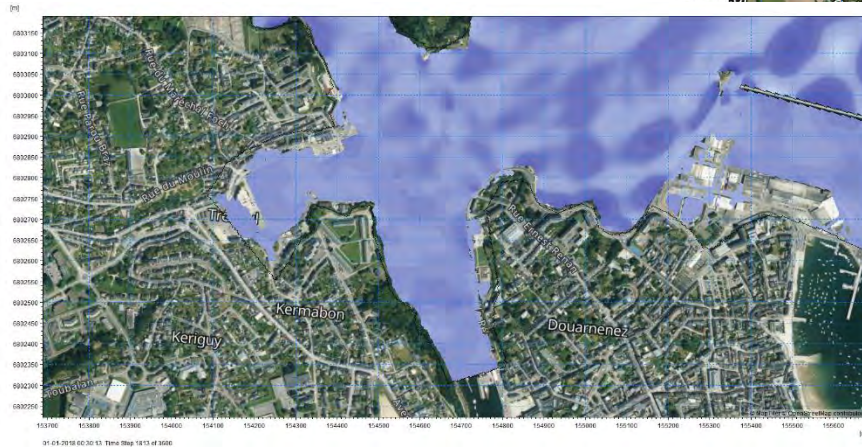
HS_P1= 4,4m

$T_p = 16s$

NE = 4,70m IGN69

Durée de simulation: 1h

Vue instantanée de la surface libre



Simulation T50CC

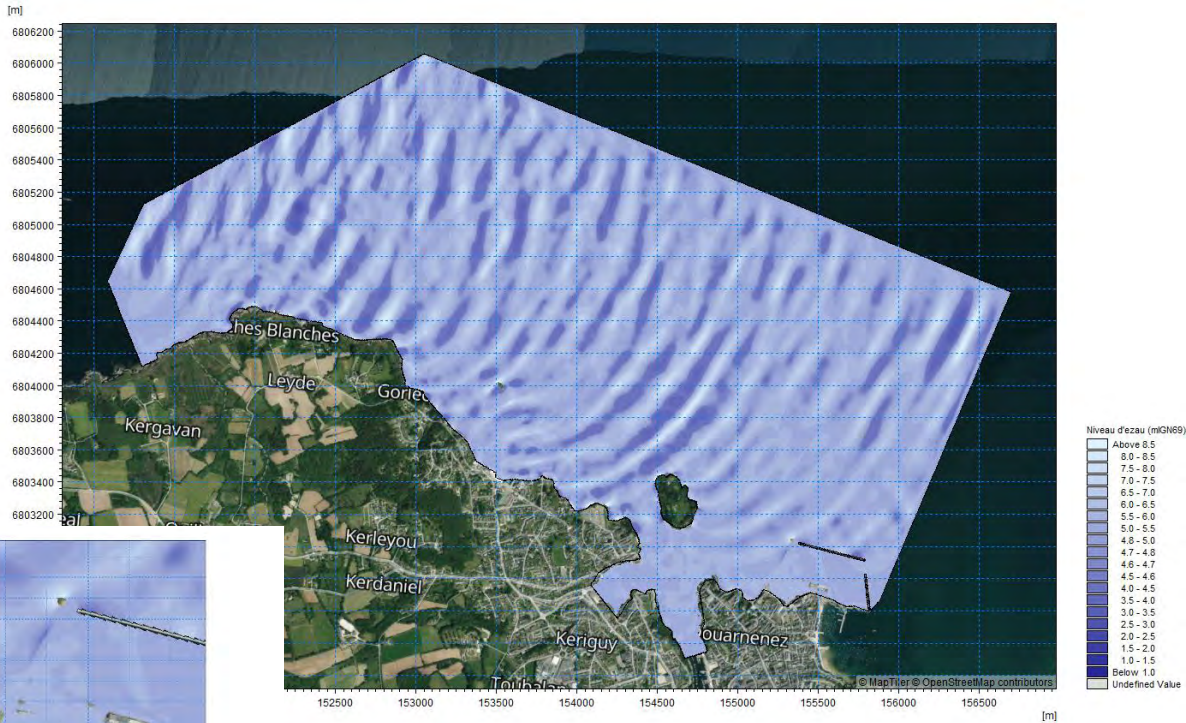
Hs_P1= 4,5m

Tp =16s

NE = 5,45m IGN69

Durée de simulation: 1h

Vue instantanée de la surface libre



Simulation T100

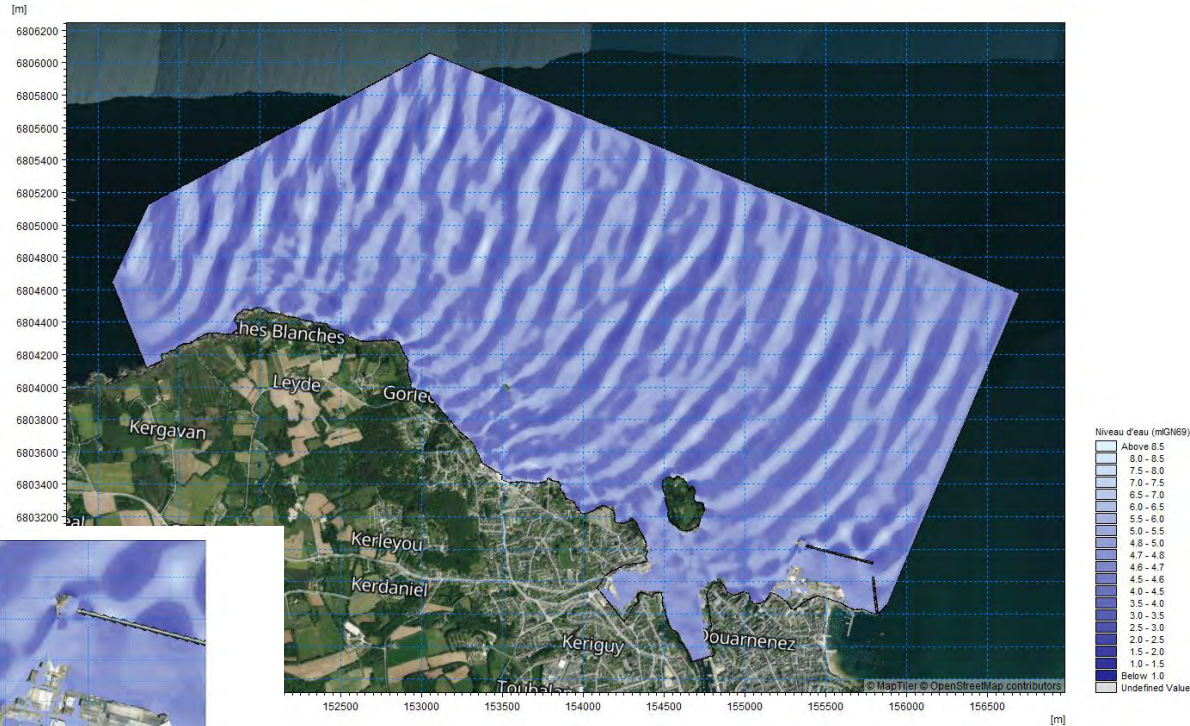
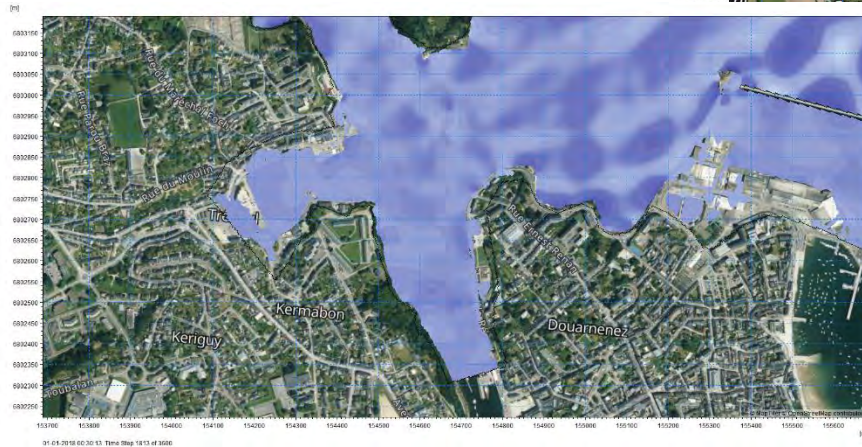
Hs_P1= 4,7m

Tp =16s

NE = 4,70m IGN69

Durée de simulation: 1h

Vue instantanée de la surface libre





Simulation T100_{TP14s}

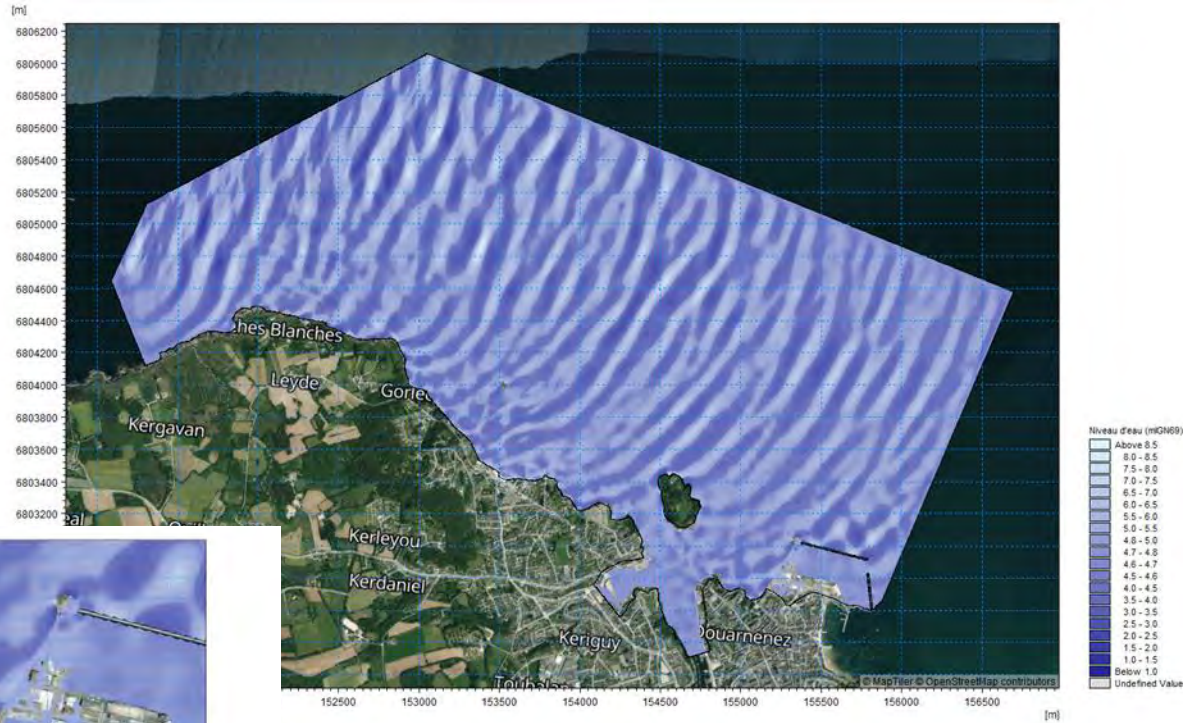
Hs_P1= 4,7m

T_p =14s

NE = 4,70m IGN69

Durée de simulation: 1h

Vue instantanée de la surface libre



Simulation T100CC

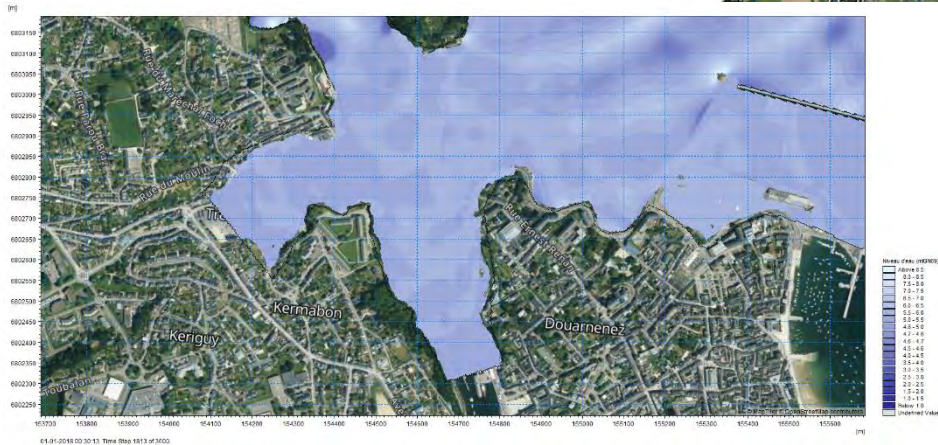
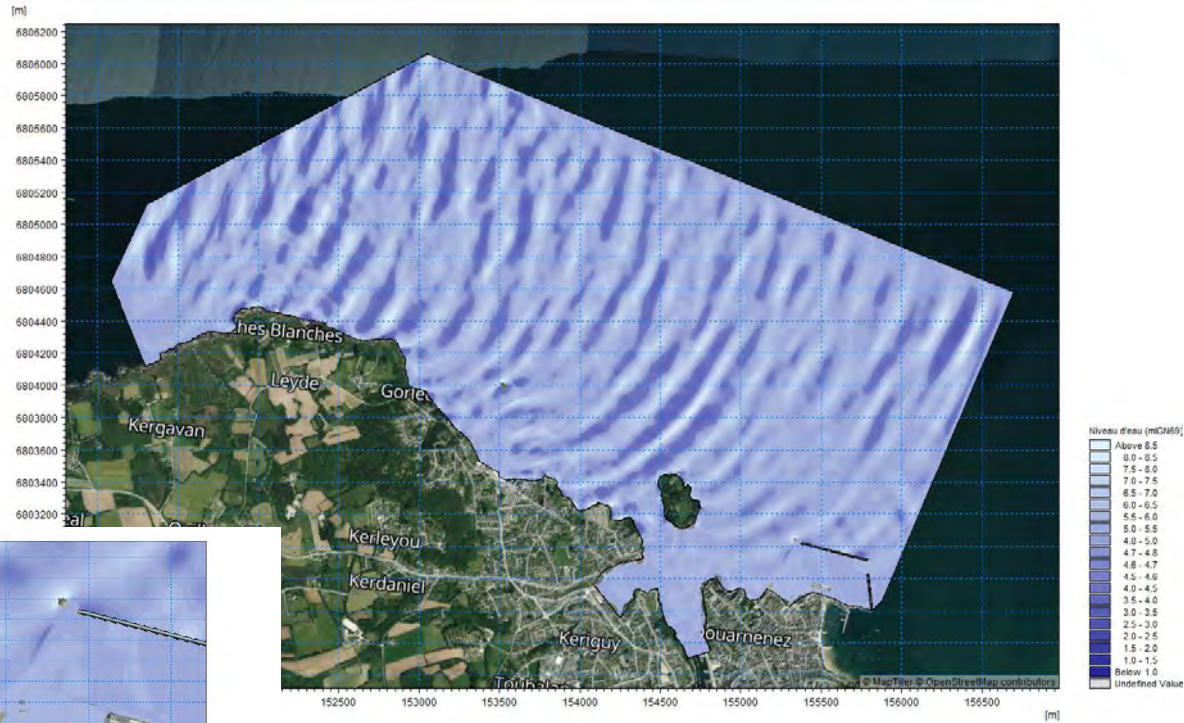
Hs_P1= 4,8m

Tp =16s

NE = 5,45m IGN69

Durée de simulation: 1h

Vue instantanée de la surface libre



Résultats

Hauteur significative (Hs) dans la zone de la passerelle: **Hs= 0,6 à 0,8 m**

T50

Hs_P1= 4,4m
Tp =16s
NE = 4,70m IGN69

T50cc

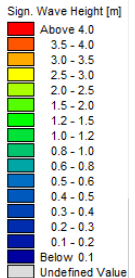
Hs_P1= 4,5m
Tp =16s
NE = 4,70m IGN69

T100

Hs_P1= 4,7m
Tp =16s
NE = 4,70m IGN69

T100cc

Hs_P1= 4,8m
Tp =16s
NE = 5,45m IGN69



Résultats

Hauteur significative (Hs) dans la zone de la passerelle: **Hs= 0,6 à 0,8 m**

T100

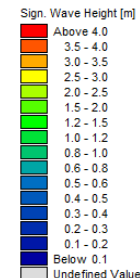
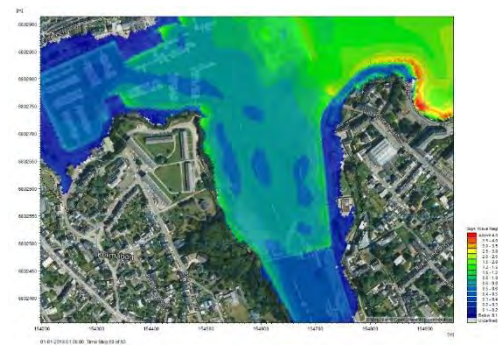
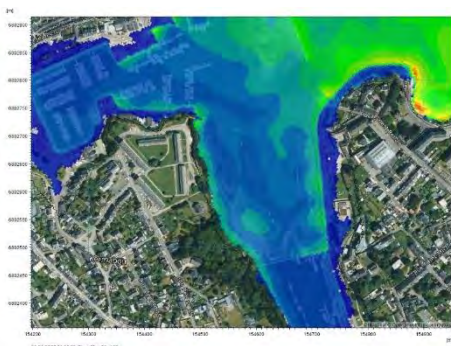
HS_P1= 4,7m
T_p =16s
NE = 4,70m IGN69

T100 14s

HS_P1= 4,7m
T_p =14s
NE = 4,70m IGN69

T100 290°N

HS_P1= 4,7m
T_p =16s
NE = 4,70m IGN69
Dir 290°N



04.

Vérification de la problématique du clapot

Etude des vents extrêmes

- Une chronique de vent CFSR est extraite sur la période 2000 à 2022 au point "Pierres noires"
- Le fetch le plus important vis-à-vis du secteur d'étude est la direction 345° (Nord Nord Est)
- Le secteur d'étude est directement exposé aux vagues provenant de la direction 0°N (Nord)

Direction = 345° N
Magnitude_{T100} = 24,3m/s

Direction = 0° N
Magnitude_{T100} = 21,9m/s



Pierres noires
All
 T_R [years]

	1	5	10	25	50	100
0	14.99	17.73	18.77	20.08	21.03	21.94
15	14.12	16.39	17.25	18.32	19.10	19.84
30	13.52	15.92	16.88	18.10	18.99	19.87
45	13.72	16.55	17.73	19.25	20.39	21.52
60	13.59	16.09	17.08	18.33	19.25	20.14
75	12.63	15.35	16.54	18.13	19.34	20.56
90	12.30	15.10	16.28	17.83	18.99	20.15
105	12.17	14.43	15.28	16.33	17.09	17.83
120	12.68	14.83	15.59	16.53	17.19	17.81
135	13.06	16.50	17.55	18.87	19.85	20.79
150	15.38	18.04	19.10	20.44	21.43	22.39
165	17.82	20.78	21.94	23.40	24.47	25.51
180	18.98	21.33	22.21	23.30	24.08	24.83
195	19.78	22.28	23.26	24.51	25.42	26.31
210	20.24	23.60	25.02	26.88	28.27	29.66
225	20.08	23.37	24.73	26.49	27.80	29.10
240	20.01	23.62	25.15	27.16	28.67	30.18
255	19.40	23.51	25.56	28.47	30.80	33.23
270	19.11	23.30	25.44	28.50	30.97	33.57
285	19.20	22.08	23.25	24.76	25.88	26.98
300	18.85	21.13	21.97	23.01	23.75	24.47
315	18.30	20.96	21.96	23.20	24.09	24.95
330	17.19	20.03	21.16	22.61	23.68	24.72
345	16.41	19.41	20.61	22.13	23.24	24.34
All	22.40	26.30	28.29	31.15	33.46	35.89

WS [m/s]

Analyse directionnelle de vents extrêmes

Modèle numérique local de Douarnenez

Pour modéliser précisément le clapot levé par le vent, le modèle est raffiné sur la baie de Douarnenez.

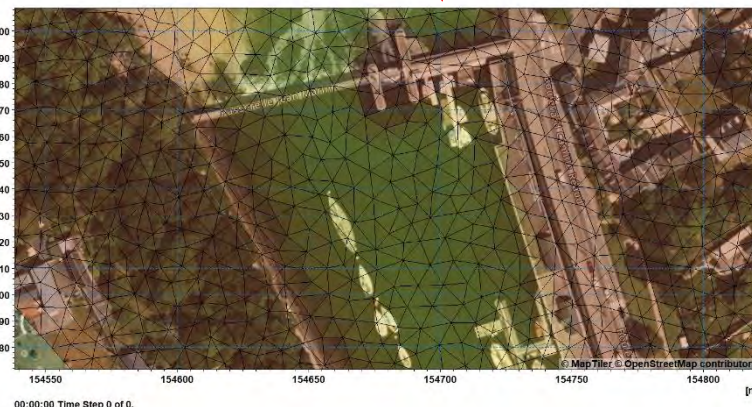
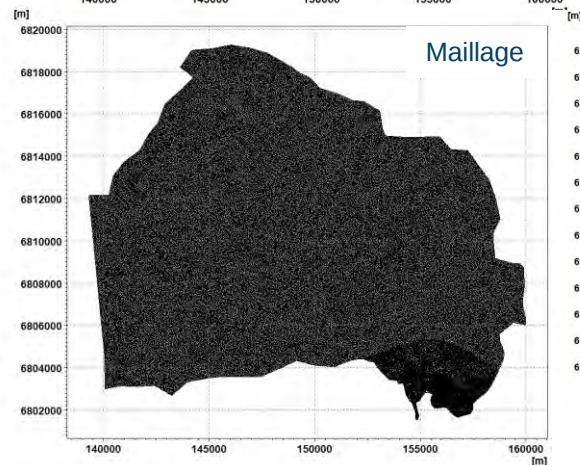
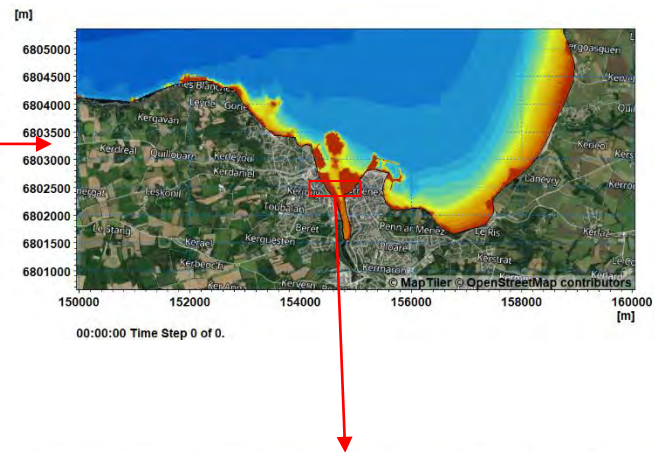
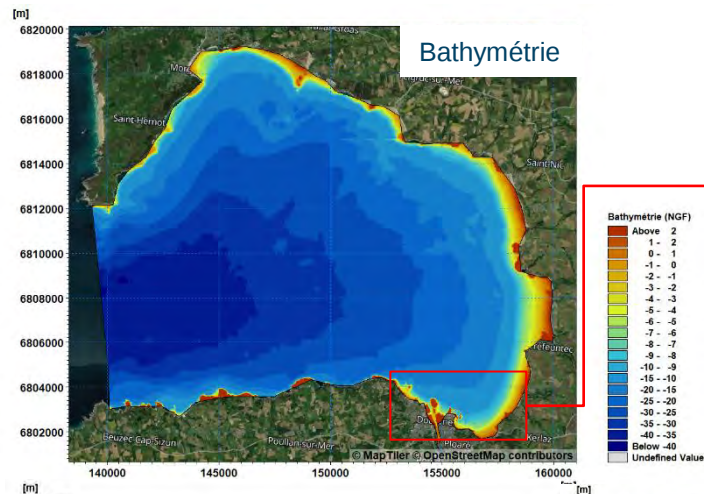
➤ Les données topographiques :

- MNT LITTO3D
- HOMONIM (SHOM)

➤ Un maillage flexible :

- Éléments triangulaires. Longueur des côtés des mailles entre **50m** dans la baie, **10m** à la côte

Les simulations sont réalisées en mode instationnaire, d'une durée suffisante pour permettre d'obtenir un état de mer à l'équilibre (saturation).



Simulation Clapot Dir345°

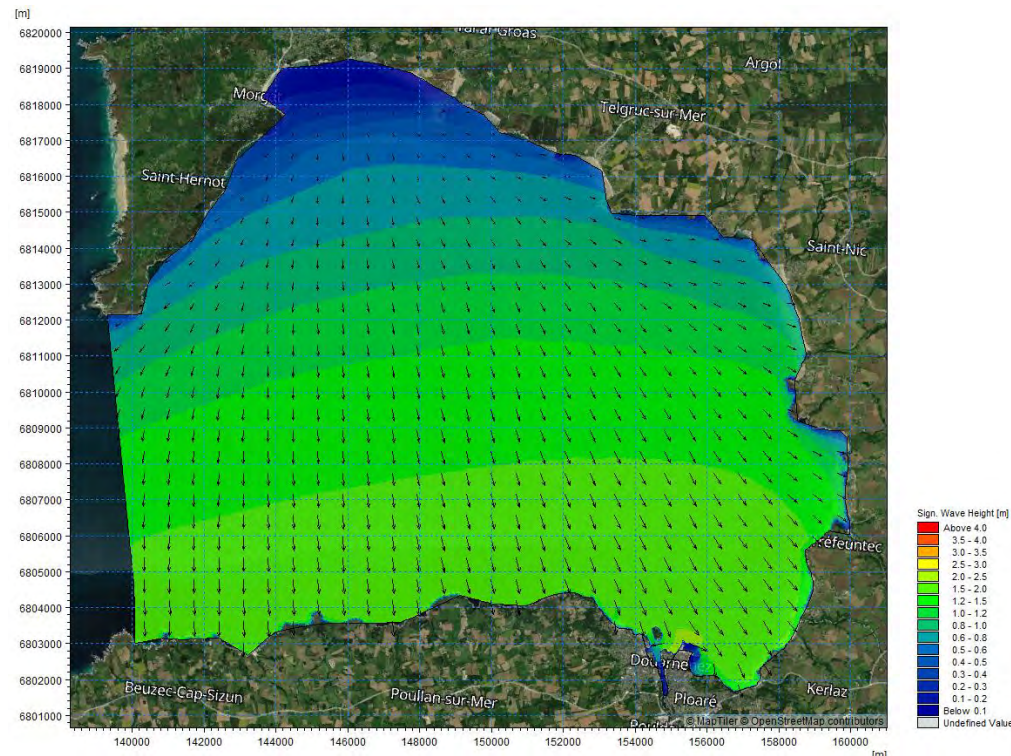
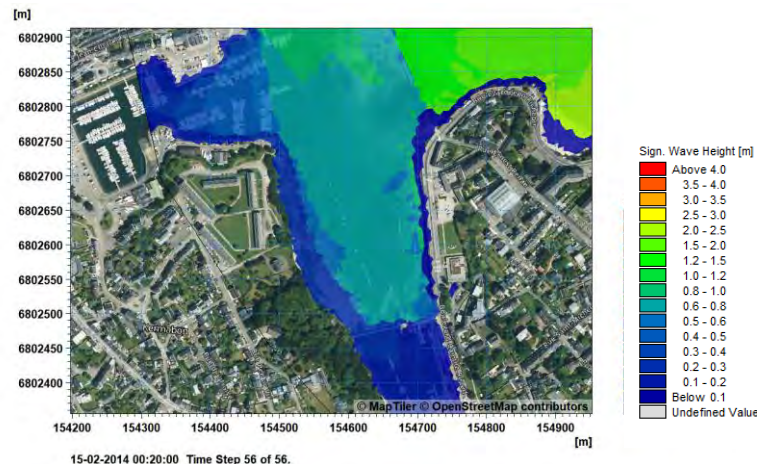
Vitesse de vent = 24.3m/s

Direction = 345°N

NE = 4,70m IGN69

Hauteur significative (Hs) dans la zone de la passerelle: Hs= 0,6 à 0,8 m / (periode pic) Tp= 4,3s

Hauteur significative (Hs)



Simulation Clapot Dir0°

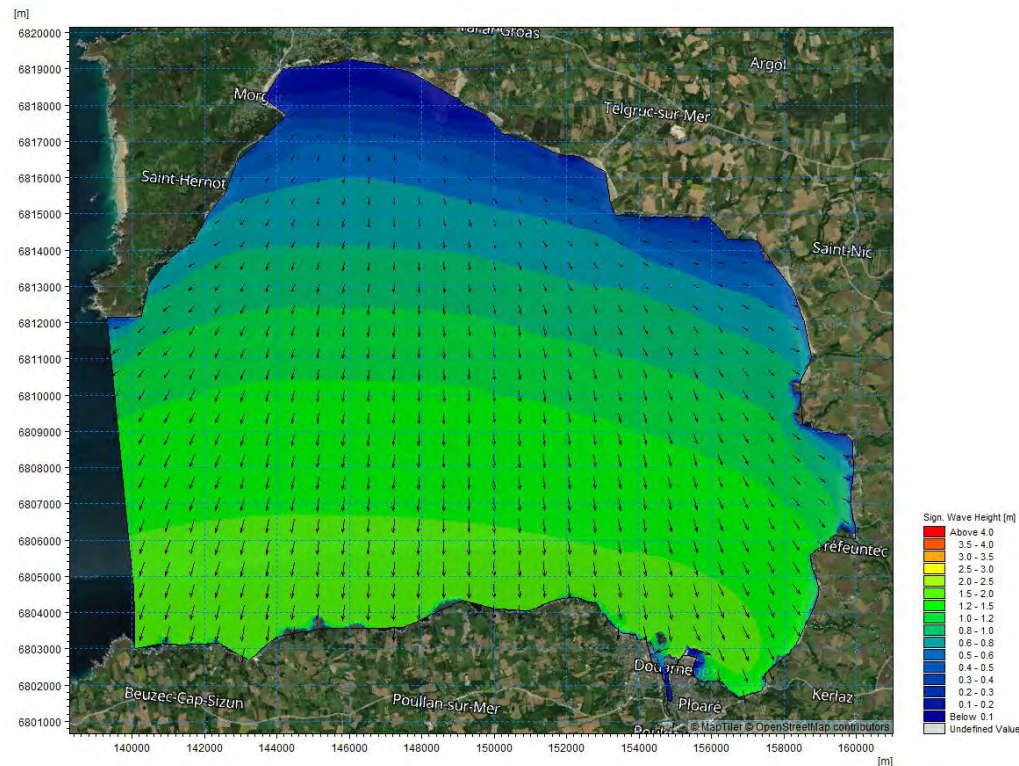
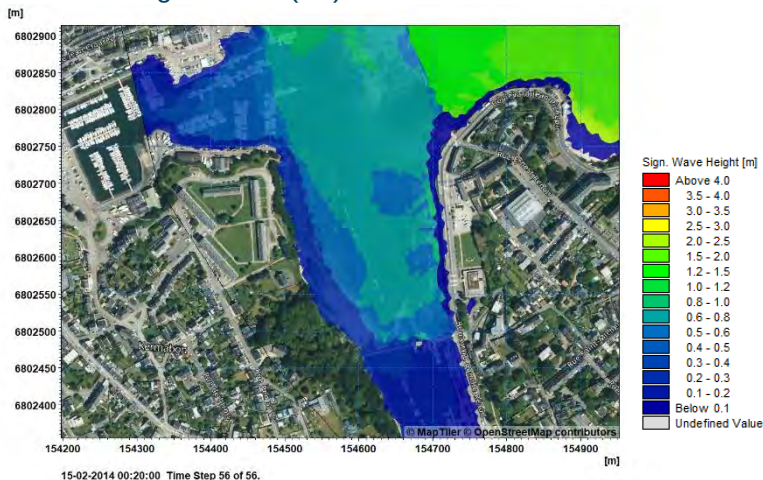
Vitesse de vent = 21.9m/s

Direction = 0°N

NE = 4,70m IGN69

Hauteur significative (Hs) dans la zone de la passerelle: Hs= 0,5 à 0,6 m / (Période pic) Tp=4,1 m/s

Hauteur significative (Hs)



Synthèse

Pour une période de retour centennale, la hauteur significative (H_s) attendue dans la zone de la passerelle est de:

$H_s = 0,6\text{m à }0,8\text{ m}$ (période pic de 14s à 16s)

Pour un clapot généré par un vent centennal de nord à nord-nord-ouest, les ordres de grandeur de hauteur significative sont similaires.

