

31/03/2021

Partenariat Innovation “Etude des conditions de faisabilité d’accueil d’une ferme houlomotrice dans le sud aquitain”

PHASE RECHERCHE & DEVELOPPEMENT VOLET RECHERCHE

Rapport d’analyse pour la détermination de la zone à caractériser
dans la suite du Partenariat (Actions 1.1.1 et 1.1.2)



Maitrise d'Ouvrage

Communauté d'Agglomération Pays Basque 15 avenue Foch, CS 88 507, 64185 Bayonne Cedex	
Région Nouvelle Aquitaine 14 Rue François de Sourdis, 33000 Bordeaux	

Coordinateur du rapport : Rivages Pro Tech

Centre Rivages Pro Tech Pôle Mer & Milieux Aquatiques SUEZ Smart & Environmental Solutions Technopôle Izarbel, Bâtiment Hanami, 2 allée Théodore Monod, 64210 Bidart. Tel : 05.59.24.19.36	
---	---

Rapport

Titre du projet	Partenariat Innovation « Etudes des conditions de faisabilité d'accueil d'une ferme houlomotrices dans le Sud Aquitain »
Titre du rapport	Rapport d'analyse pour la détermination de la zone à caractériser dans la suite du Partenariat (Actions 1.1.1 et 1.1.2)
Auteurs	N. Danglade, M. Delpey, E. Milon, I. Castège, J. Mader, I. Galsporo, J. Bald, L. Marini, B. Bouchet, M. Kiersnowski, M. Lafosse, H. Allaire, A. Defontaines, R. Camo, A. Prenveille
Version	V1
Date	31/03/2021

Table des matières

Résumé	4
1 Contexte et objectif	5
1.1 Positionnement des Actions 1.1.1 et Actions 1.1.2 dans les travaux du Partenariat Innovation	5
1.2 Objectif de l'Action 1.1.1 du Partenariat Innovation	5
1.3 Objectif de l'Action 1.1.2 du Partenariat Innovation	6
1.4 Objectif du présent document	7
2 Action 1.1.1 - Expertise des travaux de préqualification	7
2.1.1 Démarche et données de référence	7
2.1.2 Zone d'étude	9
2.1.3 Facteurs limitant d'usages	11
2.1.4 Facteurs limitant environnementaux	12
2.1.5 Facteurs limitant physiques et industriels	14
2.1.6 Cartes de dérisquage	15
2.1.7 Synthèse des recommandations et sollicitation de l'expertise des partenaires	16
3 Action 1.1.2 - Proposer une zone à caractériser finement	18
3.1 Nouvelle méthodologie déployée dans le PI	18
3.2 Mise en œuvre de la méthodologie sur le territoire sud aquitain	20
3.2.1 Phase A, étape A.1 : Identification des facteurs à prendre en compte	20
3.2.2 Phase A, étape A.2 : Construction des rasters associés aux facteurs	25
3.2.3 Phase A, étape A.3 : Définition de différents scénarios de pondération des facteurs et des familles	25
3.2.4 Phase A, étape A.4 : Cartes d'IMC intégré	29
3.2.5 Phase A, étape A.5 : Identification des zones de faibles IMC	34
3.2.6 Phase B, étape B.1 : Notation des zones par facteur	36
3.2.7 Phase B, étape B.2 : Classement des zones	58
3.2.8 Phase B, étape B.3 : Qualification	58
3.2.9 Phase C, étape C.1 : Sélection de la zone	64
3.3 Conclusions	65
4 Annexes	66
4.1 Annexe : Création des IMC facteurs	66
4.2 Annexe : L'exemple du SEMREV	93
4.3 Annexe : Synthèse SIG	94
4.4 Annexe : Concertation pêche professionnelle	96

4.4.1	Objectif de la consultation	96
4.4.2	Organisation de la consultation des pêcheurs	97
4.4.3	Résultat de la consultation	97
4.4.4	Autres observations à prendre en compte.....	99
Bibliographie.....		100

Résumé

Le présent Partenariat Innovation a pour objectif de sélectionner un site propice à l’installation potentielle d’une ferme houlomotrice dans la zone côtière du sud aquitaine, et de caractériser finement cette zone par un effort ciblé de mesure et de modélisation.

Le présent rapport détaille le travail réalisé dans le cadre de l’Action 1.1.1 (Expertise des travaux de préqualification) et de l’Action 1.1.2 (Proposer une zone à caractériser finement), et font suite à l’Action 1.1.0 (Etude bibliographique) du projet.

Ce document présente la méthodologie développée et mise en œuvre afin d’identifier la zone la plus pertinente pour une future ferme houlomotrice, en considérant l’ensemble des contraintes et des opportunités du secteur côtier considéré. Les grandes phases de la méthodologie et les résultats associés sont présentés en détail. Les conclusions de l’analyse rassemblent les éléments clés permettant à la Maîtrise d’Ouvrage de sélectionner la zone la plus propice pour la suite de l’étude.

1 Contexte et objectif

1.1 Positionnement des Actions 1.1.1 et Actions 1.1.2 dans les travaux du Partenariat Innovation

Les Action 1.1.1 et Action 1.1.2 font suite à l'Action 1.1.0 du Partenariat Innovation (PI), dont l'objet était la réalisation d'un état de l'art concernant les thématiques du projet. Ce dernier a permis d'identifier les résultats de recherches les plus récents et pertinents vis-à-vis des travaux prévus dans le PI. De plus, l'analyse de la littérature disponible a permis de collecter les retours d'expérience acquis sur d'autres sites houlomoteurs dans le monde, et plus largement d'autres sites EMR, actuellement en cours d'exploitation ou de développement. Ce travail a abouti à deux résultats majeurs :

- 1/ Etude bibliographique, examen de la littérature scientifique, technique et réglementaire,
- 2/ Recensement des données existantes sur le territoire, susceptibles de contribuer aux investigations.

Ces résultats constituent la base des Action 1.1.1 et Action 1.1.2, qui font l'objet du présent rapport, soutenant ainsi la démarche d'innovation engagée par le maître d'ouvrage.

Les Action 1.1.1 et Action 1.1.2 aboutissent à la sélection d'une zone, sur laquelle toutes les investigations de la suite du projet seront ciblées. Par ailleurs, la réalisation de l'Action 1.1.2 est directement liée aux actions parallèles ci-dessous du projet :

- Action 1.1.3, dont l'objet est l'établissement du tracé détaillé du fuseau de raccordement entre la côte et la zone sélectionnée,
- Volet Transverse \ Action 2.2.2, dont l'objet est la mise en œuvre d'un outil permettant d'identifier la ou les familles(s) de technologie(s) houlomotrice la ou les plus adaptée(s) à la zone sélectionnée.

1.2 Objectif de l'Action 1.1.1 du Partenariat Innovation

L'objectif de l'Action 1.1.1 du PI est d'effectuer une analyse critique du travail de préqualification effectué par la Région Nouvelle Aquitaine et la Communauté d'Agglomération Pays Basque en 2016 et mis à jour en 2018. Cette analyse alimentera les réflexions quant à la définition de la zone sur laquelle l'effort de caractérisation sera centré (voir Action 1.1.2).

La préqualification établie en 2016 s'appuie sur un Indice de Moindres Contraintes (IMC), qui permet de combiner différents critères en leur attribuant à chacun un poids relatif selon leur importance dans la sélection. Cette approche a permis de synthétiser l'ensemble des contraintes en un seul score, spatialisé sur le périmètre, pour identifier les 5 zones présélectionnées dans le CCTP (Figure 1). Différentes couches d'information ont été prises en compte dans le calcul de l'indice, dont plusieurs ont été produites par des membres de notre consortium (e.g. potentiel énergétique issu du projet WAKE, densité des oiseaux et mammifères marins produit par le Centre de la Mer de Biarritz). Lors de l'étude de préqualification, des contacts ont également été établis avec l'équipe d'AZTI ayant développé des méthodologies équivalentes pour l'implantation du site d'essais houlomoteur BIMEP en Biscaye, Communauté autonome du Pays basque (Galparsoro, et al., 2012).

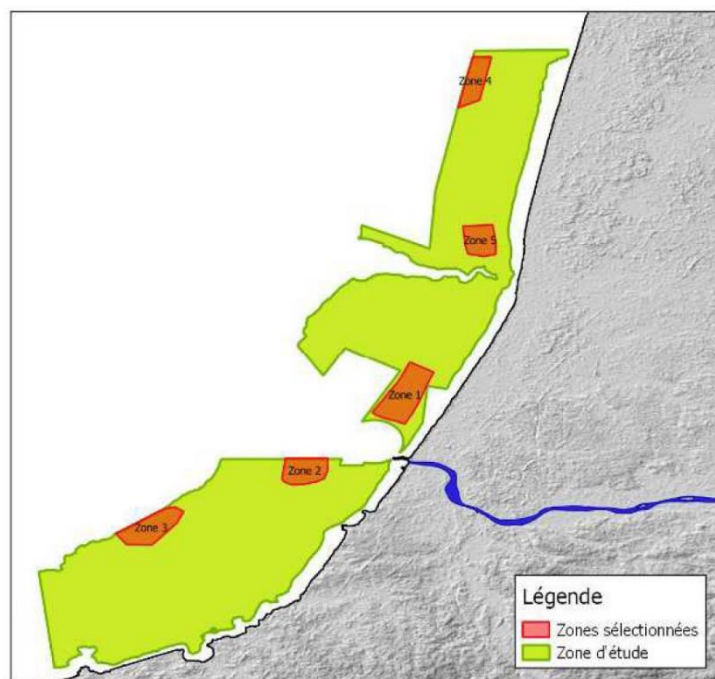


Figure 1 : Zone d’étude et zones sélectionnées lors de l’étude de préqualification de 2016

Dans ce contexte, les informations prises en compte dans l’étude de 2016 sont ici analysées. D’une part, les données éventuellement obsolètes sont identifiées ; d’autre part, des propositions sont faites au Maître d’Ouvrage pour intégrer des données supplémentaires. Ce travail bénéficie du recensement des données du territoire réalisé dans le cadre de l’Action 1.1.0. En s’appuyant sur l’état de l’art établi dans cette même action, les pondérations utilisées seront revues en tenant compte de la littérature actualisée sur la planification spatiale marine. Enfin, les limitations plus globales de l’approche adoptée dans l’étude de 2016 seront examinées, notamment le principe de l’Indice de Moindres Contraintes.

1.3 Objectif de l’Action 1.1.2 du Partenariat Innovation

L’objectif de l’Action 1.1.2 du PI est de définir la zone de 2 km² la plus pertinente vis-à-vis des perspectives d’implantation de la future ferme, sur la base des données actuellement disponibles. Dans la suite du projet, l’effort de caractérisation sera approfondi sur cette zone.

Pour cela, la méthodologie utilisée se base principalement sur un outil de planification spatiale marine spécialement développé par le consortium pour cette étude. Cet outil actualise, complète et étend l’analyse produite en 2016, en s’appuyant sur les conclusions de l’Action 1.1.1. L’outil prend ainsi en compte l’ensemble des données disponibles à ce jour pour créer des cartes de contraintes, appelées dans cette étude « rasters ». Les différents rasters sont assemblés pour arriver à un raster IMC final représentatif de l’ensemble des contraintes. Les zones de faibles contraintes sont identifiées comme des zones d’intérêt.

Dans un deuxième temps, ces différentes zones sont examinées individuellement et un système de notation relative est mis en place dans le but de hiérarchiser et classer ces zones.

Dans un troisième temps, les meilleures zones identifiées sont caractérisées et comparées entre elles pour mettre en évidence les points forts et les points faibles de chacune d'entre elles, en se basant sur l'établissement de « profils de contraintes ».

Finalement, ces profils de contrainte sont soumis à la Maîtrise d'Ouvrage pour le choix de la zone de 2km² à caractériser finement dans la suite du PI.

Il est à noter que la problématique du raccordement électrique est aussi incluse dans cette analyse, en lien avec l'Action 1.1.3 du PI. En effet, le coût et les conditions associés à la pose d'un câble d'export sont des éléments également dimensionnants pour la future ferme houlomotrice. Par conséquent, chaque zone est ici considérée conjointement aux possibilités de câblage, de manière indissociable. Les facilités ou contraintes de raccordement sont incluses parmi les critères de sélection de la zone.

Dans la même logique, l'Action 1.1.2 intègre des éléments sur les technologies houlomotrices, fournies par le Volet Transverse et l'Action 2.2.2 du projet. Il apparaît en effet important d'inclure dans le choix de la zone les éventuelles restrictions et/ou contraintes que ce choix pourrait engendrer sur les technologies de conversion d'énergie des vagues.

La méthodologie utilisée aboutit finalement à un outil de planification spatiale, lié à une base de données SIG. L'outil se veut évolutif, dans le sens où les résultats pourront être retravaillés dans le futur, sur la base d'éventuelles nouvelles données ou hypothèses.

Dans le cadre de l'Action 1.1.2, une analyse détaillée des risques maritimes a été produite. Une synthèse des principaux résultats obtenus sera retranscrite dans le présent document. En complément, un rapport spécifique de l'analyse de risque est fourni.

1.4 Objectif du présent document

L'objectif du document est de présenter les méthodologies mises en œuvre et les résultats obtenus dans le cadre des Action 1.1.1 et Action 1.1.2 du PI. Les différentes étapes et motivations de la démarche sont décrites de manière détaillée, et l'ensemble des résultats sont présentés et analysés.

2 Action 1.1.1 - Expertise des travaux de préqualification

2.1.1 Démarche et données de référence

Cette section décrit le résultat de l'analyse des travaux de préqualification réalisés par la Région Nouvelle Aquitaine entre 2016 et 2018. L'analyse porte sur les aspects méthodologiques ainsi que sur l'adéquation avec les informations recueillies par l'outil de planification spatiale. L'objectif de cette action est de fournir le point de départ pour le travail de sélection de la zone à caractériser dans la suite du PI (voir Action 1.1.2) et pour le travail de définition du raccordement à terre (Action 1.1.3).

Les documents de référence utilisés pour l'Action 1.1.1 sont :

- le mémoire de Master 2 « **Identification de zones propices à l'installation d'un site de production houlomoteur** », réalisé par Boris Bouchet (2016),

- les données correspondantes rassemblées dans un Système d'Information Géographique (SIG).

L'analyse de cette pré-étude est présentée ci-après en suivant le schéma de la fiche "**Méthodologie SIG : outils de préqualification des zones propices à l'installation de projets houlomoteurs dans le sud de la région Aquitaine**", également rédigée par Boris Bouchet (août 2016). Les citations de ce document de référence sont fournies ci-dessous avec une police de couleur **bleu**.

L'étude de 2016 a été révisée en 2018, ce qui a abouti à une modification des 5 zones par rapport à celles qui étaient spécifiées dans le CCTP du marché. De nouveaux arrêtés de la Préfecture Maritime Atlantique (75-98, 2006-98, 2016-095) ont ainsi été intégrés, redéfinissant la zone d'interdiction de mouillage des navires (ZIMN), et cette dernière a été considérée comme un facteur d'exclusion. Cette mise à jour sera prise en compte dans la présente analyse.

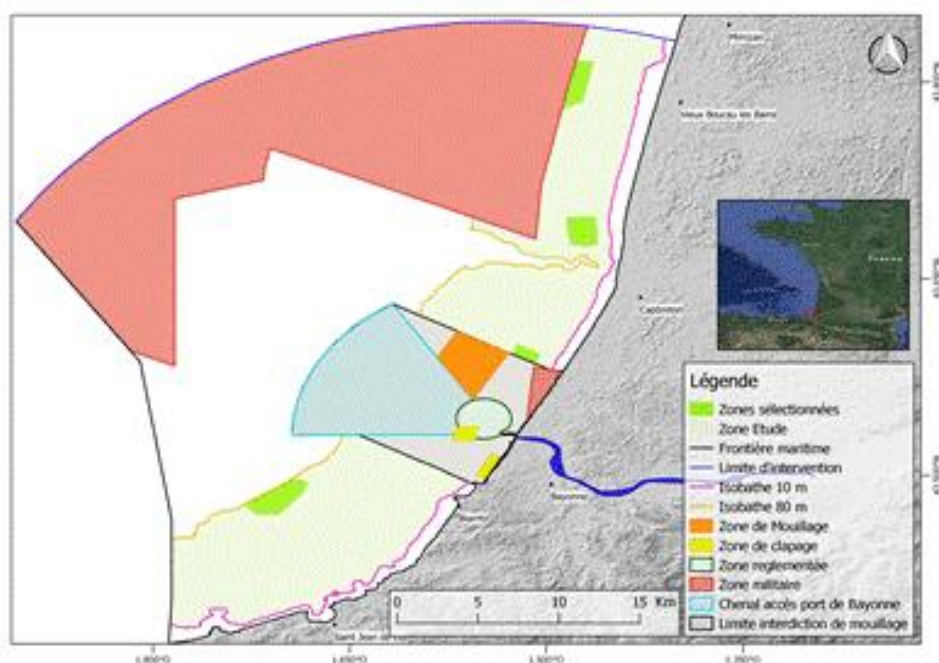


Figure 2. Zones sélectionnées (en vert) par l'étude de pré-qualification « Identification de zones propices à l'installation d'un site de production houlomoteur » (Bouchet, 2016), actualisée en 2018 avec la nouvelle zone d'interdiction de mouillages des navires (ZIMN).

Concernant l'intégration dans le SIG, la fiche méthodologique précise :

Le logiciel SIG utilisé est Arcgis 10.3. Toutes les données qui ont été nécessaires à cette étude sont stockées dans le dossier **DataSIG**. Les dossiers cités seront en *italique*, les fichiers en **gras** et les outils soulignés.

De manière générale, la méthodologie et les outils utilisés dans les travaux de préqualification réalisés pour la Région Nouvelle-Aquitaine en 2016 et 2018 suivent l'état de l'art en matière d'outils de planification et de sélection des zones adaptées aux projets d'énergie marine (Douve, 2008); (Punt, et al., 2009); (Galparsoro, et al., 2012); (O'Hagan, et al., 2016); (Pinarbasi, et al., 2017); (Coccoli, et al., 2018); (Pinarbasi, et al., 2018). Le détail des différentes composantes prises en compte et couches SIG correspondantes est analysé dans la section suivante.

2.1.2 Zone d'étude

La première étape a consisté à définir la zone d'étude en prenant en compte certains facteurs d'exclusion.

2.1.2.1 Port d'attache

- Définition du périmètre d'étude : (ZoneEtude)
 - Les équipes de maintenance doivent être sur site en moins d'une heure et demie. Elles seront basées sur le quai Blancpignon ou St Bernard. Sachant que ce type de navire vogue à 15 nœuds, 15 minutes sont nécessaires pour sortir de l'estuaire de l'Adour. Donc le périmètre est limité par un rayon de 35 km au départ de l'extrémité offshore de la digue Nord. (LimInt) Géotraitement => Zone tampon depuis SortieDigueAdour
La zone d'étude est limitée au sud-ouest par la limite du domaine maritime français. (FrenchBorder)

Cette première limitation spatiale associée à la proximité nécessaire d'un port d'attache pour les opérations de maintenance et de sécurité dans le parc houlomoteur nous semble appropriée. Sur la côte Aquitaine, au nord de Bayonne, il n'existe pas d'infrastructures portuaires importantes à proximité. Le premier port, Capbreton, a des conditions d'accès limitées pour les navires d'une longueur inférieure à 20 m et d'un tirant d'eau maximum de 2,5 m, et fortement dépendantes des conditions de mer et de marée. Il est donc pertinent de définir un rayon d'action avec le port de Bayonne comme référence, a minima dans la perspective du développement d'un premier projet.

2.1.2.2 Facteurs d'exclusion

- Retrait des zones d'exclusion : Les zones citées ci-dessous ont été découpées au préalable par le périmètre d'étude. (FacteursExcluants) Géotraitement => Découper
 - Zones militaires. (MilArea)
 - Chenal d'accès au port de Bayonne. (Chenal)
 - Zones d'attente des navires. (ZoneAttenteZE)
 - Zones de clapage de sédiments dragués dans l'estuaire de l'Adour. (ZoneClap)
 - Contraintes bathymétriques. Les profondeurs inférieures à 10 m sont retirées car il y a une forte dynamique sédimentaire et donc un risque pour l'ensouillage des systèmes. Les bathymétries supérieures à 80 m sont exclues car, actuellement, aucune des technologies houlomotrices ne sont matures à de telles profondeurs. (Iso10_80)
- Création de la zone d'étude FacteursExcluants => StudyArea

Certains usages ont été considérés comme des facteurs excluants. Les zones réservées correspondantes ont donc été retirées de la zone d'étude. Ces différents facteurs sont commentés aux paragraphes suivants.

2.1.2.2.1 Usage Militaire

○ Zones militaires. (MilArea)

Il semble en effet pertinent de retirer de la zone d'étude les zones réservées à usage militaire. Même si celles-ci pourraient évoluer sur la base de décisions politiques, les démarches à suivre seraient complexes et longues, sans aucune certitude quant au résultat final.

2.1.2.2.2 Usage Activités portuaires

- Chenal d'accès au port de Bayonne. (Chenal)
- Zones d'attente des navires. (ZoneAttenteZE)
- Zones de clapage de sédiments dragués dans l'estuaire de l'Adour. (ZoneClap)

Comme il a été mentionné précédemment, le port d'attache sera un élément clé dans le choix du site. Les zones réservées aux activités portuaires sont déterminées en fonction des besoins de celui-ci. L'implantation d'un parc houlomoteur serait dans tous les cas un facteur d'augmentation de l'activité du port et il paraît donc essentiel de respecter au minimum ses besoins actuels.

L'interaction avec le chenal d'accès, les règles de navigation sur zone et les risques nautiques en général associés à la présence d'un parc houlomoteur, devront être le point d'étude spécifique, traité par la Réalisation 1 de l'Action 1.1.2 (Analyse des risques nautiques et maritimes, cf. Chapitre 2 p.10 de notre offre).

De la même façon, les activités maritimes sont un facteur limitant pour la route des câbles de raccordement : risque de croche par les ancres des navires, pouvant engendrer des surcoûts de protection des câbles, et risque conflictuel sur le plan d'eau pendant les travaux de pose.

2.1.2.3 Limites bathymétriques

- Contraintes bathymétriques. Les profondeurs inférieures à 10 m sont retirées car il y a une forte dynamique sédimentaire avec un risque pur l'ensouillage des systèmes. Les bathymétries supérieures à 80 m sont exclues car, actuellement, aucune technologie houlomotrice n'est mature à de telles profondeurs. (Iso10_80)

Nous estimons qu'il est approprié d'avoir classé les zones susmentionnées comme zones d'exclusion. Les limites bathymétriques permettent de considérer un large éventail de technologies, tant *offshore* que *nearshore*. L'inventaire des technologies disponibles, réalisé parallèlement à cette tâche, devrait confirmer ou actualiser ces limites si nécessaire (cf. Volet Transverse). À titre de comparaison, la profondeur maximale de la zone de test BIMEP (près de Bilbao) est d'environ 95 m. Si des zones appropriées sont identifiées à l'extérieur du polygone étudié, cette limite supérieure de profondeur pourrait être légèrement étendue. Toutefois, dans ce contexte géomorphologique avec des isobathes parallèles à la côte, de plus grandes profondeurs signifient augmentation de la distance à la côte. Ainsi, la distance au point de connexion devient limitative et pourrait pénaliser ces zones dans les phases ultérieures de la méthodologie.

Pour la route des câbles de raccordement à terre, la profondeur et la distance à la côte deviennent des facteurs techniquement limitants (longueur de câble, protection des câbles...).

Afin de faciliter les opérations/maintenances sur zone et réduire le coût d'intervention, des bathymétries inférieures à 40 m sont à privilégier afin de bénéficier de temps de travail suffisant lors des plongées.

2.1.3 Facteurs limitant d'usages

- Définition des facteurs limitant découpés des données thématiques selon le polygone **StudyArea (FacteursLimitant)** Géotraitement => Découper
 - Usages :
 - Pêches professionnelles. (**Pêche**)
 - Bolinche. (**Bolinche**)
 - Casier. (**Casier**)
 - Dragage. (**Drague**)
 - Filet. (**Filet**)
 - Palangre. (**Palangre**)
 - Activité surf. (**ActSurf**)

2.1.3.1 Usage Pêche

La caractérisation des zones de pêche est correctement détaillée. Les partenaires experts dans le domaine pourront vérifier l'opportunité de compléter les données utilisées par des données actualisées. Une attention particulière doit être portée sur cet usage, tant pour l'activité économique qu'il représente que pour son importance pour le patrimoine maritime basque.

Ces facteurs seront limitants tant pendant la période des travaux (occupation du plan d'eau notamment) qu'en phase d'exploitation (accès aux sites de pêche et occupation d'espaces). Concernant le raccordement de la zone de production en mer, les facteurs limitants sont la protection des câbles vis-à-vis de la pénétration des engins de pêche.

2.1.3.2 Usage Surf et Loisirs littoraux

Dans la pré-étude, il a été considéré que toutes les zones de surf et autres activités nautiques étaient situées en dehors de la zone d'étude limitée par l'isobathe de 10 m. Le rapport mentionne l'effet possible sur le surf du captage de l'énergie incidente par le parc houlomoteur. Cependant, cet effet n'a pas été pris en compte dans l'analyse spatiale.

Il est recommandé de renforcer la prise en compte de cet usage emblématique pour la côte basque, associé à un fort impact social. Il est suggéré d'associer ce facteur limitant à l'impact potentiel sur la dynamique sédimentaire des plages, dont la morphologie est essentielle à la pratique d'activités de loisirs telles que le surf, mais également pour la conservation des plages et des activités associées (baignade, loisirs, etc.). Voir facteurs limitant environnementaux.

La pratique du surf avec vagues extrêmes sur certains spots emblématiques, comme Belharra (Urrugne), pourrait également entraîner des conflits d'usages sur les zones à bathymétrie supérieure à 10 m.

Les autres activités de loisir littorales se pratiquant au-delà de la limite des 10 m de profondeur doivent être détaillées :

- Plusieurs concessions de récifs artificiels sont connues ou en projet le long de la côte landaise et près du Gouf de Capbreton, par des fonds de 20 à 25 m et doivent être prises en compte, notamment pour la route des câbles de raccordement.
- Le patrimoine historique des épaves et de l'activité de plongée associée doit être répertorié.

2.1.3.3 Autre Usage : Infrastructure stratégique

Il est recommandé de prendre en compte le projet d'interconnexion France-Espagne dans le Golfe de Gascogne, qui vise à construire une liaison sous-marine électrique et souterraine entre les deux pays.

Ce projet relie le poste de conversion de Cubnezais (Gironde) à Gatika (près de Bilbao en Espagne / Communauté autonome du Pays basque). Il comprend 80 km de câble terrestre souterrain entre Cubnezais et la Côte atlantique, 280 km de câble sous-marin sur le plateau continental du golfe de Gascogne, puis 10 km de liaison entre le point d'atterrissage espagnol et Gatika.

La présence du Gouf de Capbreton entaillant le plateau continental est un obstacle au tracé du câble qui choisit de le contourner, avec un tracé à terre. Une incertitude demeure actuellement sur le choix des zones d'atterrissage et le tracé terrestre autour du canyon (Débat public en cours), avec une répercussion sur le tracé sous-marin sur le plateau continental pour rejoindre ces points. Ce projet d'envergure représente un risque significatif pour le projet houlomoteur et son raccordement à terre.

Il est recommandé d'utiliser les informations les plus récentes en vue de confirmer ou non de possibles conflits d'intérêt et éventuellement de définir des zones à moindre risque.

Il faudra également vérifier qu'il n'y ait pas d'autres câbles sous-marins traversant le plateau aquitain, ni de conduite sous-marine qui pourrait nécessiter une procédure de croisement avec les câbles de raccordement à terre.

2.1.4 Facteurs limitant environnementaux

2.1.4.1 Zones protégées d'un point de vue réglementaire

○ Zones Natura 2000

- Habitats : Zones Spéciales de Conservation (ZSC) ou Site d'Intérêt Communautaire. (SIC)
- Oiseaux : Zone de Protection Spéciale. (ZPS)

En ce qui concerne les zones protégées, il est recommandé de réexaminer leurs plans de gestion respectifs en prenant compte également d'éventuelles évolutions. Ces règles de gestion peuvent laisser place à d'autres usages mais, selon les cas, pourraient à l'inverse amener à considérer certaines zones comme zones d'exclusion stricte.

Pour le tracé (et l'installation) des câbles, ce sont essentiellement les habitats qui sont à prendre en compte (ZSC).

2.1.4.2 Diversité écologique sur le sud du Golfe de Gascogne

- Diversité écologique (*Diversité*). Pour ces données il a été nécessaire de convertir les fichiers .tif du Centre de la Mer de Biarritz. [ArcToolbox => Outils de conversion => A partir d'un raster => Raster vers polygones](#) Puis sélectionner les polygones à la plus forte valeur de l'indice de Shanon, les extraire et reconstituer un polygone à la taille de la zone d'étude représentant les fortes diversités.
 - Mammifères marins. (**MamExt**)
 - Oiseaux marins.

Pour la diversité écologique, il sera important d'inclure toutes les informations disponibles en particulier sur les autres compartiments biologiques (faune benthique, plancton, poissons). Il est recommandé d'ajouter l'indice de vulnérabilité des oiseaux marins et cétacés (Castège & Milon, 2016) et (Castège & Milon, 2016) et de le mettre à jour en fonction de la zone sélectionnée. Une attention particulière sera accordée aux éventuelles lacunes des couches d'information dues à la représentativité des données (résolution et distribution spatio-temporelle de l'ensemble des données, durée et zone couverte par l'échantillonnage).

Les thématiques doivent s'élargir aux poissons (marins et amphihalins) et aux fonctionnalités écologiques (frayères, nourricerie, migration).

Il serait intéressant d'introduire la notion de cycle biologique pour les différentes espèces pour établir des degrés de contraintes saisonnières.

2.1.4.3 Dynamique sédimentaire

Il est recommandé d'ajouter un facteur d'impact sur la dynamique sédimentaire des plages en particulier, en lien avec les impacts sur l'usage Surf et loisirs nautiques (voir plus haut). Pour ceci, des « zones d'ombre » peuvent être définies devant chaque plage, en tenant compte des caractéristiques des vagues incidentes et de la bathymétrie, afin de générer des couches de type raster avec un indice représentant cet effet sur les cellules sédimentaires associées aux différentes plages.

Au niveau de l'atterrissage (hors digue de Tarnos), la connaissance des phénomènes hydrosédimentaires (mouvements dans le profil de plage, limite d'action des houles, tenue du trait de côte) permettront de définir les limites à terre et en mer des forages dirigés pour le franchissement de la plage et du cordon dunaire, et plus (zones habitées...) si nécessaire.

Il est à souligner l'importance des mouvements sédimentaires et des figures sédimentaires qui en découlent (actives ou fossiles) pour le passage des câbles (tenue des câbles, type de protection et possibilité d'ensouillage).

N.B. : il reste difficile, en l'état des connaissances sur l'ensemble de la zone d'étude, d'élaborer une couche de type shapefile avec un indice représentant la probabilité de présence de figures sédimentaires.

L'épaisseur sédimentaire est également un facteur à prendre en compte notamment pour les opérations d'ensouillage des câbles et l'ancrage des houlomotrices (Carte des épaisseurs sédimentaires, (Gautier E., et al., 2012)).

2.1.4.4 Impact paysager

Il est recommandé d'ajouter également la prise en compte de l'impact paysager que pourrait avoir l'installation d'un parc houlomoteur. Ce facteur pourrait s'exprimer à travers une distance entre les zones habitées ou transitées par la population (zones de promenade, plages).

Il en sera de même pour le raccordement des câbles par le choix de l'atterrissage (à la côte) et du poste électrique à terre (en cas de construction d'un nouveau poste).

2.1.5 Facteurs limitant physiques et industriels

Les facteurs physiques pris en compte dans l'étude précédente sont les suivants :

- Nature des fonds marins. (Sed)
 - Symbologie. (NatFISO100ZE)
- Distance à l'extrémité offshore de la digue Nord. (Raster) Cette couche a été générée grâce à l'outil ArcToolbox => Outils Spatial Analyst => Distance => Distance Euclidienne. (distext)
- Potentiel énergétique. Il a été modélisé par Rivage Protech filiale de Suez. Ces résultats sont issus du modèle SWAN sur une période de 10 ans à un pas de temps de 1h. (Raster)
 - Potentiel moyen. (wapoext)

2.1.5.1 Facteurs liés au Coût de l'Energie>> Facteurs liés à la distance de raccordement et à la nature des fonds

Les informations sur le type de fond semblent être appropriées pour cette étude de sélection de zone. Elles représentent un facteur limitant tant concernant l'ancrage des dispositifs que pour les différents impacts environnementaux selon la nature du fond. Il en sera de même pour la protection des câbles de raccordement (possibilités d'ensouillage, ancrages...).

La distance à l'extrémité offshore de la digue du Nord est utilisée pour intégrer le facteur de longueur des câbles de raccordement. Cette proposition d'atterrissage ne doit pas être limitative : même si la

possibilité de passer les câbles sous la digue est une solution pertinente, elle ne peut s'appliquer aux zones situées au sud du port de Bayonne ni aux zones au nord du Gouf de Capbreton, cumulant longueur de câble, type de protection du câble et franchissement de rivière/estuaire/fosse. Il est préférable de rechercher une zone d'atterrage plus adaptée mais permettant de relier le réseau de production/distribution d'énergie (RPT/RDP) RTE ou ENEDIS. Selon la distance au RPT, il faudra peut-être envisager la création d'un nouveau poste de transformation.

Il est nécessaire d'affiner cette étude en intégrant non seulement la distance au poste de raccordement terrestre (poste électrique terrestre) cumulant câble marin et câble terrestre mais aussi le type de fond concerné par le tracé des câbles (modes de protection) et les modalités d'atterrage (forage dirigé).

Une recommandation pour améliorer la caractérisation de tous ces facteurs physiques ou industriels consiste à compléter l'analyse en calculant le Coût Actualisé de l'Énergie (LCOE : levelized cost of energy). Le LCOE représente l'évaluation économique du coût du système de production d'électricité en incluant tous les coûts tout au long de la vie du projet : l'investissement initial, l'exploitation et la maintenance. Ce LCOE dépendra de la technologie utilisée et devrait être alimenté par les informations recueillies par l'Action transverse de veille technologique. Ces coûts intégreront également la dépendance à certains facteurs comme la profondeur ou le type de fond pour les systèmes d'ancrage, la trajectoire requise pour le raccordement, etc.

2.1.5.2 Potentiel Energétique

La couche de potentiel énergétique, basée sur l'analyse d'une simulation rétrospective sur 10 ans, était suffisamment représentative pour ce premier niveau d'analyse.

Une étape supplémentaire serait franchie avec l'estimation de l'énergie potentiellement produite par une technologie donnée (via une matrice de transformation), à partir des informations plus détaillées sur la ressource (données spectrales de vague). Cela permettrait d'introduire de nouveaux facteurs industriels tels que les limitations de performance en fonction des caractéristiques des vagues. Mais les matrices de transformation ne sont pas facilement rendues accessibles par les entreprises.

2.1.5.3 Approche industrielle

L'objectif de l'approche LCOE et énergie produite est d'améliorer la caractérisation des zones, avec une approche plus technologique et industrielle qui rendra le processus plus attractif pour les futurs utilisateurs. Elle renforcera une approche d'opportunité pour l'industrie des énergies marines renouvelables.

2.1.6 Cartes de dérisquage

Afin de pouvoir effectuer une superposition pondérée de ces facteurs limitant, il faut convertir les fichiers Shape (polygone) en raster. [ArcToolbox => Outils de conversion => Vers raster => Entité vers raster](#). De plus, les rasters doivent être affectés d'une échelle commune d'évaluation. Dans ce cas, elle comprise entre 0 et 1. Les valeurs proches de 0 sont non

favorables à l'installation d'un projet houlomoteur alors que les valeurs proches de 1 sont favorables. [ArcToolbox => Outils Spatial Analyst => Reclassement => Reclassification \(Raster\)](#)

- Distance à l'extrémité offshore de la digue Nord. (**dist**)
- Zones protégées. (**nat2000**)
- Mammifères marins. (**mam**)
- Oiseaux marins. (**om**)
- Pêches professionnelles. (**peche**)
- Nature des fonds. (**sed**)
- Potentiel énergétique. (**wapore**)

Afin d'obtenir une carte de dérisquage (Raster => Résultat), il a fallu utiliser l'outil [ArcToolbox => Outils Spatial Analyst => Superposition => Superposition pondérée](#). Dans cette étude, tous les facteurs limitant ont le même poids (14%) sauf le potentiel énergétique qui est doublé (28%). Libre au futur utilisateur de cette méthodologie de changer ces paramètres selon les scénarios voulus.

L'objectif de la future Action 1.1.2 sera d'intégrer les recommandations listées dans ce rapport, en collectant toutes les informations disponibles, pour compléter et/ou mettre à jour la planification spatiale associée.

En particulier, le premier critère « [Distance à l'extrémité offshore de la digue Nord. \(dist\)](#) » doit être étendu aux autres possibilités d'atterrages plus directes pour rejoindre le rivages. Ce critère reste pertinent pour évaluer le LCOE (maintenance).

Une analyse de sensibilité des différents facteurs limitant devra à nouveau être effectuée, intégrant l'ensemble du projet (poste de production en mer et raccordement au réseau de distribution d'énergie). Celle-ci pourrait par exemple être synthétisée sous la forme de différents scénarios favorisant alternativement des intérêts industriels EMR, d'usages, ou environnementaux.

En plus de servir de base à la prise de décision concernant la sélection d'une zone appropriée pour la caractérisation détaillée, ces conclusions peuvent donner des premières pistes de travail concernant d'éventuelles mesures correctives ou compensatoires à envisager.

Note : l'analyse portera sur le compartiment marin jusqu'à la zone d'atterrage. L'analyse des contraintes du fuseau terrestre reliant la zone d'atterrage au poste de raccordement devra faire l'objet d'une étude complémentaire à cet actuel projet.

2.1.7 Synthèse des recommandations et sollicitation de l'expertise des partenaires

Le tableau suivant résume les différentes suggestions thématiques et les membres du consortium en charge de leur traitement en fonction de leur expertise. Selon les cas, le traitement peut porter sur une simple révision de l'analyse, sur une actualisation des données si besoin ou sur le fait de compléter les informations. Ce traitement est ensuite réalisé dans le cadre de l'Action 1.1.2, décrite en section suivante.

Tableau 1 : thématiques et membres du consortium associés

Facteurs	Type	Recommandation	Partenaires impliqués (a minima)
Port d'attache	Zone d'étude	Révision-actualisation	Forexco
Usage Militaire	Excluant	Révision-actualisation	Forexco
Usage Activités portuaires	Excluant	Révision-actualisation	Forexco, Creocean, EdL, CMB
Usage Pêche	Limitant	Révision-actualisation	CMB, Forexco
Usage Surf et Loisirs littoraux	Limitant	Révision-actualisation & Ajouts couches impacts (voir dynamique sédimentaire)	Surfrider, RPT
Autre Usage : Infrastructure stratégique	Limitant/ Excluant	Ajout Projet d'interconnexion France-Espagne	Créocean, Forexco
Zones de protection environnementale	Limitant	Révision-actualisation	CMB, EdL
Diversité écologique	Limitant	Révision-actualisation	CMB
Dynamique sédimentaire	Limitant	Ajouts couches impacts, épaisseur des sédiments meubles et tenue du trait de côte	AZTI, RPT, Créocéan
Impact paysager	Limitant	Ajouts couches impacts	AZTI, CMB
Facteurs physiques Coûts de l'Energie	Limitant	Ajouts LCOE	Créocean, EdL, RPT, AZTI
Potentiel Energétique	Limitant	Ajouts Evaluation Energie produite	Créocean, RPT, AZTI

3 Action 1.1.2 - Proposer une zone à caractériser finement

3.1 Nouvelle méthodologie déployée dans le PI

L'objectif de l'Action 1.1.2 est de sélectionner une zone de 2 km² pertinente pour ensuite la caractériser finement dans le reste du PI. Cette zone pourra à terme accueillir un projet de ferme houlomotrice. Par conséquent, la sélection de la zone doit se faire de manière à minimiser les contraintes engendrées par la future présence de la ferme, en se basant sur les données actuellement disponibles. Pour se faire, une démarche intégrée au sein d'un outil de planification spatiale a été retenue. L'ensemble des contraintes et opportunités critiques du territoire sont prises en compte afin de trouver la zone optimale. Ce travail s'inspire des dernières avancées dans le domaine de la Planification Spatiale Maritime (MSP), notamment les travaux suivants (Pinarbasi, et al., 2017) et (Pinarbasi, et al., 2018).

La démarche de sélection de la zone se déroule selon trois phases distinctes, représentées schématiquement sur la Figure 3.

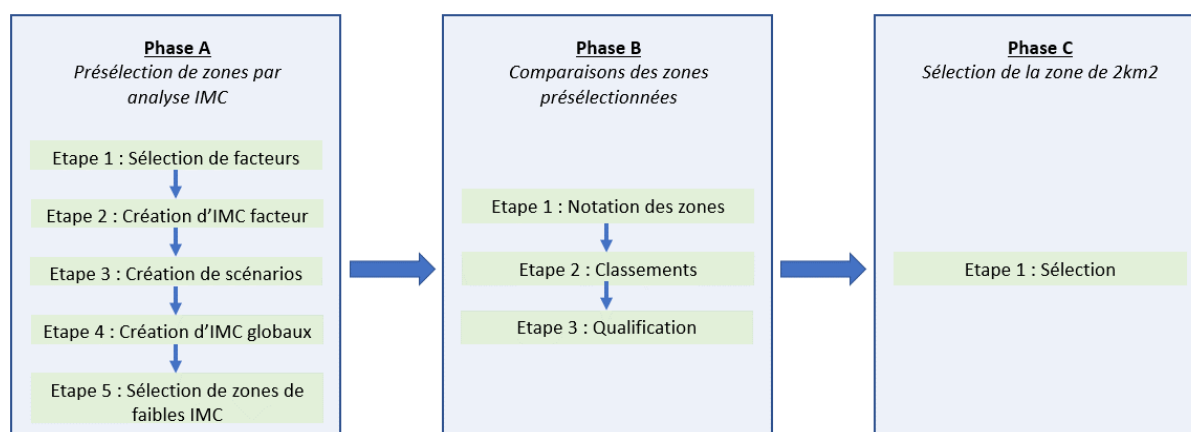


Figure 3 : Schématisation des 3 phases et 9 étapes de la méthodologie utilisée pour sélectionner la zone de 2 km² à étudier dans la suite du projet. Cette approche se veut itérative. Au cours de chaque phase et chaque étape, des phases de concertation avec la Maîtrise d'Ouvrage sont réalisées pour affiner les données et les hypothèses, et recommencer le cheminement si nécessaire.

Un des atouts de la méthodologie utilisée réside dans son caractère itératif. Effectivement, au cours de chaque phase et de chaque étape, des moments de concertation avec la Maîtrise d'Ouvrage ont été réalisés pour affiner les données et les hypothèses, et faire correspondre au mieux le choix de zone avec le projet de territoire de la puissance publique. L'ensemble du cheminement peut donc ainsi être répété plusieurs fois dans le temps en fonction des différentes évolutions. Les principales phases de ce cheminement sont les suivantes (Figure 3) :

- ➔ Phase A : Une analyse par Indice des Moindres Contraintes (IMC) permet de présélectionner les zones aux contraintes les moins importantes.
- ➔ Phase B : Une étude approfondie de chacune des zones présélectionnées permet de noter, classer et caractériser l'ensemble des contraintes dans chacune des zones présélectionnées.

- ➔ Phase C : Une dernière étape d'analyse en concertation avec la Maîtrise d'Ouvrage permet de sélectionner la zone de 2 km² pour la suite du PI.

La Phase A est une phase d'analyse par Indice des Moindres Contraintes (IMC).

Elle se déroule en 5 étapes :

- Etape A.1. Les différents facteurs pouvant influencer la sélection de la zone à caractériser dans la zone d'étude sont listés et identifiés, en concertation avec la Maîtrise d'Ouvrage. Ces facteurs sont regroupés par thématique au sein de différentes familles.
- Etape A.2. Pour chaque facteur et à partir des différentes données à disposition, un sous-Indice des Moindres Contraintes spatialisé est créé, qu'on désignera par la suite par « IMC facteur ».
- Etape A.3. Différentes pondérations sont attribuées aux facteurs et aux familles en concertation avec la Maîtrise d'Ouvrage. Ces différentes combinaisons de poids permettent d'envisager plusieurs scénarios, en mettant en avant certaines familles par rapport à d'autres.
- Etape A.4. A partir des différents IMC facteurs créés et des différentes combinaisons de poids, un Indice des Moindres Contraintes spatialisé et intégré est calculé pour chaque scénario, qu'on désignera par la suite par « IMC global ».
- Etape A.5. Une analyse des zones les plus favorables à l'installation d'une ferme houlomotrice est réalisée en se basant sur les IMC globaux obtenus dans les différents scénarios. Un IMC global faible indique une zone favorable pour l'installation de la ferme, alors qu'un IMC élevé indique une zone défavorable. Les zones de faible IMC global sont identifiées et présélectionnées comme étant les zones les plus pertinentes.

La Phase B se concentre sur les zones présélectionnées dans la Phase A.

Elle se décompose en 3 étapes :

- Etape B.1 : Pour chaque zone présélectionnée, une note entre 1 et 6 est attribuée à chaque facteur, à la suite de l'analyse faite par le consortium. Une note de 6 indique une zone très favorable pour l'implantation d'une ferme houlomotrice vis-à-vis du facteur concerné, une note de 1 indique une zone très défavorable.
- Etape B.2 : Les zones sont classées sur la base des notes obtenues dans l'étape précédente.
- Etape B.3 : Les zones ayant les notes les plus élevées sont sélectionnées comme les meilleures zones. Une analyse des points forts et des points faibles des meilleures zones est réalisée, aboutissant notamment à l'établissement de profils de contraintes.

La Phase C se concentre sur la sélection finale de la zone à partir des meilleures zones présélectionnées à l'issue de la Phase B. La Phase C contient une seule étape :

- Etape C.1 : Les profils et les notes des meilleures zones sont livrés à la Maîtrise d'Ouvrage, conjointement à tous les résultats intermédiaires de l'analyse, pour choix de la zone de 2km². Le choix final de la zone est effectué par la Maîtrise d'Ouvrage en Comité de Pilotage.

3.2 Mise en œuvre de la méthodologie sur le territoire sud aquitain

3.2.1 Phase A, étape A.1 : Identification des facteurs à prendre en compte

3.2.1.1 Définition des facteurs

Le consortium et la Maîtrise d'Ouvrage se sont réunis pour identifier ensemble les facteurs à prendre en compte dans le choix de la sélection de la zone.

Chaque facteur représente une thématique qui, en fonction de la zone étudiée pour l'implantation future de la ferme, peut entraîner :

- des conflits d'usages plus ou moins importants, entre le facteur concerné et la future ferme ;
- ou bien des coûts d'installation ou de maintenance de la ferme plus ou moins élevés.

Certains facteurs peuvent faire écho à des thématiques plus larges. Ces facteurs sont ainsi regroupés au sein de différentes familles. A la suite du travail conjoint entre le consortium et la Maîtrise d'Ouvrage, 18 facteurs ont été identifiés et regroupés au sein de 5 familles :

- Famille 1 = « Caractérisation physique de la ressource »
- Famille 2 = « Contraintes techniques et économiques »
- Famille 3 = « Contraintes maritimes »
- Famille 4 = « Contraintes environnementales »
- Famille 5 = « Contraintes d'usages »

Les 18 facteurs retenus dans cette étude sont listés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Familles et facteurs retenus pour la sélection de la zone à caractériser

Famille	Facteurs
Caractérisation physique de la ressource	Potentiel énergétique
Contraintes techniques et économiques	Coûts d'installation du câble
	Coûts d'installation de la ferme
	Coûts de maintenance de la ferme
Contraintes maritimes	Zones usages portuaires (facteur excluant)
	Zones usages militaires (facteur excluant)
	Câble France-Espagne (facteur excluant)
	Transport maritime
Contraintes environnementales	Zones protégées
	Indice de vulnérabilité faune marine
	Impact sur dynamique océanographique physique
	Impact sur écosystème benthique

	Impact visuel
Contraintes d'usages	Pêche professionnelle
	Plaisance-Loisirs (pêche loisir, plongée...)
	Surf
	Collecte des déchets en mer
	Tourisme balnéaire

3.2.1.2 Définition de la zone d'étude

La zone d'étude, dans laquelle le site de 2 km² est à rechercher, est définie par la Maîtrise d'Ouvrage comme étant la zone côtière allant de Vieux Boucau au Nord à la frontière Espagnole au Sud. Les profondeurs limites de la zone d'étude sont délimitées par les isobathes -20 m et -80 m. Cette zone s'étend du Nord au Sud sur environ 55 km et de l'Est à l'Ouest sur environ 8 km. Sa superficie totale est d'environ 250 km². Cette zone couvre la bande côtière du Pays Basque ainsi qu'une partie du Sud des Landes.

Sur les 18 facteurs sélectionnés pour l'étude, certains facteurs peuvent être considérés comme excluants. La Maîtrise d'Ouvrage a défini les facteurs excluants comme décrit dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Détails des facteurs excluants

Facteur excluant 1 = Zones usages portuaires
Méthodologie : Les zones d'usages portuaires sont visibles sur la Figure 4. Il s'agit : - des chenaux d'accès au port de Bayonne (en rouge) - de la zone d'attente des navires (en vert) - des deux zones de clapage de sédiments (en bleu)

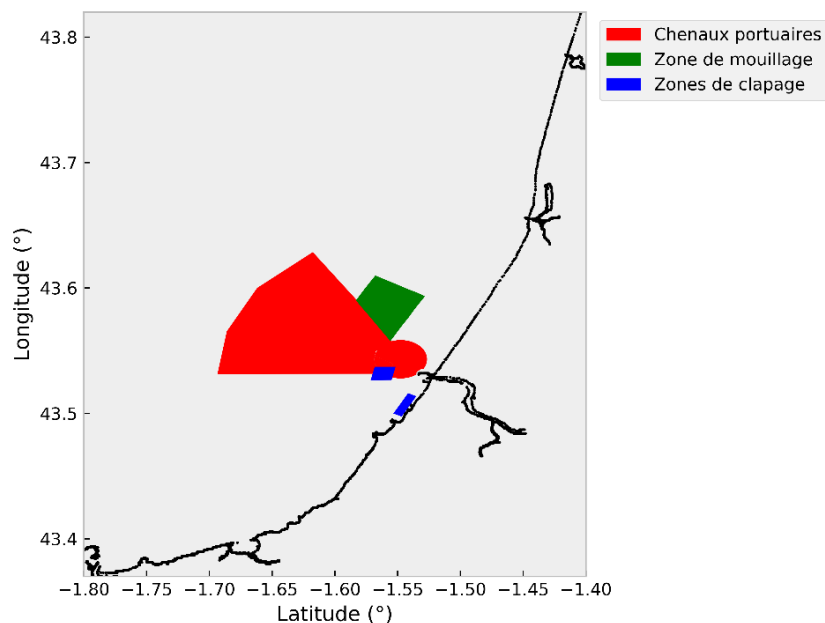


Figure 4 : Zones d'usages portuaires

Raster associé :

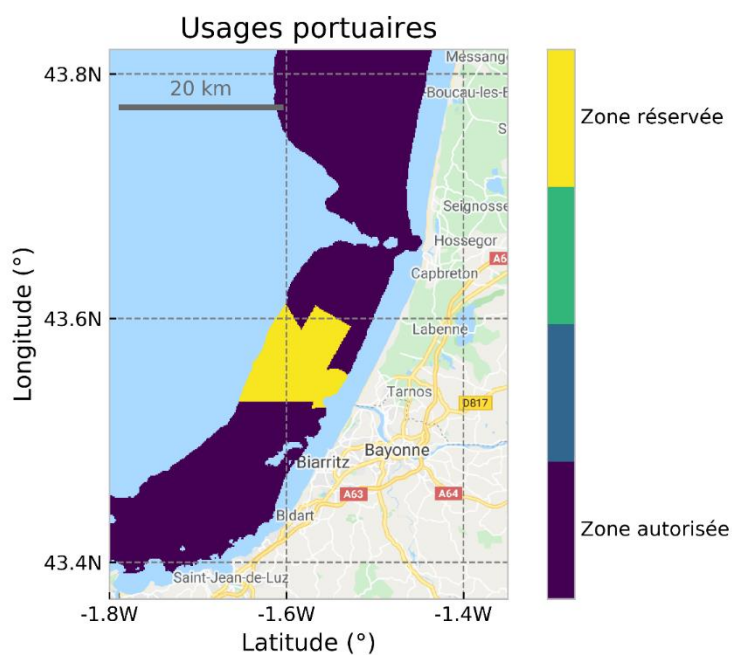


Figure 5 : Raster "Zones d'usages portuaires"

Couches SIG utilisées :

- « NewChannelAccessBayPort2016.shp »
- « ZoneMouillage.shp »
- « ZoneClapage.shp »

Facteur excluant 2 = Zones usages militaires

Méthodologie :

Les zones d'usages militaires sont visibles sur la Figure 6.

Il s'agit :

- de la zone militaire au large (vert)
- de la zone militaire sur la bande côtière de la commune de Tarnos (rouge)
- de deux zones de dépôt temporaire d'explosifs (bleu)

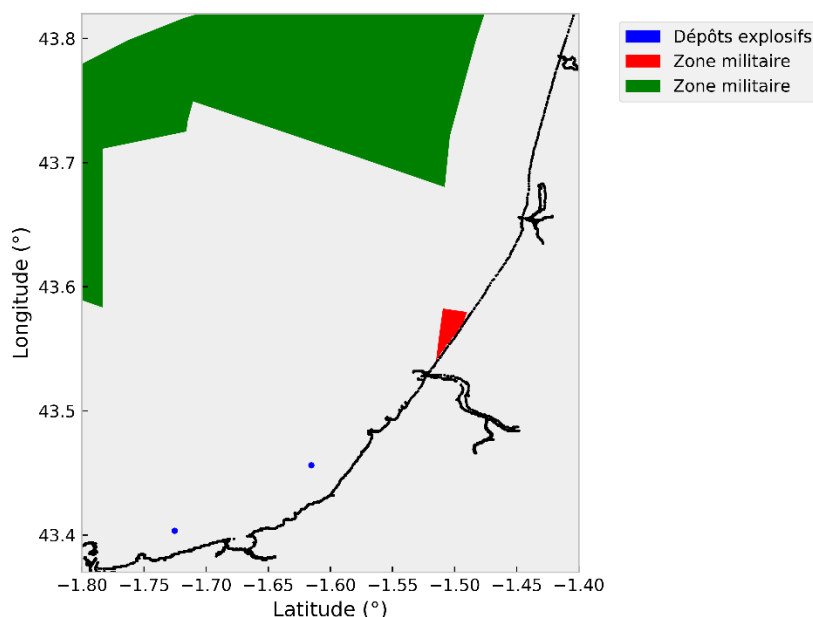


Figure 6 : Zones militaires

Raster associé :

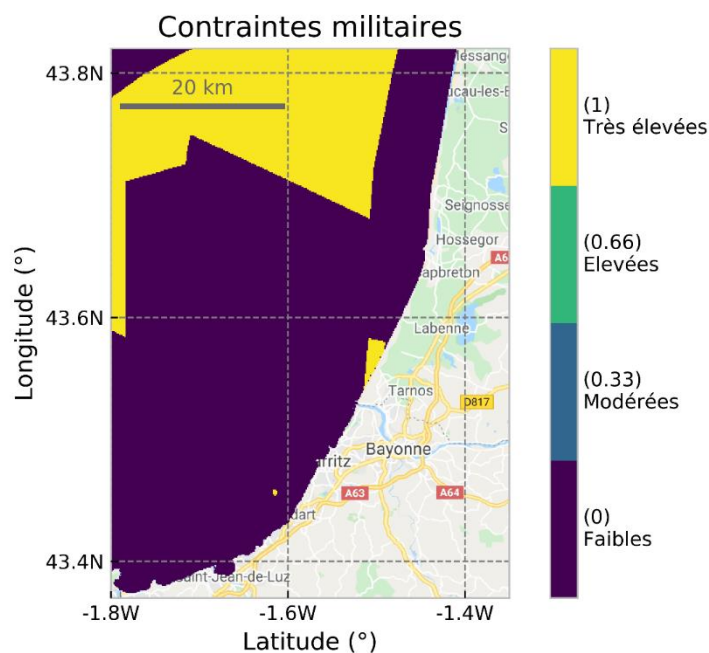


Figure 7 : Raster "Contraintes militaires"

Couches SIG utilisées :

- « MilArea.shp »
- « Zone dépôt temporaire d'explosifs.shp »

Facteur excluant 3 = Câble France-Espagne

Méthodologie :

Un projet de câble électrique sous-marin reliant la France à l'Espagne est en cours d'étude. Sa réalisation est prévue dans les prochaines années. Le consortium et la Maîtrise d'Ouvrage se sont rapprochés de RTE pour obtenir le tracé tel que proposé à la concertation du public. Le tracé préliminaire, donnée la plus précise à disposition, est amené à être affiné pour le contournement du Gouf de Capbreton (la décision n'est pas encore entérinée sur les zones d'atterrissage et le tracé à terre). Le raster associé pourra être amené à être actualisé dans le futur.

Le raster est fabriqué sur la base des zones traversées par le câble France-Espagne (en rouge) et par la limite du territoire Espagnol (en bleu), visibles sur la Figure 8.

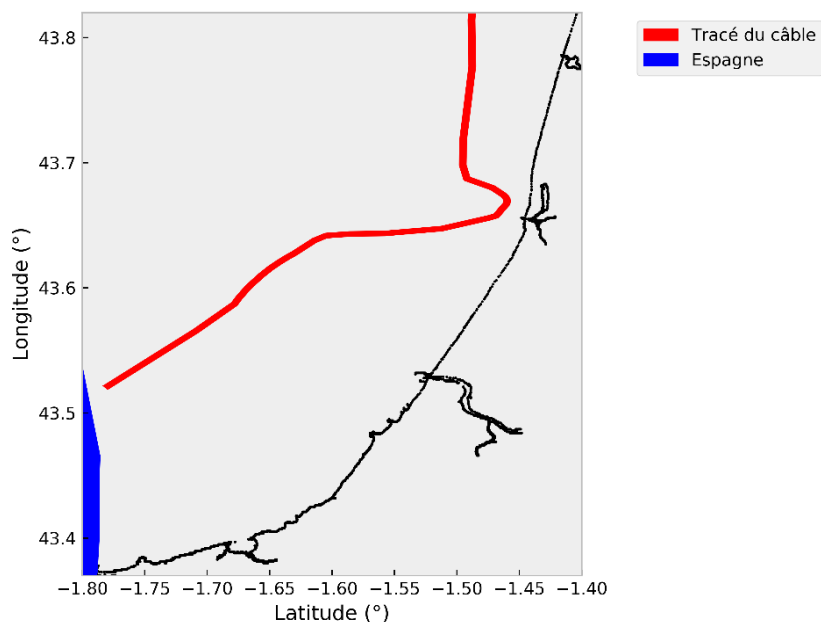


Figure 8 : Câble France-Espagne et frontière espagnole

Raster associé :

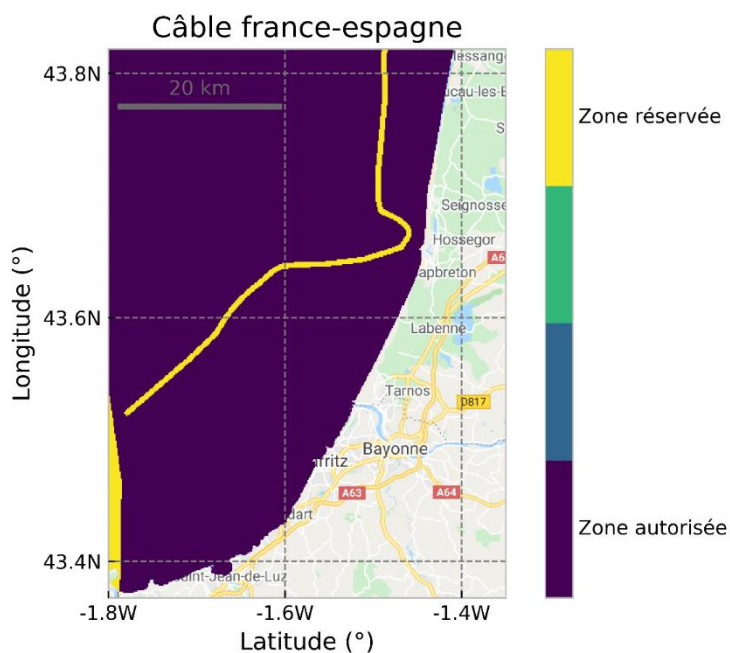


Figure 9 : Raster "Câble France-Espagne"

Couches SIG utilisées :

- « Zone_implantation_cableFE.shp »
- « Frontiere.shp »

En enlevant les différentes zones associées aux facteurs excluants, la zone d'étude se réduit à la zone en violet sur la Figure 10. Le rectangle bleu correspond à la zone d'interdiction de mouillage. Cette

zone est gouvernée par une législation particulière. Malgré ces restrictions et à ce stade de l'étude, à la demande de la Maîtrise d'Ouvrage, cette zone reste incluse dans la zone d'étude.

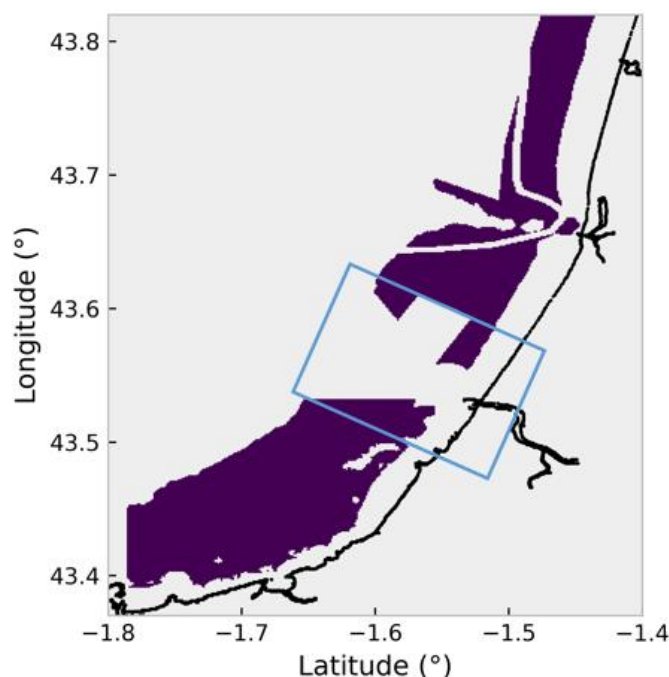


Figure 10 : Zone d'étude (violet) et zone d'interdiction de mouillage (bleu)

3.2.2 Phase A, étape A.2 : Construction des rasters associés aux facteurs

L'ensemble des facteurs identifiés dans cette étude sont listés dans le Tableau 2. Pour chaque raster identifié, un raster IMC facteur est créé à partir des données actuellement à disposition.

Les méthodologies mises en œuvre pour la création des rasters sont décrites à travers l'Annexe : Création des IMC facteurs. Pour un raster donné, la méthodologie mise en œuvre ainsi que les données SIG utilisées sont détaillées Annexe : Synthèse SIG.

Pour certains facteurs, le consortium s'est appuyé sur des points clés identifiés dans d'autres sites d'essai comme le site du SEMREV, décrit à travers le Tableau 27 et le Tableau 28 dans l'Annexe 4.2.

3.2.3 Phase A, étape A.3 : Définition de différents scénarios de pondération des facteurs et des familles

Dans le cadre de la présente étude, les différents scénarios d'étude et les pondérations associées ont été définis par la Maîtrise d'Ouvrage.

4 scénarios sont ainsi envisagés pour calculer 4 IMC globaux différents :

- Scénario 0 : scénario équilibré (qui ne met pas d'accent sur une thématique en particulier) ;
- Scénario 1 : prépondérance environnementale ;

- Scénario 2 : prépondérance économique ;
- Scénario 3 : prépondérance d’usages.

Les poids associés aux familles dans ces différents scénarios sont fournis par le Tableau 4. Les poids associés aux différents facteurs dans les différents scénarios sont fournis par le Tableau 5.

Tableau 4 : Poids associés aux familles en fonction des différents scénarios

Famille	Scénario 0	Scénario 1 <i>Prépondérance environnementale</i>	Scénario 2 <i>Prépondérance économique</i>	Scénario 3 <i>Prépondérance usages</i>
<i>Caractérisation physique de la ressource</i>	Extrêmement contraignant	Extrêmement contraignant	Extrêmement contraignant	Extrêmement contraignant
<i>Contraintes techniques et économiques</i>	Très contraignant	Très contraignant	Extrêmement contraignant	Très contraignant
<i>Contraintes maritimes</i>	Très contraignant	Très contraignant	Très contraignant	Très contraignant
<i>Contraintes environnementales</i>	Relativement contraignant	Extrêmement contraignant	Relativement contraignant	Relativement contraignant
<i>Contraintes d'usages</i>	Relativement contraignant	Relativement contraignant	Relativement contraignant	Extrêmement contraignant

Tableau 5 : Poids associés aux facteurs en fonction des différents scénarios

Famille	Facteurs	Pondérations			
		Scénario 0	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Caractérisation physique de la ressource	Potentiel énergétique	-	-	-	-
Contraintes techniques et économiques	Coûts d'installation du câble	<i>Très contraignant</i>	<i>Très contraignant</i>	<i>Extrêmement contraignant</i>	<i>Relativement contraignant</i>
	Coûts d'installation de la ferme	<i>Relativement contraignant</i>	<i>Relativement contraignant</i>	<i>Très contraignant</i>	<i>Relativement contraignant</i>
	Coûts de maintenance de la ferme	<i>Très contraignant</i>	<i>Très contraignant</i>	<i>Extrêmement contraignant</i>	<i>Très contraignant</i>
Contraintes maritimes	Zones usages portuaires (facteur excluant)	-	-	-	-
	Zones usages militaires (facteur excluant)	-	-	-	-
	Câble France-Espagne (facteur excluant)	-	-	-	-
	Transport maritime	-	-	-	-
Contraintes environnementales	Zones protégées	<i>Extrêmement contraignant</i>	<i>Extrêmement contraignant</i>	<i>Extrêmement contraignant</i>	<i>Extrêmement contraignant</i>
	Indice de vulnérabilité faune marine	<i>Très contraignant</i>	<i>Extrêmement contraignant</i>	<i>Très contraignant</i>	<i>Très contraignant</i>
	Impact sur dynamique océanographique physique	<i>Relativement contraignant</i>	<i>Très contraignant</i>	<i>Relativement contraignant</i>	<i>Relativement contraignant</i>
	Impact sur écosystème benthique	<i>Relativement contraignant</i>	<i>Extrêmement contraignant</i>	<i>Relativement contraignant</i>	<i>Relativement contraignant</i>
	Impact visuel	<i>Relativement contraignant</i>	<i>Relativement contraignant</i>	<i>Relativement contraignant</i>	<i>Relativement contraignant</i>
Contraintes d'usages	Pêche professionnelle	<i>Extrêmement contraignant</i>	<i>Extrêmement contraignant</i>	<i>Extrêmement contraignant</i>	<i>Extrêmement contraignant</i>
	Plaisance - Loisirs (pêche loisir, plongée...)	<i>Peu contraignant</i>	<i>Peu contraignant</i>	<i>Peu contraignant</i>	<i>Relativement contraignant</i>
	Surf	<i>Relativement contraignant</i>	<i>Relativement contraignant</i>	<i>Relativement contraignant</i>	<i>Très contraignant</i>
	Collecte des déchets en mer	<i>Peu contraignant</i>	<i>Peu contraignant</i>	<i>Peu contraignant</i>	<i>Relativement contraignant</i>
	Tourisme balnéaire	<i>Relativement contraignant</i>	<i>Relativement contraignant</i>	<i>Relativement contraignant</i>	<i>Très contraignant</i>

Pour calculer les IMC, il faut relier les poids à des valeurs numériques. Cette relation est donnée dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Valeurs associées aux poids

Caractère	Poids
Pas du tout contraignant	1
Peu contraignant	2
Relativement contraignant	3
Très contraignant	4
Extrêmement contraignant	5

Calcul des IMC :

Notons R_{ij} le raster du facteur j de la famille Fi .

Pour chaque famille Fi on définit un poids : α_i (dédit du Tableau 4)

Pour chaque raster R_{ij} à l’intérieur de la famille Fi on définit un poids : β_{ij} (dédit du Tableau 5)

L’IMC global est calculé selon la formule suivante :

$$IMC = \frac{\sum_i (\alpha_i * IMC_{Fi})}{\sum_i \alpha_i}$$

L’IMC de la famille Fi étant :

$$IMC_{Fi} = \frac{\sum_j (\beta_{ij} * R_{ij})}{\sum_j \beta_{ij}}$$

3.2.4 Phase A, étape A.4 : Cartes d’IMC intégré

3.2.4.1 IMC globaux en fonction des scénarios

Les IMC globaux obtenus pour les 4 scénarios étudiés sont visibles sur le Figure 11 :

- Les zones de faibles IMC sont des zones avec peu de contraintes, favorables à l’implantation de la ferme.
- Les zones d’IMC élevés sont des zones avec de fortes contraintes, peu favorables à l’implantation de la ferme.

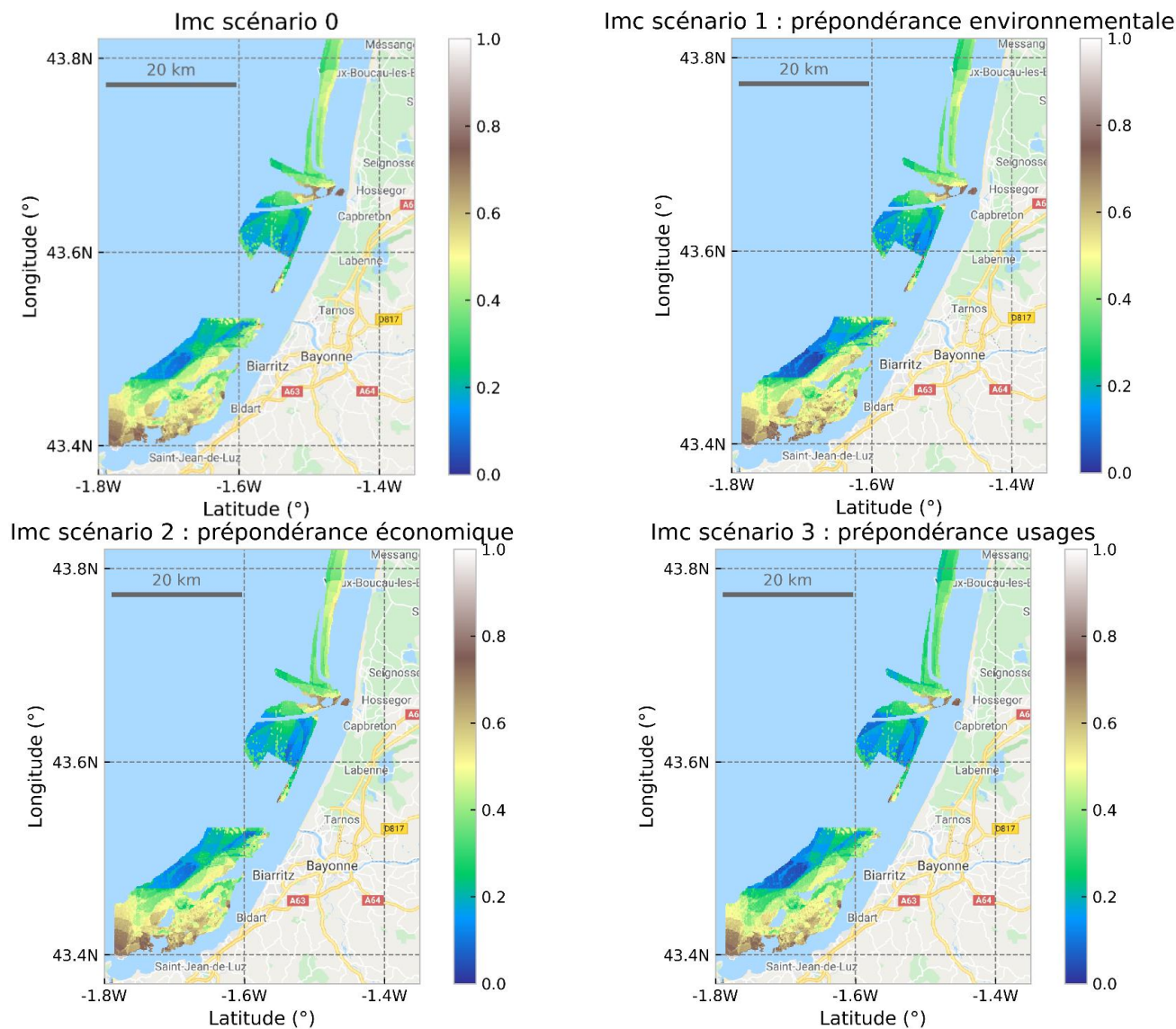


Figure 11 : IMC globaux en fonction des 4 scénarios de l'étude

Les différents poids attribués aux différentes familles, et aux différents facteurs au sein de chaque famille, permettent de créer des scénarios mettant l'accent sur une thématique plutôt qu'une autre. Ainsi, le Scénario 0 constitue un scénario considéré comme équilibré, alors que les trois autres scénarios mettent en avant la thématique environnementale, économique ou usages.

Il est intéressant de voir que les valeurs d'IMC obtenues pour de nombreuses zones sont proches dans les 4 scénarios. Cela traduit le fait que, dans de nombreux cas, les contraintes liées à des thématiques différentes se recoupent entre elles. En effet, par exemple :

- Les zones au sud de la zone d'étude, en proche côte des communes de Saint-Jean-de-Luz et de Bidart sont des zones rocheuses. Ces zones entraînent des contraintes élevées vis-à-vis de l'installation du câble (thématique économique) mais également des contraintes élevées vis-à-vis des zones marines protégées (thématique environnementale). Indifféremment des poids utilisés et des scénarios envisagés, ces zones ont un IMC élevé.
- Les zones au nord de l'estuaire de l'Adour, au large des communes d'Ondres et de Labenne, sont des zones sableuses. Ces zones entraînent des contraintes faibles vis-à-vis de l'installation du câble (thématique économique), des contraintes faibles vis-à-vis des zones marines protégées (thématique environnementale) et des contraintes modérées vis-à-vis des usages (thématique usages). Ainsi, dans l'ensemble des scénarios, ces zones ont un IMC faible.

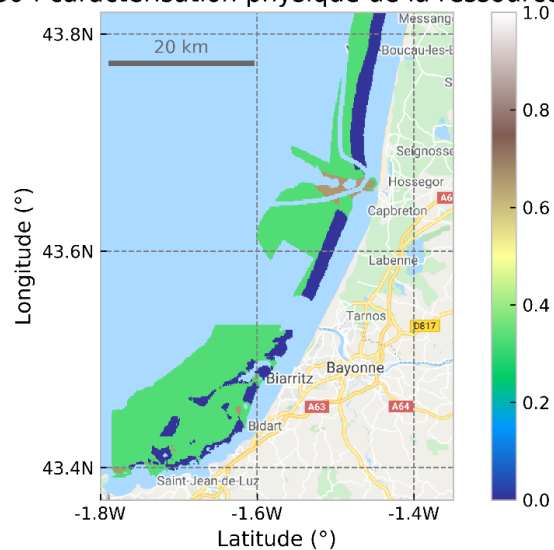
A contrario, l'analyse des quatre IMC globaux précédents ne fait pas ressortir de zone avec des valeurs d'IMC globaux très différentes d'un scénario à un autre.

Ces différents constats mettent donc en évidence des variations d'IMC global limitées entre les scénarios, malgré les pondérations différentes utilisées. En conséquence, on choisit de ne s'intéresser qu'à un seul scénario pour la suite de l'étude. Le scénario sélectionné par le consortium en accord avec le maître d'œuvre est le Scénario 0.

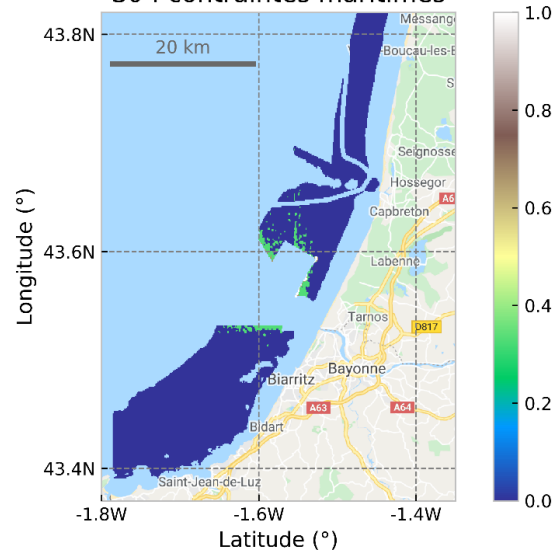
3.2.4.2 IMC des différentes familles de facteurs pour le Scénario 0

En complément de l'IMC global, les IMC par famille peuvent être très utiles dans l'analyse et la sélection de la zone à caractériser finement. Ces différents résultats sont examinés attentivement dans les paragraphes suivants.

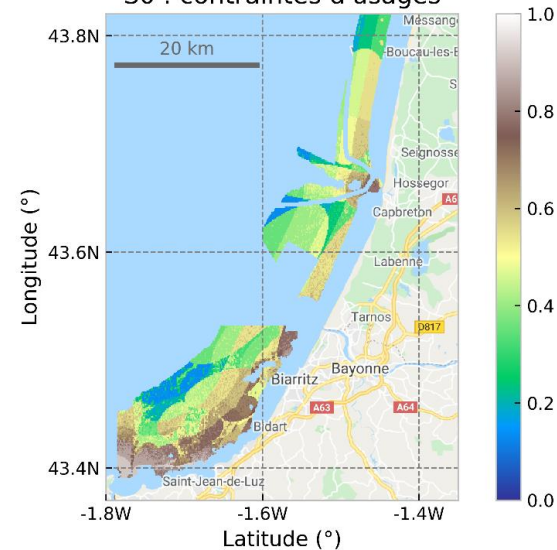
S0 : caractérisation physique de la ressource



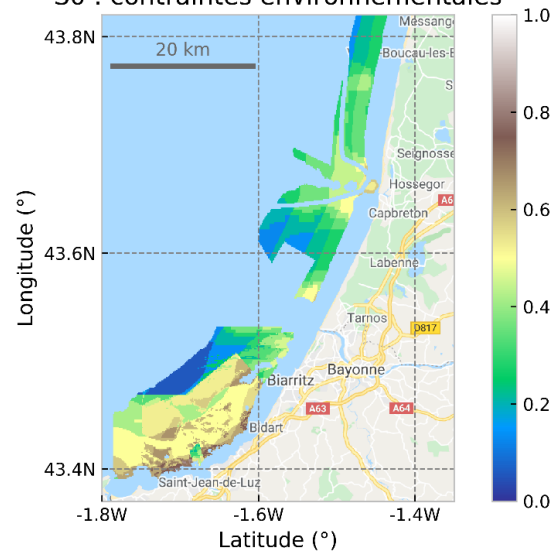
S0 : contraintes maritimes



S0 : contraintes d'usages



S0 : contraintes environnementales



S0 : contraintes techniques et économiques

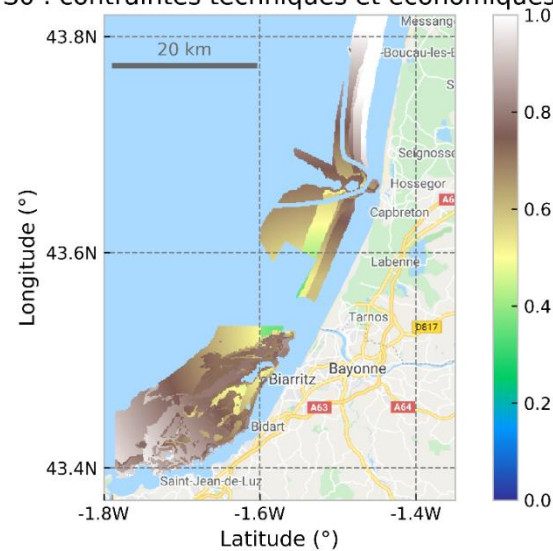


Figure 12 : IMC par famille pour le scénario 0. Familles : « caractérisation physique de la ressource », « contraintes maritimes », « contraintes environnementales », « contraintes techniques et économiques », « contraintes d'usages ».

Famille 1 = Caractérisation physique de la ressource

L'analyse de la Figure 12 et l'IMC famille « caractérisation physique de la ressource », montre que :

- Les zones avec un potentiel énergétique très élevé (ramené à la masse des machines) se trouvent près de la côte, dans la zone de levage des vagues.
- Les zones de faible potentiel énergétique se trouvent au niveau de la tête du Gouf de Capbreton, où les vagues sont plus petites, dû aux interactions avec le canyon (focalisation des vagues sur les bords du Gouf)
- Dans les autres zones, le potentiel énergétique est élevé.

Famille 2 = Contraintes maritimes

Les contraintes maritimes sont principalement liées au transport maritime des navires rentrant et sortant du port de Bayonne. Ces navires empruntent les chenaux d'accès au port. Les contraintes en dehors de ces chenaux de navigation et en dehors de la zone d'attente des navires sont très faibles. Certains navires sont amenés à passer en limite des chenaux de navigation. L'IMC de cette famille est visible Figure 12.

Famille 3 = Contraintes environnementales

L'analyse de la Figure 12 et l'IMC famille « contraintes environnementales » révèlent que les contraintes environnementales sont très fortes dans les secteurs suivants :

- sur les fonds rocheux au Sud de l'embouchure de l'Adour,
- sur les zones proches du Gouf de Capbreton,
- et sur les zones à l'embouchure de l'Adour.

Famille 4 = Contraintes techniques et économiques

L'analyse de la Figure 12 et l'IMC famille « contraintes techniques et économiques » indique que :

- les contraintes sont très élevées sur les zones rocheuses au Sud de l'embouchure de l'Adour,
- et sur les zones proches de la côte où les vagues, lors des tempêtes extrêmes, engendrent des efforts, des courants et du transport sédimentaire très élevés.

Famille 5 = Contraintes d'usages

La Figure 12 et l'IMC famille « contraintes d'usages » révèlent :

- de fortes contraintes sur les zones proches de la côte notamment au Sud de l'embouchure de l'Adour,
- de fortes contraintes sur les zones proches des ports de plaisances.

3.2.5 Phase A, étape A.5 : Identification des zones de faibles IMC

L'étude de l'IMC global permet d'identifier deux secteurs de faibles IMC (< 0.2).

- Un premier secteur situé au nord du chenal de navigation et au sud du Gouf de Capbreton. Cette zone d'environ 18 km² se trouve au large des communes d'Ondres, Labenne et Capbreton.
- Un second secteur situé au sud du chenal de navigation. Cette zone d'environ 20 km² se trouve au large des communes d'Anglet, de Biarritz, de Bidart, de Guéthary et de Saint-Jean-de-Luz.

Ces secteurs sont entourés en rouge sur la Figure 13.

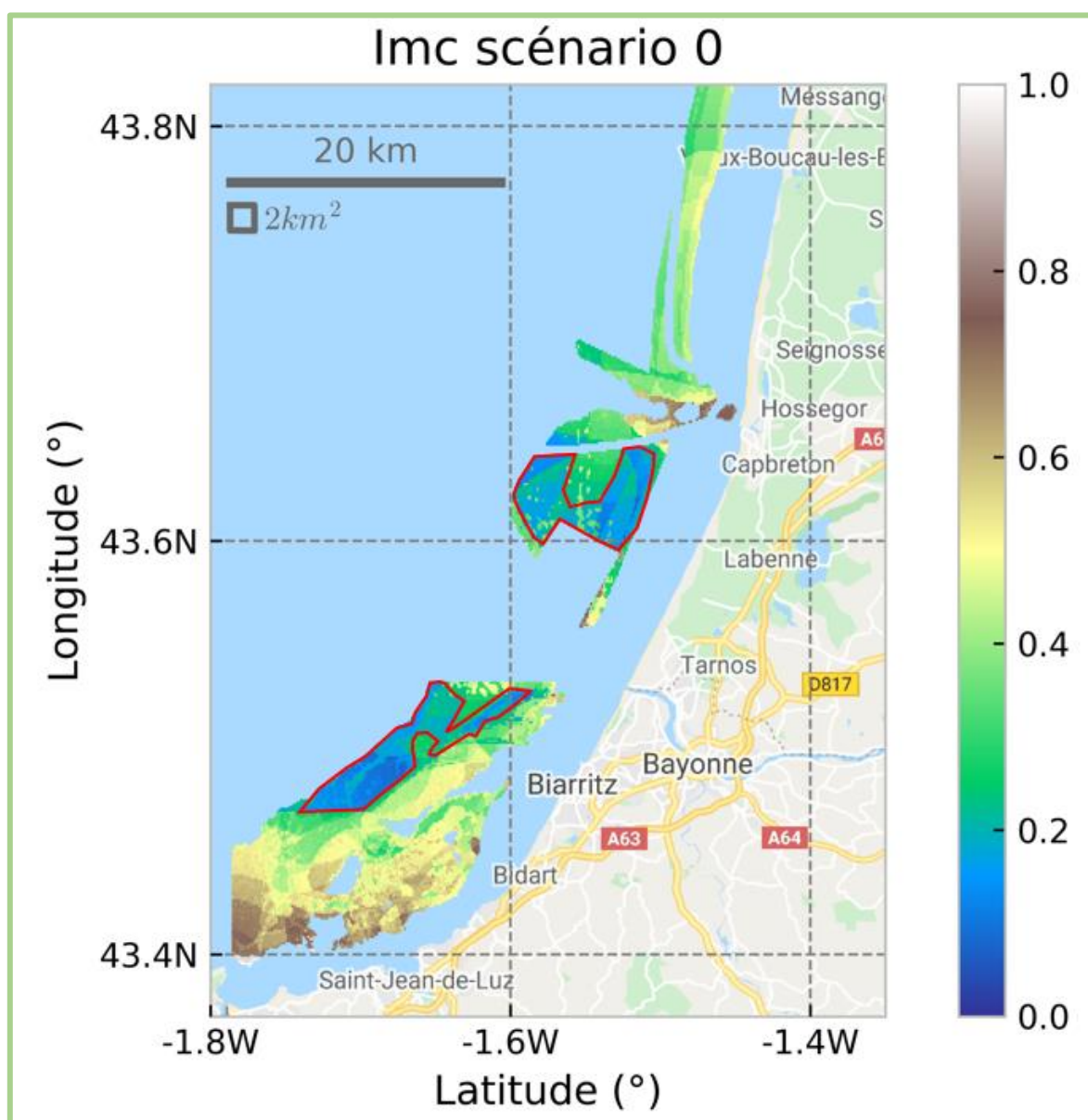


Figure 13 : IMC global obtenu pour le scénario 0 et sélection de deux secteurs de plus faible IMC (en rouge)

La zone à caractériser finement est une zone d'une superficie maximale de 2 km² à l'intérieur des deux secteurs identifiés. Ces derniers, qui représentent une superficie totale d'environ 38 km², ont été donc redécoupés en 14 zones de 2 km², visibles sur la Figure 14.

Parmi ces 14 zones :

- 6 zones sont situées au nord de l'embouchure de l'Adour, et 8 au sud.
- 3 zones sont situées dans des gammes de profondeurs [30 m – 40 m], 4 dans des gammes [40 m – 50 m] et 7 dans des gammes [50 m – 80 m].

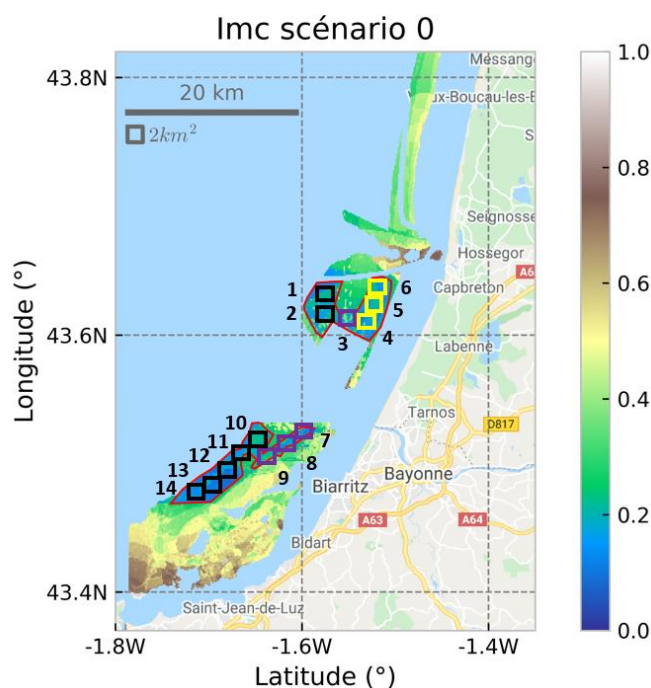


Figure 14 : Identification de 14 zones de 2km² de faibles IMC sur l'IMC global obtenu pour le scénario 0

Tableau 7 : Zones présélectionnées et gammes de profondeurs associées

Zones	Gammes de profondeurs
4, 5, 6	[30 - 40] m
3, 7, 8, 9	[40 - 50] m
1, 2, 10, 11, 12, 13, 14	[50 - 80] m

L'ensemble des données SIG utilisées dans la méthodologie présentée dans ce rapport sont fournies au Maître d'Ouvrage. Une présentation détaillée des données SIG est fournie dans l'Annexe 4.3.

Suite aux échanges réalisés dans cette étude avec les pêcheurs professionnels (voir Annexe 4.4), une zone « 2 bis », qui correspond à la zone 2 translatée de 800 m vers le Sud, est également étudiée dans la suite de ce rapport. Il s'agit de la zone en rouge sur la Figure 15.

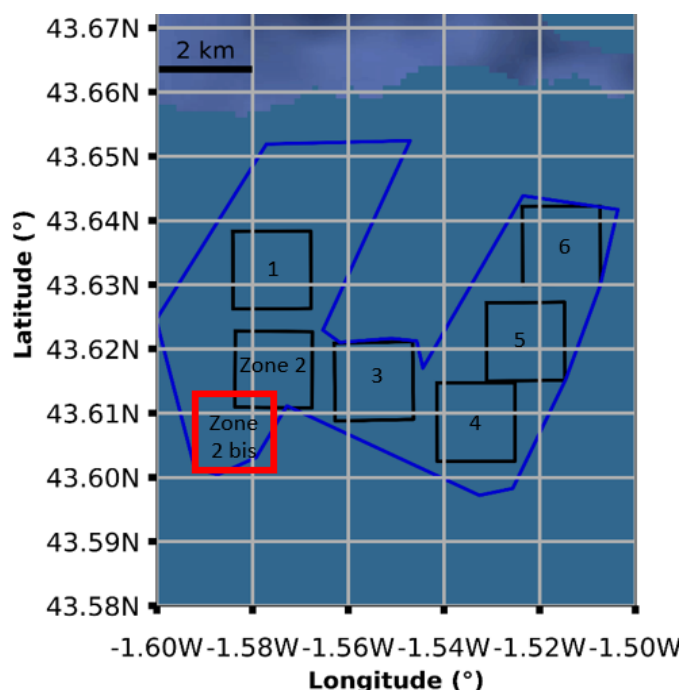


Figure 15 : Zone 2 bis : Zone 2 translatée vers le Sud.

3.2.6 Phase B, étape B.1 : Notation des zones par facteur

Le consortium a examiné en détail les 14 zones présélectionnées. Pour chaque facteur, les 14 zones ont été représentées sur l'IMC facteur correspondant. A partir de ces représentations, des notes ont été attribuées par le consortium pour chaque zone présélectionnée, accompagnées de commentaires et de justificatifs, dans le but de différencier les zones entre elles.

Le système de notation utilisé dans cette étude est un système comportant 6 notes : '---', '—', '-', '+', '++', '+++' et détaillé dans le Tableau 8. Une zone avec une note '+++' est une zone considérée comme très favorable pour l'implantation d'une ferme houlomotrice, par rapport au facteur considéré. Une zone avec une note '---' est une zone considérée comme très défavorable pour l'implantation d'une ferme houlomotrice.

Ce travail de notation est mené sur l'ensemble des facteurs étudiés. Les résultats et commentaires sont regroupés dans les tableaux suivants. Chaque tableau détaille les notes des 14 zones présélectionnées, par rapport à un facteur dans une famille.

Tableau 8 : Système de notation et équivalents

Notes sur 6 attribuées par le consortium aux 15 facteurs	Equivalent	Commentaire
6	+++	Extrêmement favorable
5	++	Très favorable
4	+	Favorable
3	-	Relativement favorable
2	--	Peu favorable
1	---	Pas du tout favorable

3.2.6.1 Caractérisation de la ressource

La famille 1 « Caractérisation physique de la ressource » est constituée d'un seul facteur : le « potentiel énergétique ».

Les 14 zones sont représentées sur l'IMC correspondant et sont visibles sur la Figure 16.

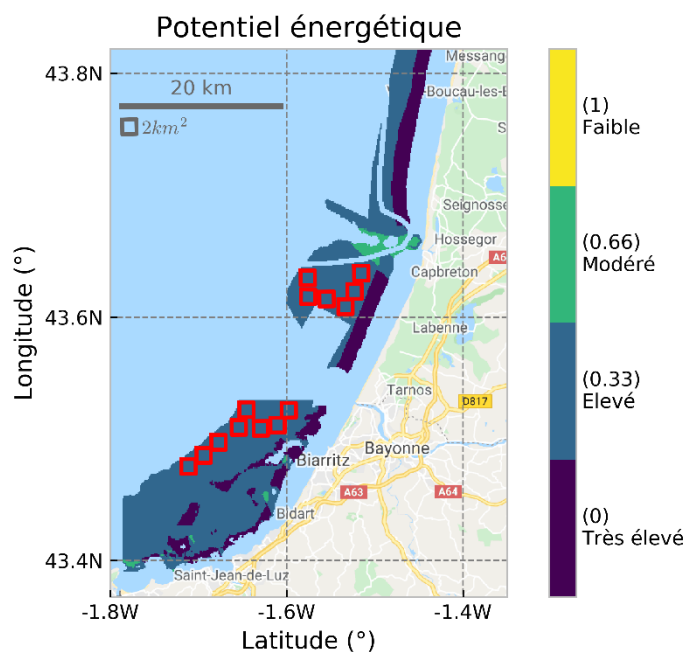


Figure 16 : IMC facteur "Potentiel énergétique", et représentation des 14 zones présélectionnées (en rouge)

Les 14 zones possèdent un potentiel énergétique très intéressant. Néanmoins, dans le but de différencier les 14 zones entre elles, les informations contenues dans la Figure 16 peuvent être raffinées afin d'obtenir la Figure 17. Cette figure est un raffinement du raster contraintes « Potentiel énergétique » qui permet d'accentuer les différences entre les potentiels énergétiques des 14 zones. A partir de ces nouvelles informations, des notes et des commentaires sont attribués par le consortium et regroupés dans le Tableau 9.

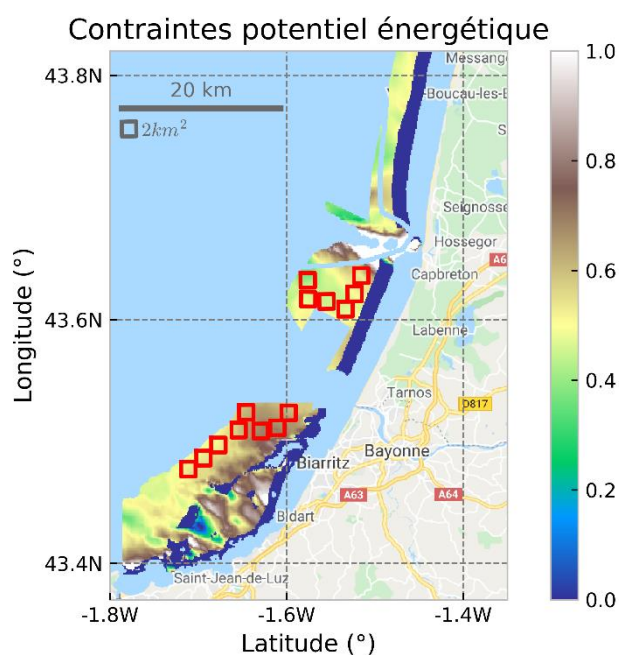


Figure 17 : Contraintes potentiel énergétique raffinées

Tableau 9 : Notes et commentaires du consortium pour le facteur "Potentiel énergétique"

	Facteur : Potentiel énergétique	Commentaires
Zone 1	+++	Très fort potentiel énergétique
Zone 2	+++	Très fort potentiel énergétique
Zone 2bis	+++	Très fort potentiel énergétique
Zone 3	+++	Très fort potentiel énergétique
Zone 4	+++	Très fort potentiel énergétique
Zone 5	+++	Très fort potentiel énergétique
Zone 6	++	Fort potentiel énergétique
Zone 7	+	Potentiel énergétique relativement élevé
Zone 8	-	Potentiel énergétique moyen
Zone 9	-	Potentiel énergétique moyen

Zone 10	+	Potentiel énergétique relativement élevé
Zone 11	+	Potentiel énergétique relativement élevé
Zone 12	++	Fort potentiel énergétique
Zone 13	++	Fort potentiel énergétique
Zone 14	++	Fort potentiel énergétique

3.2.6.2 Contraintes techniques et économiques

La famille 2 « Contraintes techniques et économiques » est constituée de trois facteurs : « Contraintes d'installation du câble », « Contraintes d'installation de la ferme » et « Contraintes de maintenance de la ferme ».

Les 14 zones sont représentées sur les IMC correspondant et sont visibles sur les Figure 18, Figure 19 et Figure 20. Les notes et commentaires attribués par le consortium sont regroupés dans les Tableau 10, Tableau 11 et Tableau 12.

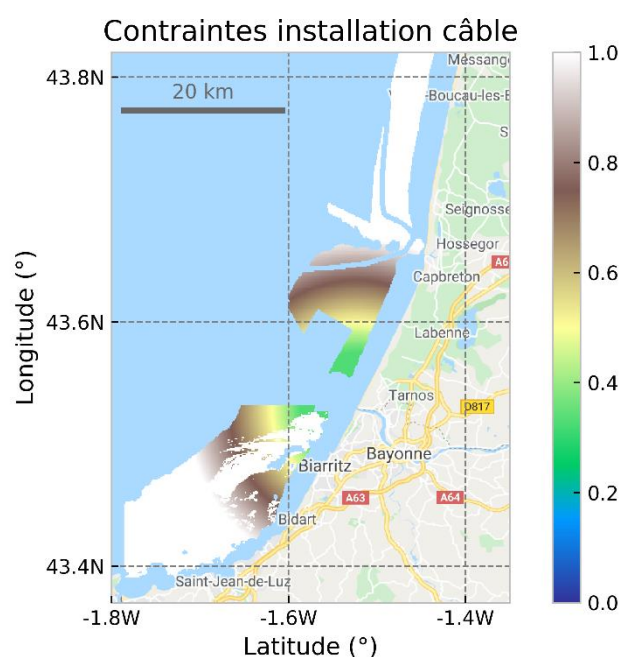


Figure 18 : IMC facteur "Contraintes d'installation du câble", et représentation des 14 zones présélectionnées (en rouge)

Tableau 10 : Notes et commentaires du consortium pour le facteur "Contraintes d'installation du câble"

	Facteur : Contraintes d'installation du câble	Commentaires
Zone 1	++	Longueur du câble ; peut traverser le cercle d'évitage ; desserte locale (zone industrialo-portuaire – Tarnos- et jonction réseau ville de Bayonne)
Zone 2	++	Longueur du câble ; peut traverser le cercle d'évitage ; contournement zone d'attente ; desserte locale (zone industrialo-portuaire – Tarnos- et jonction réseau ville de Bayonne)
Zone 2 bis	++	Longueur du câble ; peut traverser le cercle d'évitage ; contournement zone d'attente ; desserte locale (zone industrialo-portuaire – Tarnos- et jonction réseau ville de Bayonne)
Zone 3	+++	Desserte locale (zone industrialo-portuaire – Tarnos- et jonction réseau ville de Bayonne) ; contournement zone attente et zone militaire
Zone 4	+++	Desserte locale (zone industrialo-portuaire – Tarnos- et jonction réseau ville de Bayonne) ; contournement zone attente et zone militaire
Zone 5	+++	Desserte locale (zone industrialo-portuaire – Tarnos- et jonction réseau ville de Bayonne) ; contournement zone attente et zone militaire
Zone 6	++	Longueur du câble et distance au port de maintenance
Zone 7	+++	Traversée du chenal pour rejoindre la jetée ; desserte locale (zone industrialo-portuaire – Tarnos- et jonction réseau ville de Bayonne)
Zone 8	---	Zones rocheuses et traversée du chenal pour rejoindre la jetée ; difficultés d'atterrage au niveau de Biarritz
Zone 9	---	Zones rocheuses et traversée du chenal pour rejoindre la jetée ; difficultés d'atterrage au niveau de Biarritz
Zone 10	++ (Jetée) / -- (Biarritz)	Traversée du chenal pour rejoindre la jetée ; difficultés d'ensouillage (roches) et difficultés d'atterrage sur Biarritz
Zone 11	++ (Jetée) / -- (Biarritz)	Traversée du chenal pour rejoindre la jetée ; difficultés d'ensouillage (roches) et difficultés d'atterrage sur Biarritz
Zone 12	---	Longueur de câble et traversée du chenal pour rejoindre la jetée ; difficultés d'ensouillage (roches) et difficultés d'atterrage à St-Jean-de-Luz ou Biarritz
Zone 13	--	Longueur du câble avec contournement zones N2000 ; difficultés d'ensouillage et d'atterrage à St-Jean-de-Luz
Zone 14	--	Longueur du câble avec contournement zones N2000 ; difficultés d'ensouillage et d'atterrage à St-Jean-de-Luz

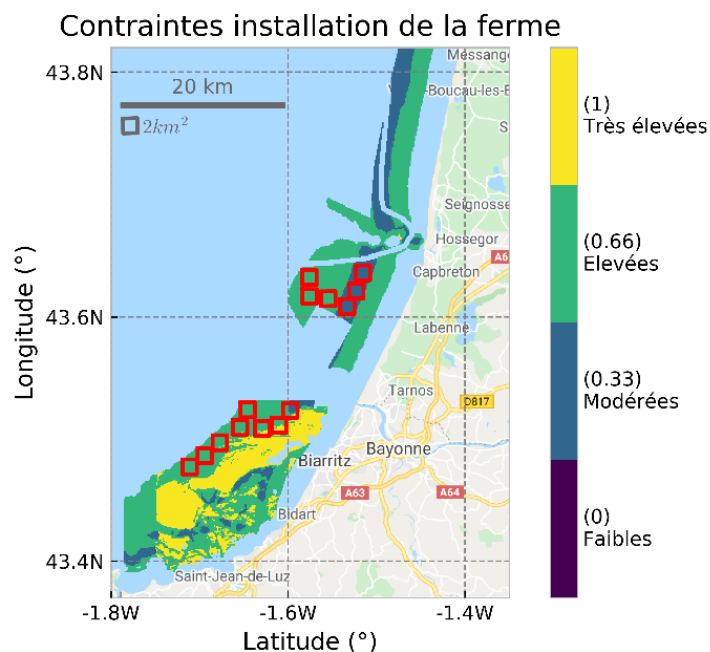


Figure 19 : IMC facteur "Contraintes d'installation de la ferme", et représentation des 14 zones présélectionnées (en rouge)

Tableau 11 : Notes et commentaires du consortium pour le facteur "Contraintes d'installation de la ferme"

	Contraintes installation de la ferme	Commentaires
Zone 1	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger)
Zone 2	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger)
Zone 2 bis	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger)
Zone 3	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger)
Zone 4	+	Sur du sable et profondeur <40m (facilité de plonger)
Zone 5	+	Sur du sable et profondeur <40m (facilité de plonger)
Zone 6	+	Sur du sable et profondeur <40m (facilité de plonger)
Zone 7	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger)
Zone 8	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger)
Zone 9	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger)
Zone 10	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger)
Zone 11	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger)
Zone 12	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger)
Zone 13	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger)
Zone 14	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger)

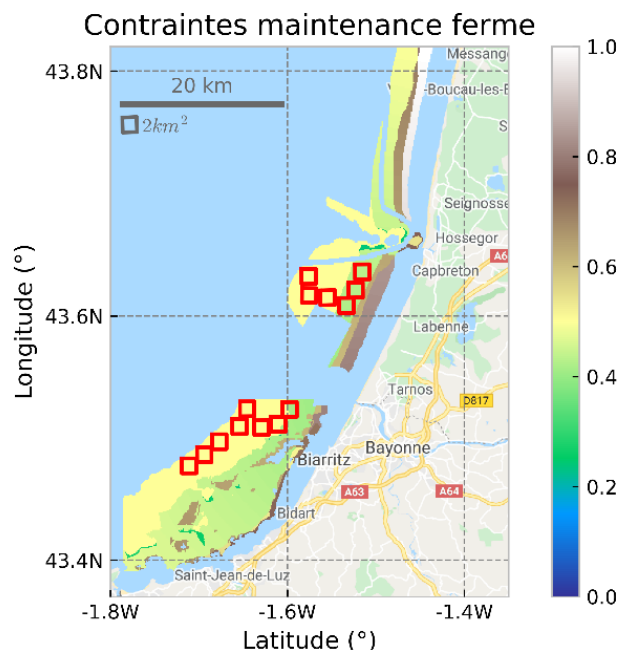


Figure 20 : IMC facteur "Contraintes de maintenance de la ferme", et représentation des 14 zones présélectionnées (en rouge)

Tableau 12 : Notes et commentaires du consortium pour le facteur "Contraintes de maintenance de la ferme"

	Contraintes maintenance de la ferme	Commentaires
Zone 1	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger mais loin de la zone de déferlement des vagues extrêmes)
Zone 2	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger mais loin de la zone de déferlement des vagues extrêmes)
Zone 2 bis	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger mais loin de la zone de déferlement des vagues extrêmes)
Zone 3	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger mais loin de la zone de déferlement des vagues extrêmes)
Zone 4	+	Sur du sable et profondeur <40m (facilité de plonger mais peut être proche de la zone de déferlement des vagues extrêmes)
Zone 5	+	Sur du sable et profondeur <40m (facilité de plonger mais peut être proche de la zone de déferlement des vagues extrêmes)
Zone 6	+	Sur du sable et profondeur <40m (facilité de plonger mais peut être proche de la zone de déferlement des vagues extrêmes)
Zone 7	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger mais loin de la zone de déferlement des vagues extrêmes)
Zone 8	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger mais loin de la zone de déferlement des vagues extrêmes)

Zone 9	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger mais loin de la zone de déferlement des vagues extrêmes)
Zone 10	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger mais loin de la zone de déferlement des vagues extrêmes)
Zone 11	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger mais loin de la zone de déferlement des vagues extrêmes)
Zone 12	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger mais loin de la zone de déferlement des vagues extrêmes)
Zone 13	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger mais loin de la zone de déferlement des vagues extrêmes)
Zone 14	-	Sur du sable et profondeur >40m (compliqué de plonger mais loin de la zone de déferlement des vagues extrêmes)

3.2.6.3 Contraintes maritimes

La famille 3 « Contraintes maritimes », est constituée d'un seul facteur : « Contraintes trafic maritime ».

Les 14 zones sont représentées sur l'IMC correspondant et sont visibles sur la Figure 21. Les notes et commentaires attribués par le consortium sont regroupés dans le Tableau 13.

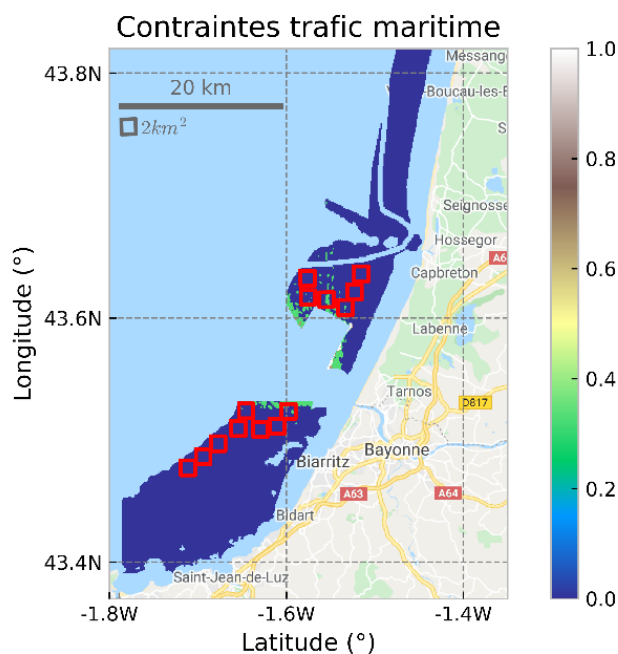


Figure 21 : IMC facteur "Contraintes trafic maritime", et représentation des 14 zones présélectionnées (en rouge)

Tableau 13 : Notes et commentaires du consortium pour le facteur "Contraintes trafic maritime"

	Contraintes trafic maritime	Commentaires
Zone 1	+++	RAS
Zone 2	++	Proche du chenal de navigation et de la zone d'attente des navires
Zone 2 bis	--	En bordure du chenal de navigation et de la zone d'attente des navires. Dans la zone d'interdiction de mouillage.
Zone 3	++	Proche de la zone d'attente des navires
Zone 4	++	Proche de la zone d'attente des navires
Zone 5	+++	RAS
Zone 6	+++	RAS
Zone 7	++	Proche du chenal de navigation
Zone 8	+++	RAS
Zone 9	+++	RAS
Zone 10	++	Proche du chenal de navigation
Zone 11	+++	RAS
Zone 12	+++	RAS
Zone 13	+++	RAS
Zone 14	+++	RAS

3.2.6.4 Contraintes environnementales

La famille 4 « Contraintes environnementales », est constituée de cinq facteurs : « Contraintes zones protégées », « Contraintes indice de vulnérabilité », « Contraintes impact sur la dynamique océanographique », « Contraintes impact sur l'écosystème benthique » et « Contraintes impact visuel ».

Les 14 zones sont représentées sur les IMC correspondant et sont visibles sur les Figure 22, Figure 23, Figure 24, Figure 25 et Figure 26. Les notes et commentaires attribués par le consortium sont regroupés dans les Tableau 14, Tableau 15, Tableau 16, Tableau 17 et Tableau 18

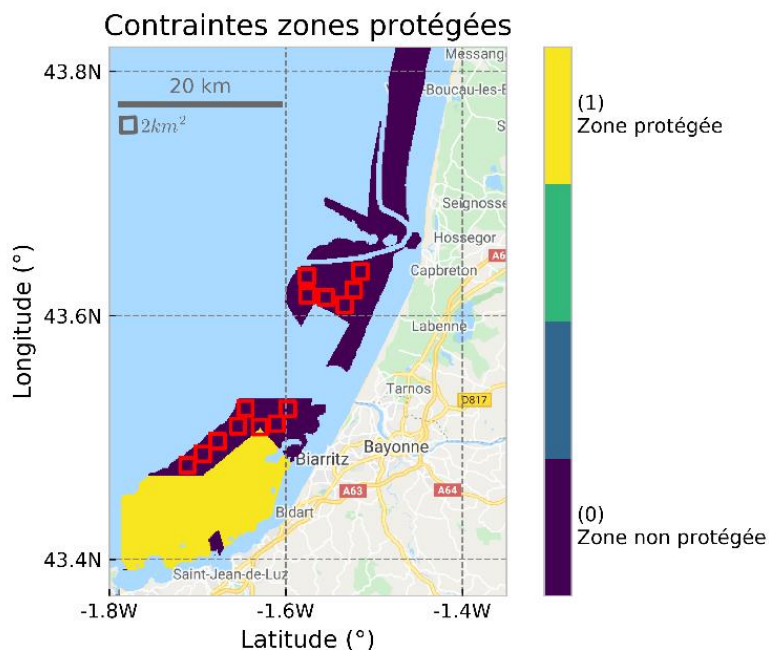


Figure 22 : IMC facteur "Contraintes zones protégées", et représentation des 14 zones présélectionnées (en rouge)

Tableau 14 : Notes et commentaires du consortium pour le facteur "Contraintes zones protégées"

	Contraintes zones protégées	Commentaires
Zone 1	+++	RAS
Zone 2	+++	RAS
Zone 2 bis	+++	RAS
Zone 3	+++	RAS
Zone 4	+++	RAS
Zone 5	+++	RAS
Zone 6	+++	RAS
Zone 7	+++	RAS
Zone 8	+++	RAS
Zone 9	-	Attention : la partie sud semble dans le périmètre du site Natura 2000
Zone 10	++	RAS
Zone 11	+/-	Proximité des sites Natura 2000, attention au tracé du câble pour ne pas traverser les sites Natura 2000 (habitats)
Zone 12	+/-	Proximité des sites Natura 2000, attention au tracé du câble pour ne pas traverser les sites Natura 2000 (habitats rocheux)
Zone 13	+/-	Proximité des sites Natura 2000, attention au tracé du câble pour ne pas traverser les sites Natura 2000 (habitats rocheux)
Zone 14	+/-	Proximité des sites Natura 2000, attention au tracé du câble pour ne pas traverser les sites Natura 2000 (habitats rocheux)

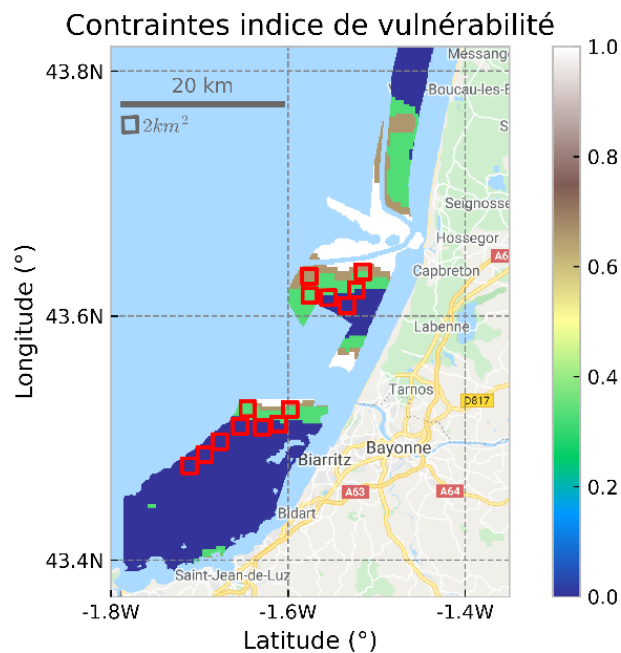


Figure 23 : IMC facteur "Contraintes indice de vulnérabilité", et représentation des 14 zones présélectionnées (en rouge)

Tableau 15 : Notes et commentaires du consortium pour le facteur "Contraintes indice de vulnérabilité"

	Contraintes indice de vulnérabilité	Commentaires
Zone 1	---	Proximité du Gouf de Capbreton (cétacés)
Zone 2	--	Proximité du Gouf de Capbreton (cétacés)
Zone 2 bis	--	Proximité du Gouf de Capbreton (cétacés)
Zone 3	++	RAS
Zone 4	+++	RAS
Zone 5	-	Proximité du Gouf de Capbreton (cétacés)
Zone 6	---	Proximité du Gouf de Capbreton (cétacés)
Zone 7	++	RAS
Zone 8	+	RAS
Zone 9	+	RAS
Zone 10	+	RAS
Zone 11	++	RAS
Zone 12	++	RAS
Zone 13	++	RAS
Zone 14	++	RAS

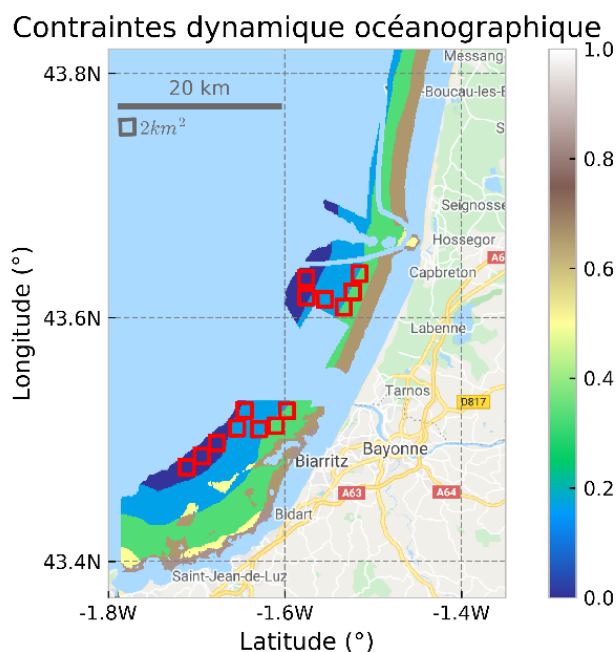


Figure 24 : IMC facteur "Contraintes impact sur la dynamique océanographique", et représentation des 14 zones présélectionnées (en rouge)

Tableau 16 : Notes et commentaires du consortium pour le facteur "Contraintes impact sur la dynamique océanographique"

	Contraintes dynamique océanographique	Commentaires
Zone 1	+++	Forte profondeur et très éloignée de la côte
Zone 2	+++	Forte profondeur et très éloignée de la côte
Zone 2 bis	+++	Forte profondeur et très éloignée de la côte
Zone 3	++	Profondeur élevée et relativement éloignée de la côte
Zone 4	+	Profondeur modérée et relativement proche de la côte
Zone 5	+	Profondeur modérée et relativement proche de la côte
Zone 6	+	Profondeur modérée et relativement proche de la côte
Zone 7	++	Profondeur élevée et relativement éloignée de la côte
Zone 8	++	Profondeur élevée et relativement éloignée de la côte
Zone 9	++	Profondeur élevée et relativement éloignée de la côte
Zone 10	+++	Forte profondeur et très éloignée de la côte
Zone 11	+++	Forte profondeur et très éloignée de la côte
Zone 12	+++	Forte profondeur et très éloignée de la côte
Zone 13	+++	Forte profondeur et très éloignée de la côte
Zone 14	+++	Forte profondeur et très éloignée de la côte

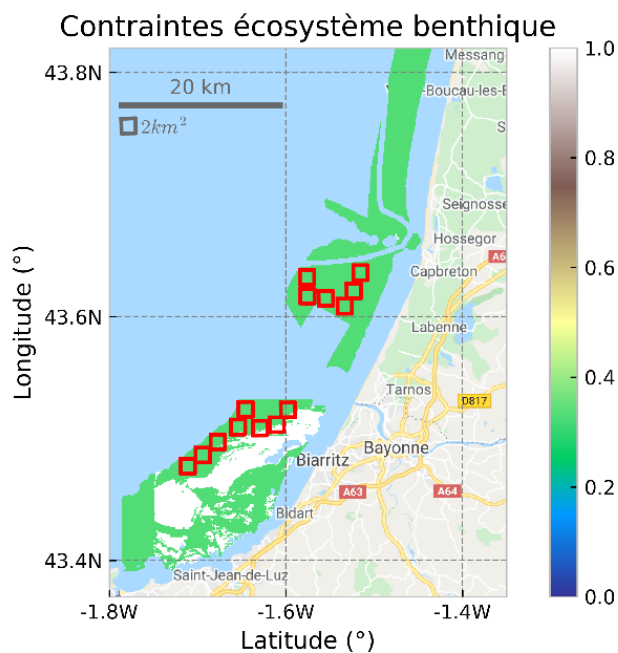


Figure 25 : IMC facteur "Contraintes impact sur l'écosystème benthique", et représentation des 14 zones présélectionnées (en rouge)

Tableau 17 : Notes et commentaires du consortium pour le facteur "Contraintes impact sur l'écosystème benthique"

	Contraintes écosystème benthique	Commentaires
Zone 1	++	RAS
Zone 2	-	Substrat rocheux partie ouest
Zone 2 bis	---	Substrat rocheux
Zone 3	+++	RAS
Zone 4	+++	RAS
Zone 5	+++	RAS
Zone 6	++	RAS
Zone 7	-	Substrat rocheux
Zone 8	---	Substrat rocheux
Zone 9	--	Substrat rocheux
Zone 10	++	RAS
Zone 11	-	Substrat rocheux
Zone 12	+/-	Substrat rocheux possible. Attention au tracé du câble pour ne pas traverser des habitats rocheux
Zone 13	+/-	Attention au tracé du câble pour ne pas traverser des habitats rocheux
Zone 14	+/-	Attention au tracé du câble pour ne pas traverser des habitats rocheux

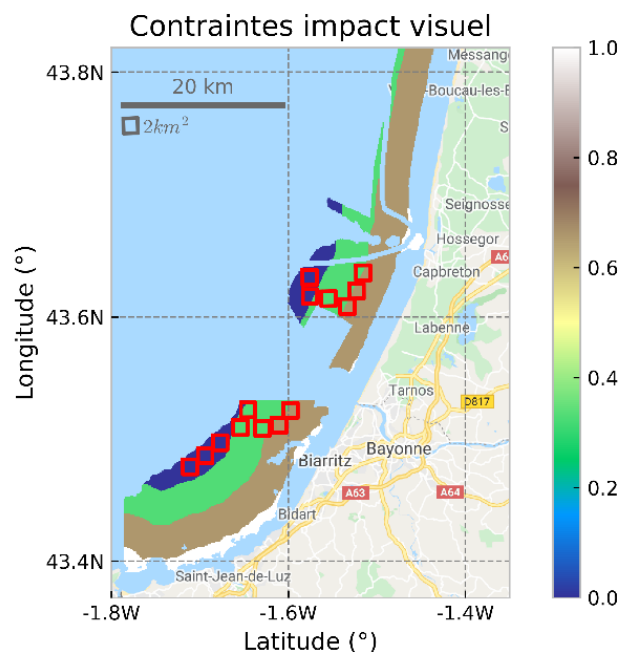


Figure 26 : IMC facteur "Contraintes impact visuel", et représentation des 14 zones présélectionnées (en rouge)

Tableau 18 : Notes et commentaires du consortium pour le facteur "Contraintes impact visuel"

	Contraintes impact visuel	Commentaires
Zone 1	+++	Très éloignée de la côte
Zone 2	+++	Très éloignée de la côte
Zone 2 bis	+++	Très éloignée de la côte
Zone 3	++	Relativement éloignée de la côte
Zone 4	+	Relativement proche de la côte
Zone 5	+	Relativement proche de la côte
Zone 6	+	Relativement proche de la côte
Zone 7	++	Relativement éloignée de la côte
Zone 8	++	Relativement éloignée de la côte
Zone 9	++	Relativement éloignée de la côte
Zone 10	+++	Très éloignée de la côte
Zone 11	+++	Très éloignée de la côte
Zone 12	+++	Très éloignée de la côte
Zone 13	+++	Très éloignée de la côte
Zone 14	+++	Très éloignée de la côte

3.2.6.5 Contraintes d'usages

La famille 5 « Contraintes d'usages », est constituée de cinq facteurs : « Contraintes pêche professionnelle », « Contraintes plaisance/loisir », « Contraintes surf », « Contraintes récolte des déchets » et « Contraintes tourisme balnéaire ».

Les 14 zones sont représentées sur les IMC correspondant et sont visibles sur les Figure 22, Figure 23, Figure 24, Figure 25 et Figure 26. Les notes et commentaires attribués par le consortium sont regroupés dans les Tableau 14, Tableau 15, Tableau 16, Tableau 17 et Tableau 18

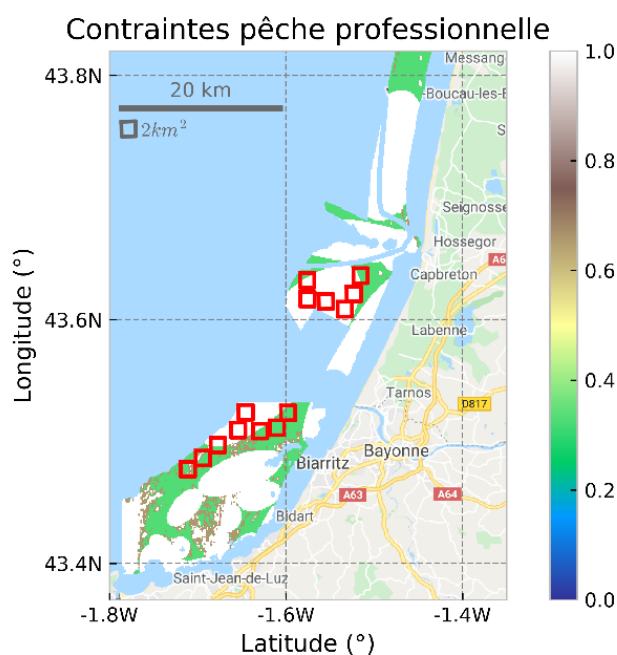


Figure 27 : IMC facteur "Contraintes pêche professionnelle", et représentation des 14 zones présélectionnées (en rouge)

Afin de donner des notes aux 14 zones sur la pêche professionnelle, le consortium et la Maîtrise d'Ouvrage ont consulté les pêcheurs professionnels et leurs représentants (voir Annexe 4.4). Au cours de deux réunions d'échanges, la composante technique du projet et de la sélection de la zone a été présentée aux pêcheurs afin de les intégrer en amont dans le processus de consultation des usagers, et également pour récolter leur avis sur les 14 zones présélectionnées.

Tableau 19 : Notes et commentaires du consortium pour le facteur "Contraintes pêche professionnelle"

	Contraintes pêche professionnelle	Commentaires
Zone 1	--	Sur la base de la concertation des pêcheurs professionnels
Zone 2	++	Sur la base de la concertation des pêcheurs professionnels
Zone 2 bis	+++	Sur la base de la concertation des pêcheurs professionnels
Zone 3	--	Sur la base de la concertation des pêcheurs professionnels
Zone 4	--	Sur la base de la concertation des pêcheurs professionnels
Zone 5	--	Sur la base de la concertation des pêcheurs professionnels
Zone 6	--	Sur la base de la concertation des pêcheurs professionnels
Zone 7	--	Sur la base de la concertation des pêcheurs professionnels
Zone 8	--	Sur la base de la concertation des pêcheurs professionnels
Zone 9	--	Sur la base de la concertation des pêcheurs professionnels
Zone 10	+++	Sur la base de la concertation des pêcheurs professionnels
Zone 11	--	Sur la base de la concertation des pêcheurs professionnels
Zone 12	--	Sur la base de la concertation des pêcheurs professionnels
Zone 13	--	Sur la base de la concertation des pêcheurs professionnels
Zone 14	--	Sur la base de la concertation des pêcheurs professionnels

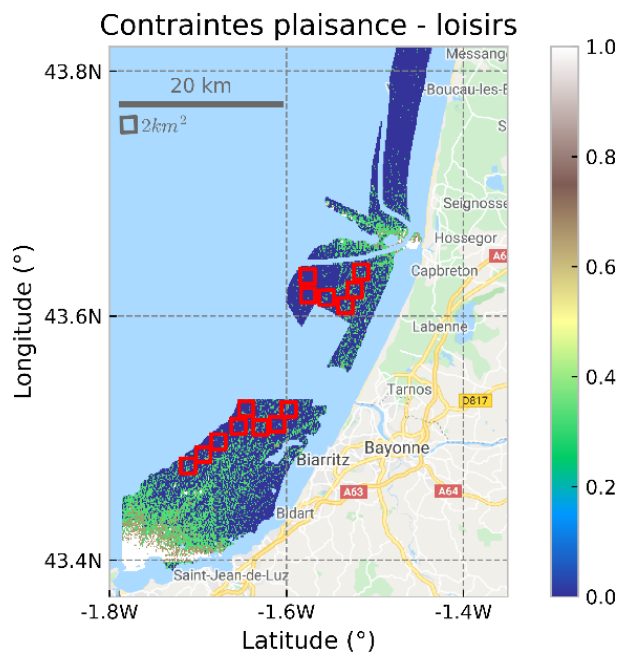


Figure 28 : IMC facteur "Contraintes plaisance - loisir", et représentation des 14 zones présélectionnées (en rouge)

Tableau 20 : Notes et commentaires du consortium pour le facteur "Contraintes plaisance - loisir"

	Contraintes plaisance - loisirs	Commentaires
Zone 1	+++	RAS
Zone 2	+++	RAS
Zone 2 bis	+++	RAS
Zone 3	++	Plaisance faible
Zone 4	++	Plaisance faible
Zone 5	+	Proximité port
Zone 6	---	Présence d'un spot de plongée, et proximité port
Zone 7	+	Proximité port
Zone 8	++	Plaisance faible
Zone 9	++	Plaisance faible
Zone 10	+++	RAS
Zone 11	+++	RAS
Zone 12	+++	RAS
Zone 13	+++	RAS
Zone 14	+++	RAS

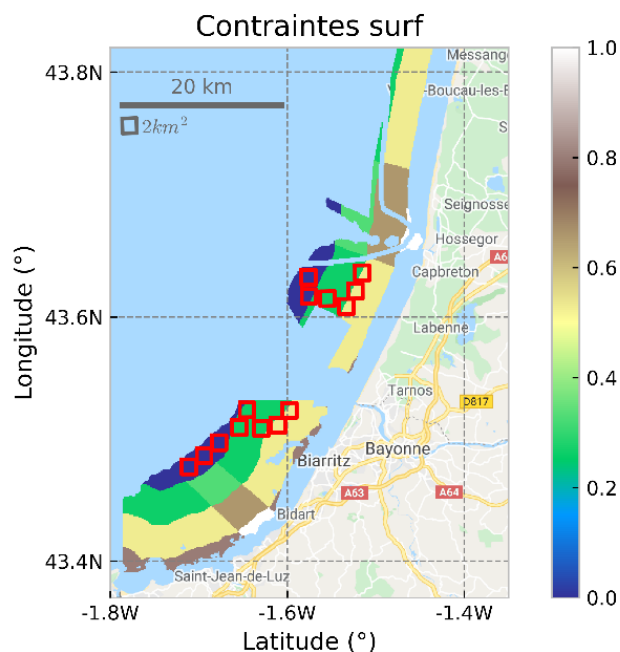


Figure 29 : IMC facteur "Contraintes surf", et représentation des 14 zones présélectionnées (en rouge)

Tableau 21 : Notes et commentaires du consortium pour le facteur "Contraintes surf"

	Contraintes surf	Commentaires
Zone 1	+	Très éloigné de la côte
Zone 2	+	Très éloigné de la côte
Zone 2 bis	+	Très éloigné de la côte
Zone 3	+	Relativement éloigné de la côte
Zone 4	--	Relativement proche de la côte
Zone 5	--	Relativement proche de la côte
Zone 6	--	Relativement proche de la côte
Zone 7	--	Relativement éloigné de la côte
Zone 8	--	Relativement éloigné de la côte
Zone 9	-	Relativement éloigné de la côte
Zone 10	+	Très éloigné de la côte
Zone 11	+	Très éloigné de la côte
Zone 12	+++	Très éloigné de la côte
Zone 13	+++	Très éloigné de la côte
Zone 14	+++	Très éloigné de la côte

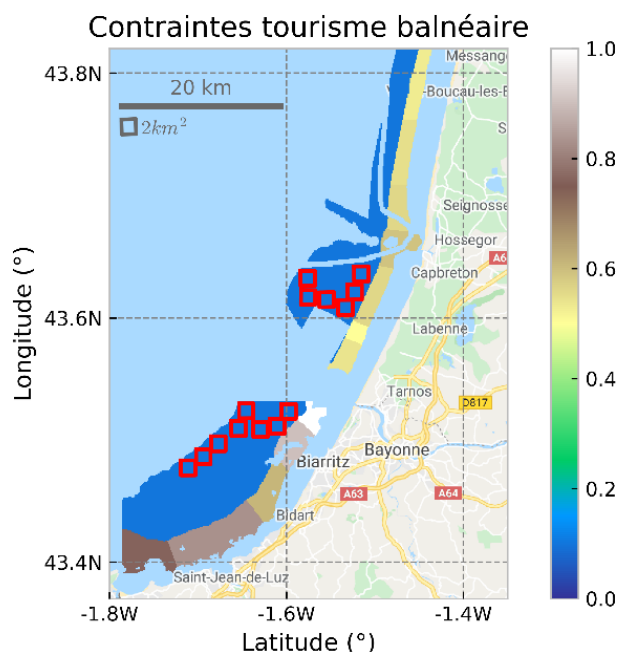


Figure 30 : IMC facteur "Contraintes tourisme balnéaire", et représentation des 14 zones présélectionnées (en rouge)

Tableau 22 : Notes et commentaires du consortium pour le facteur "Contraintes tourisme balnéaire"

	Contraintes tourisme balnéaire	Commentaires
Zone 1	+++	Très éloigné de la côte
Zone 2	+++	Très éloigné de la côte
Zone 2 bis	+++	Très éloigné de la côte
Zone 3	++	Relativement éloigné de la côte
Zone 4	+	Relativement proche de la côte
Zone 5	+	Relativement proche de la côte
Zone 6	+	Relativement proche de la côte
Zone 7	++	Relativement éloigné de la côte
Zone 8	++	Relativement éloigné de la côte
Zone 9	++	Relativement éloigné de la côte
Zone 10	+++	Très éloigné de la côte
Zone 11	+++	Très éloigné de la côte
Zone 12	+++	Très éloigné de la côte
Zone 13	+++	Très éloigné de la côte
Zone 14	+++	Très éloigné de la côte

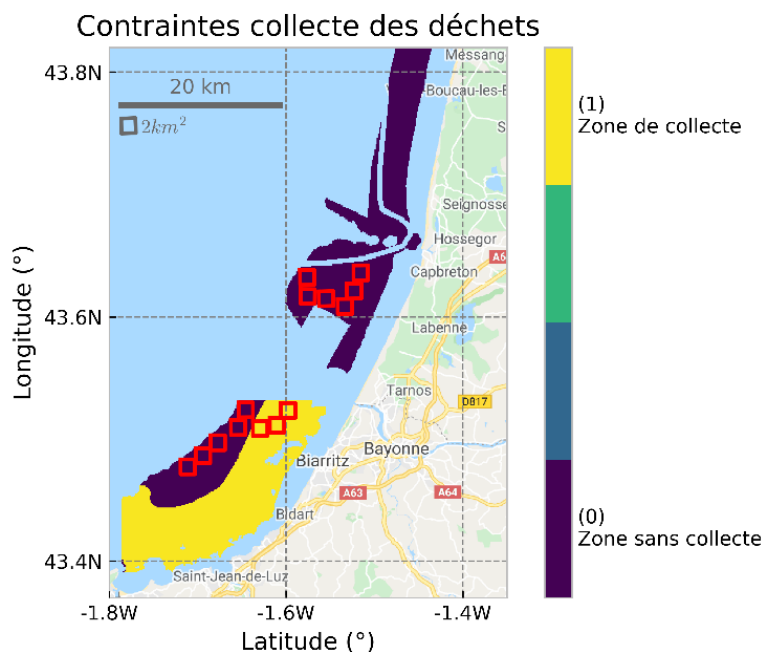


Figure 31 : IMC facteur "Contraintes collecte des déchets", et représentation des 14 zones présélectionnées (en rouge)

Tableau 23 : Notes et commentaires du consortium pour le facteur "Contraintes collecte des déchets"

	Contraintes collecte de déchets	Commentaires
Zone 1	+++	RAS
Zone 2	+++	RAS
Zone 2 bis	+++	RAS
Zone 3	+++	RAS
Zone 4	+++	RAS
Zone 5	+++	RAS
Zone 6	+++	RAS
Zone 7	-	Dans une zone de collecte des déchets
Zone 8	-	Dans une zone de collecte des déchets
Zone 9	-	Dans une zone de collecte des déchets
Zone 10	+++	RAS
Zone 11	+++	RAS
Zone 12	+++	RAS
Zone 13	+++	RAS
Zone 14	+++	RAS

3.2.6.6 *Tableau de synthèse*

L’ensemble des notes attribuées par le consortium aux 14 zones pour les différents facteurs sont regroupées dans le Tableau 24.

Tableau 24 : Notes attribuées par le consortium aux 15 zones pour les différents facteurs

Famille	Facteurs	Zones														
		1	2	2bis	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Caractérisation physique de la ressource	Potentiel énergétique	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	-	-	+	+	++	++	++
Contraintes techniques et économiques	Coûts d'installation du câble	++	++	++	+++	+++	+++	++	+++	---	---	++	++	---	--	--
	Coûts d'installation de la ferme	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	Coûts de maintenance de la ferme	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Contraintes maritimes	Transport maritime	+++	++	--	++	++	+++	+++	++	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++
Contraintes environnementales	Zones protégées	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	-	++	+/-	+/-	+/-	+/-
	Indice de vulnérabilité faune marine	---	--	--	++	+++	-	---	++	+	+	+	++	++	++	++
	Impact sur dynamique océanographique physique	+++	+++	+++	++	+	+	+	++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++
	Impact sur écosystème benthique	++	-	---	+++	+++	+++	++	-	---	--	++	-	+/-	+/-	+/-
	Impact visuel	+++	+++	+++	++	+	+	+	++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++
Contraintes d'usages	Pêche professionnelle	--	++	+++	--	--	--	--	--	--	--	+++	--	--	--	--
	Plaisance - Loisirs (pêche loisir, plongée...)	+++	+++	+++	++	++	+	---	+	++	++	+++	+++	+++	+++	+++
	Surf	+	+	+	+	--	--	--	--	--	-	+	+	+++	+++	+++
	Collecte des déchets en mer	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	-	-	-	+++	+++	+++	+++	+++
	Tourisme balnéaire	+++	+++	+++	++	+	+	+	++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++

3.2.7 Phase B, étape B.2 : Classement des zones

Le Tableau 24 présente les zones obtenues pour les 14 zones présélectionnées selon cinq familles :

- « Caractérisation physique de la ressource »
- « Contraintes techniques et économiques »
- « Contraintes maritimes »
- « Contraintes environnementales »
- « Contraintes d'usages »

Pour la suite de l'étude et dans le but de différencier les zones entre elles, les zones sont classées selon les 4 scénarios définis précédemment dans cette étude :

- Scénario 0 : scénario équilibré (qui ne met pas d'accent sur une thématique en particulier) ;
- Scénario 1 : prépondérance environnementale ;
- Scénario 2 : prépondérance économique ;
- Scénario 3 : prépondérance d'usages.

Les poids α_i du Tableau 4 et associés aux 5 familles en fonction du scénario étudié sont utilisées. Pour pouvoir comparer les notes entre les scénarios, seul les poids β_{ij} du Scénario 0 (Tableau 5) sont utilisés. Les 6 notes possibles ('---', '—', '-', '+', '++', '+++') sont transformées en des notes numériques (1, 2, 3, 4, 5, 6). Une note globale est obtenue pour chaque scénario en faisant une moyenne pondérée par les poids α_i et β_{ij} . Les 14 zones sont ainsi classées selon les 4 scénarios.

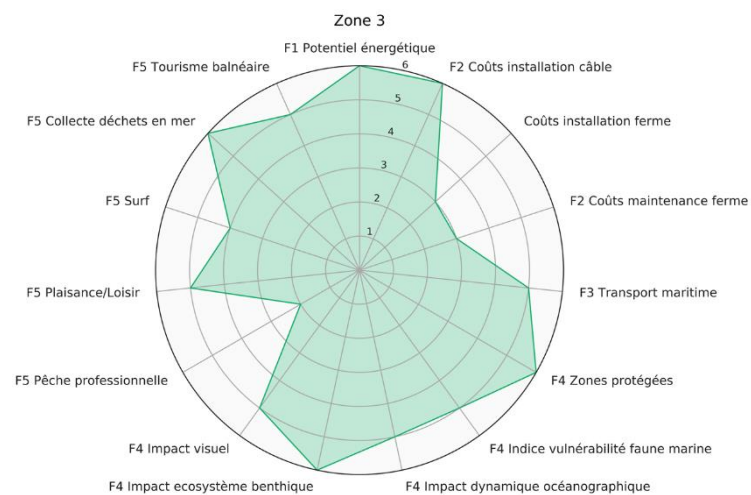
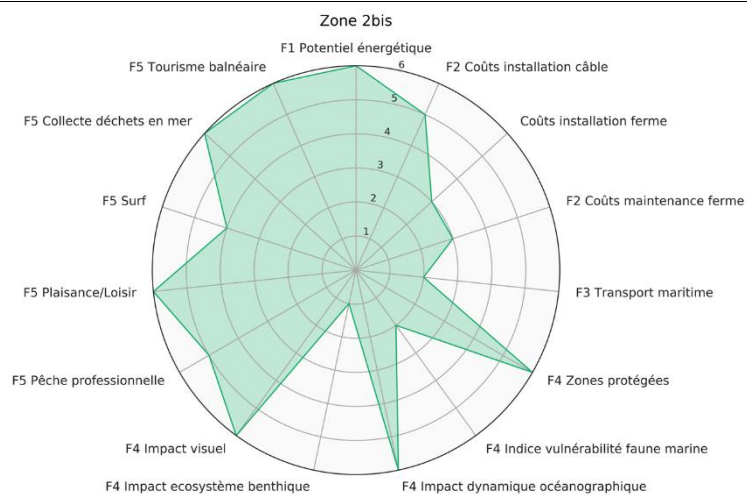
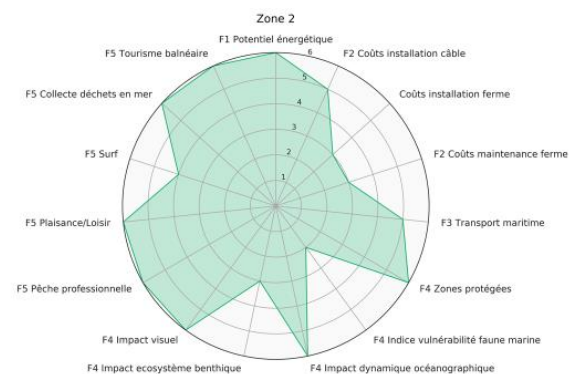
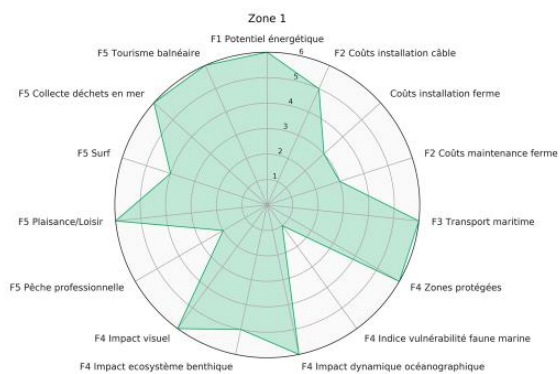
A l'issue de ce travail de classement, les meilleures zones obtenues sont listées ci-dessous pour chaque scénario :

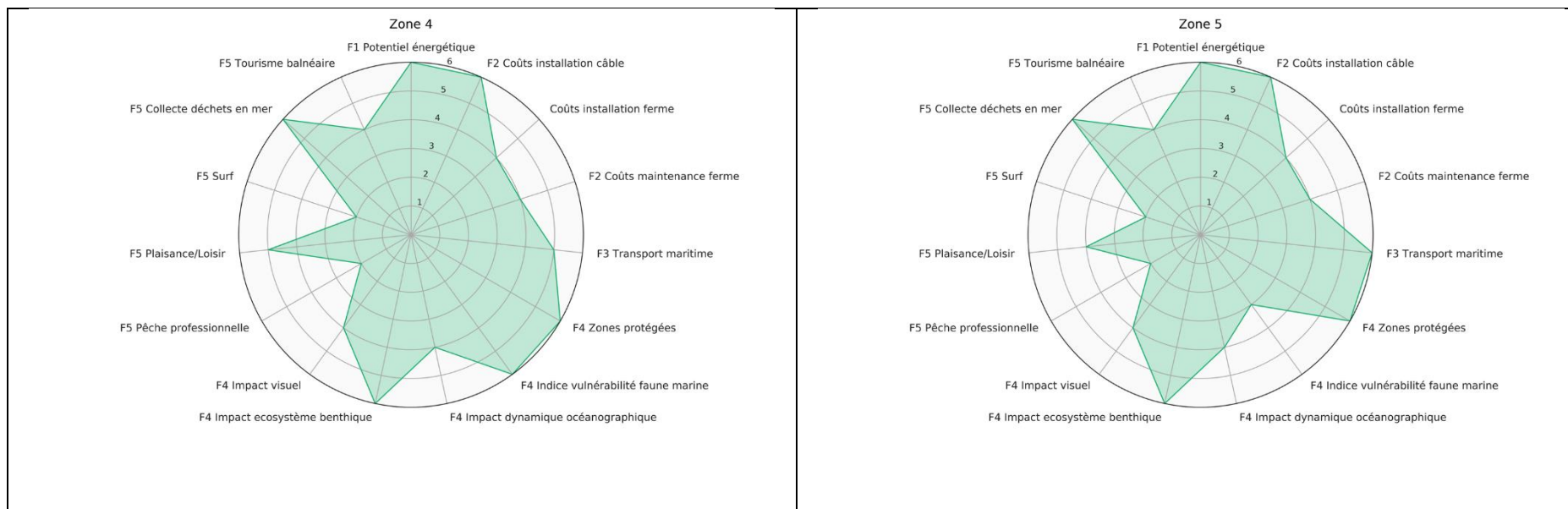
- Scénario 0 - Equilibré : Zones 1, 2, 3, 4, 5, 10, 13 et 14.
- Scénario 1 - Prépondérance environnementale : Zones 1, 2, 3, 4, 5, 10, 13 et 14.
- Scénario 2 - Prépondérance économique : Zones 1, 2, 3, 4, 5 et 6.
- Scénario 3 - Prépondérance usages : Zones 1, 2, 3, 4, 5, 10, 13 et 14.

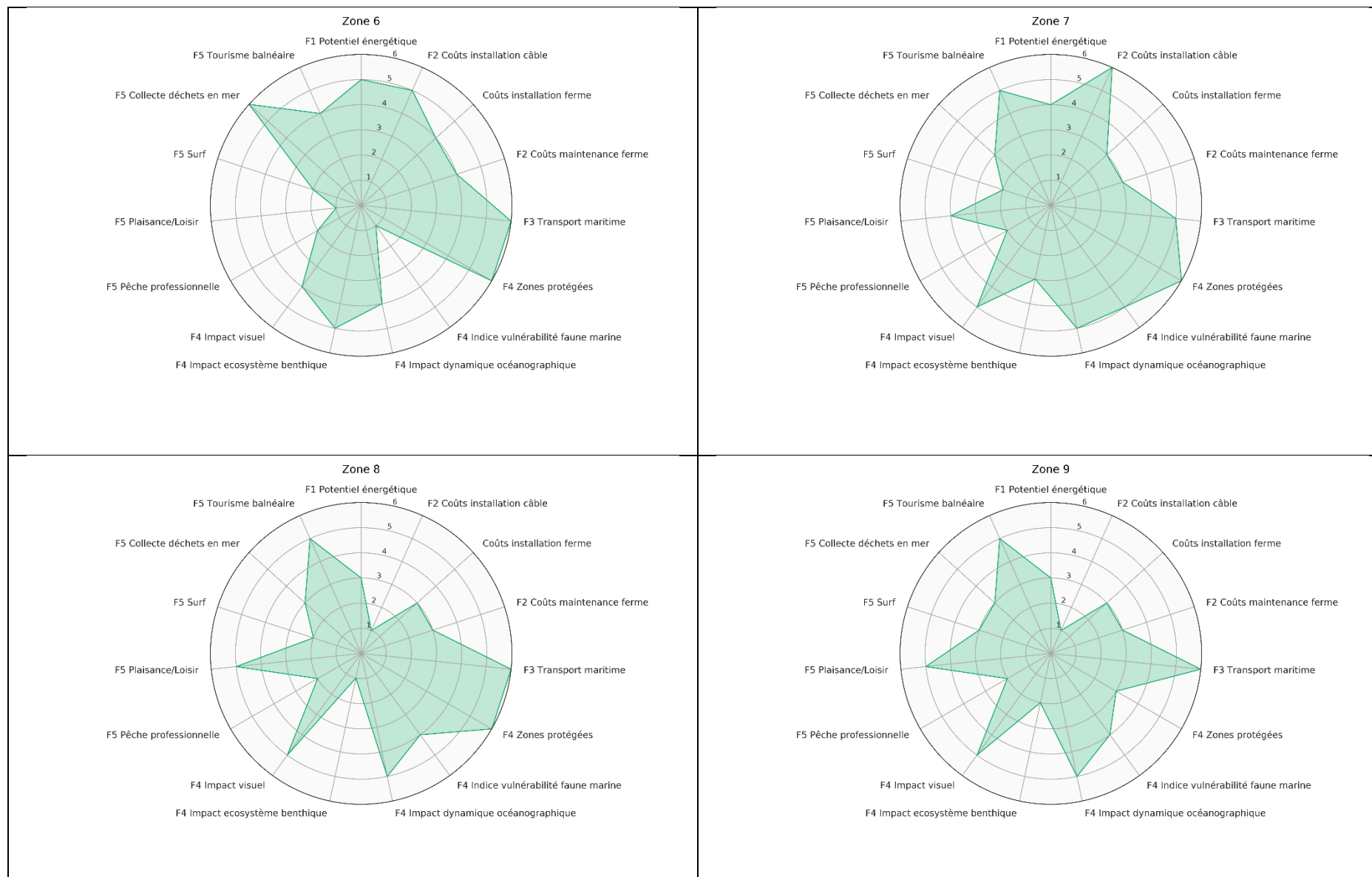
3.2.8 Phase B, étape B.3 : Qualification

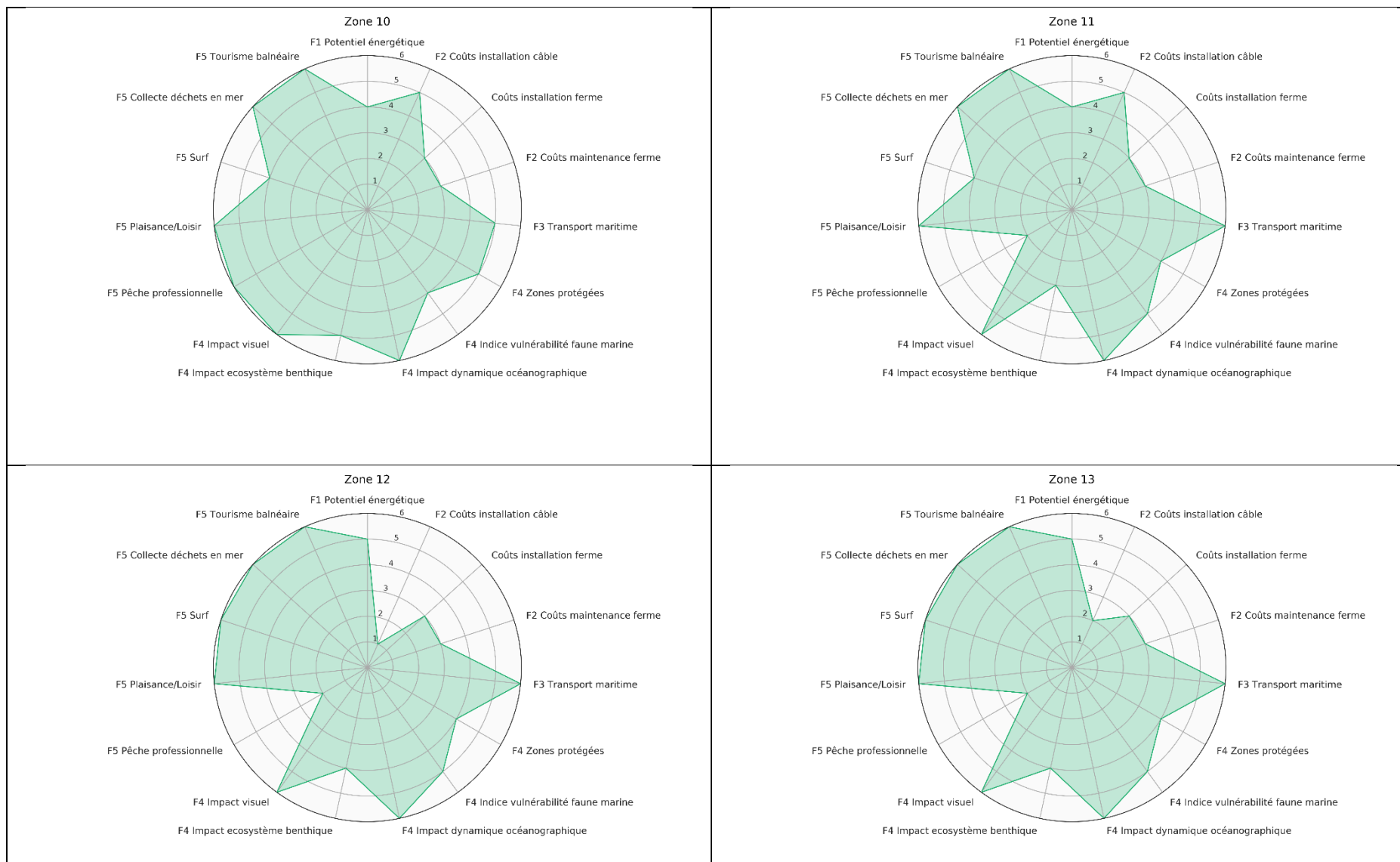
Les informations contenues dans le Tableau 24 peuvent être traduites de manière visuelle en utilisant des profils de contraintes. Ainsi pour chaque zone, les notes attribuées par le consortium sont représentées sous la forme de *radar plot*, appelés ici « profils des contraintes ». Ces représentations permettent de mettre en valeur graphiquement les points forts et les points faibles de chaque zone. Le système de notation est présenté dans le Tableau 8. Pour un facteur donné, plus la surface colorée sur le radar plot s'étend vers l'extérieur du cercle extérieur, plus la zone est favorable vis-à-vis de ce facteur. La zone parfaite vis-à-vis de tous les facteurs correspondrait donc à un radar plot entièrement rempli en vert.

Ces représentations permettent également de comparer facilement deux zones entre elles. Effectivement deux zones peuvent avoir des notes globales proches, mais des points forts différents. Le but de cette analyse est de sélectionner la zone qui correspond au mieux aux attentes de la Maîtrise d'Ouvrage. Les différents profils de contraintes des 14 zones sont visibles sur la Figure 32 .









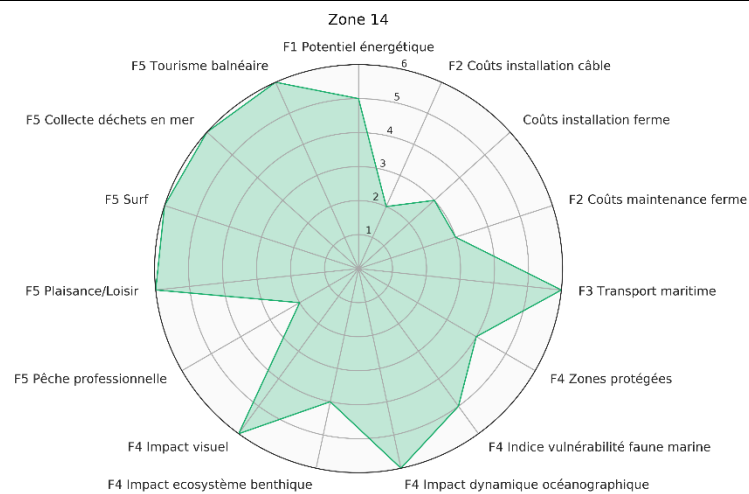


Figure 32 : Profils des contraintes pour des zones 1 à 14

Ces profils de contraintes permettent d'aller plus loin que la simple hiérarchisation des zones, basée sur les notes attribuées par le consortium. Avec cette représentation, il est possible de comparer les meilleures zones entre elle en comprenant quels facteurs peuvent être faiblement ou fortement impactant pour chaque zone.

3.2.9 Phase C, étape C.1 : Sélection de la zone

Les notes et appréciations associées des 14 zones possibles, fournies en Tableau 24, et les profils de contraintes fournis en Figure 32, synthétisent l'analyse produite par notre consortium pour accompagner la sélection de la zone optimale par la Maîtrise d'Ouvrage. Pour soutenir encore la prise de décision, 2 outils interactifs ont été mis au point sur la base de l'analyse produite dans ce rapport. Ces outils sont transmis à la Maîtrise d'Ouvrage parmi les livrables de l'Action 1.1.2. Il s'agit :

- D'un tableau interactif, où l'utilisateur peut modifier à sa guise les poids α_i des familles et les poids β_{ij} des facteurs. Un classement des zones est alors recalculé automatiquement grâce aux moyennes nouvellement pondérées, calculées pour chaque zone.
- D'un radar plot interactif, permettant à l'utilisateur de comparer les profils de contraintes des différentes zones, en sélectionnant la ou les zones de son choix.

En s'appuyant sur ces éléments, la sélection de la zone sera réalisée par l'intermédiaire d'un vote des élus en charge du PI, prévu durant le deuxième COPIL du projet.

3.3 Conclusions

Pour sélectionner une zone de 2 km² pertinente vis-à-vis des différentes contraintes de la zone d'étude, une méthodologie spécifique a été construite. Cette méthodologie est itérative et collaborative. Ainsi, tout au long de la démarche, le consortium et la Maîtrise d'Ouvrage ont travaillé ensemble pour affiner les hypothèses et les données, et permettre à l'analyse de refléter au mieux le projet de territoire tel qu'envisagé par l'administration publique.

La méthodologie mise en œuvre a été articulée en 3 grandes phases :

- Dans une première phase, l'ensemble des contraintes et opportunités de la zone d'étude ont été listées et regroupées au sein de familles ; puis des rasters IMC facteurs, des scénarios et des rasters IMC globaux ont été créés dans le but de présélectionner des secteurs géographiques favorables à l'implantation d'une ferme houlomotrice. **Deux secteurs favorables ont été obtenus et représentés en Figure 13.**
- Dans une deuxième phase, une analyse approfondie des zones présélectionnées au sein des secteurs favorables a été réalisée, dans le but de classer les zones les unes par rapport aux autres selon différentes thématiques. **L'ensemble des notations ainsi établies pour les 15 zones présélectionnées est fourni par le Tableau 24.**
- Enfin dans une troisième étape, une analyse complémentaire a abouti à l'établissement des profils de contraintes de chacune des zones. Ces profils permettent de visualiser graphiquement les points forts et faibles relatifs à chacune des zones. **Les profils de contraintes des 15 zones ciblées sont donnés en Figure 32.**

Ainsi, à l'issue de ce travail, l'ensemble des éléments d'aide à la décision est fourni à la Maîtrise d'Ouvrage pour permettre à cette dernière de sélectionner la zone de 2 km² correspondant le mieux au compromis recherché entre les facteurs. Cette sélection sera réalisée par l'intermédiaire d'un vote des élus en charge du PI lors du deuxième COPIL du projet.

Ce rapport conclut le travail du consortium dans l'Action 1.1.1 et l'Action 1.1.2 du PI. La base de données SIG et les outils interactifs associés sont également livrés à la Maîtrise d'Ouvrage. La sélection de la zone à caractériser permettra de poursuivre les réalisations du PI à travers l'étape suivante, à savoir le Volet Développement.

4 Annexes

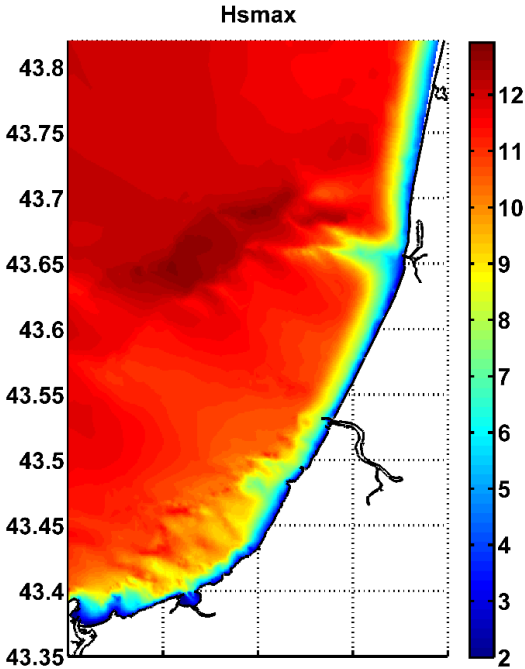
4.1 Annexe : Création des IMC facteurs

De manière générale, un IMC global recoupe des usages particuliers. Il apparaît que :

- Les informations incluses dans l'IMC peuvent être **incomplètes** (ex: pêche) ;
- L'IMC prend peu en compte la notion de « **voisinage** » ;
- La notion de nuisance vis-à-vis des usages est **subjective**.

Pour ces différentes raisons, la notion de contraintes vis-à-vis des usagers doit être discutée directement avec les représentants des usagers.

Tableau 25 : Présentation des méthodologies utilisées pour aboutir à la création des différents rasters

Famille 1 = Caractérisation physique de la ressource Raster 1.1 = Potentiel énergétique	
Méthodologie : Un des résultats du projet WAKE est la création d'une simulation rétrospective de vagues à haute résolution centrée sur le Sud Aquitain, (Delpy, 2015). Il en résulte une base de données couvrant une fenêtre temporelle de 10 ans. Entre 2000 et 2010 et toutes les 3h, le modèle utilisé fournit divers paramètres caractéristiques des vagues à très haute résolution. La Figure 33 montre les hauteurs des vagues moyennées sur la durée totale de la simulation.	
	
Figure 33 : Hauteurs significatives moyennes des vagues entre 2000 et 2010, issue du projet WAKE	
Afin d'estimer le potentiel énergétique, les résultats de cette base de données sont utilisés comme données d'entrée. Ensuite, la méthodologie proposée par (Babarit, et al., 2012) a été suivie, tel que décrit ci-après.	
Dans ce papier, les différentes machines EMR (Energie Marine Renouvelable) sont classées en 8 familles. Pour chaque famille, une machine-type, représentative de la famille, est définie. Pour chaque machine-type, un modèle hydrodynamique permet de calculer la matrice de puissance. Cette matrice de puissance permet d'estimer l'énergie produite par la machine, pour un couple caractéristique d'un état de mer donné (hauteur significative, période de pic). La Figure 34 est un exemple de la matrice de puissance obtenue par l'auteur pour la famille « <i>Small bottom-referenced heaving buoy</i> ».	

Power matrix

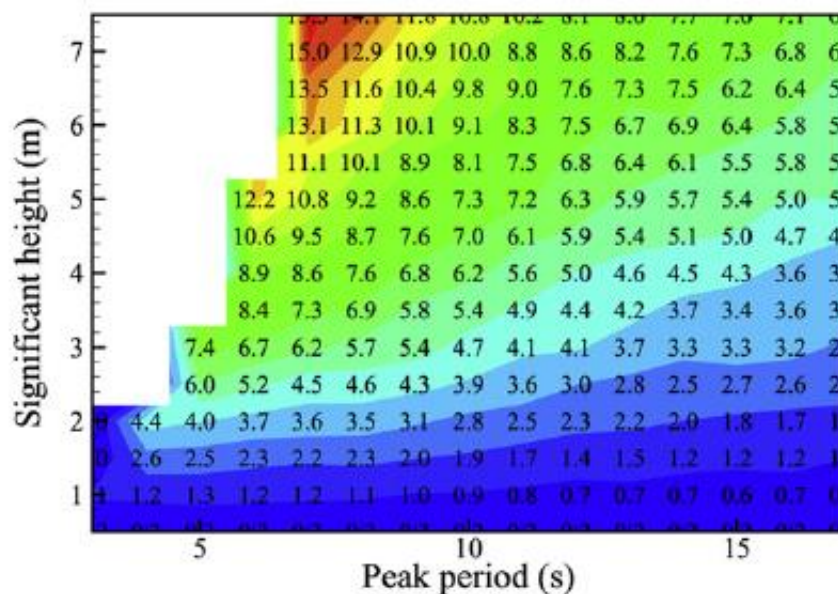


Figure 34 : Matrice de puissance pour la famille de machine « Small bottom-referenced heaving buoy ». Extraît de Babarit et al 2012.

Toutes les 3h, et sur la totalité de la durée de la base de données WAKE, les hauteurs et périodes de vagues modélisées permettent ainsi de calculer l'énergie récupérée par les 8 machines-type au niveau des différentes mailles du modèle. Finalement, la moyenne pour chaque machine-type est calculée afin d'estimer l'énergie moyenne sur la durée de l'hindcast, récupérable par chaque machine-type.

Ensuite, pour pouvoir comparer les machines entre elles, les valeurs obtenues sont normalisées par la masse caractéristique de la machine. La masse caractéristique étant définie par les auteurs comme la masse immergée de la machine plus la masse caractéristique du système d'ancrage. La Figure 35 montre les valeurs obtenues pour la machine-type de la famille « Small bottom-referenced heaving buoy », dans la gamme de profondeur (25 m-100 m) où elle peut s'implanter.

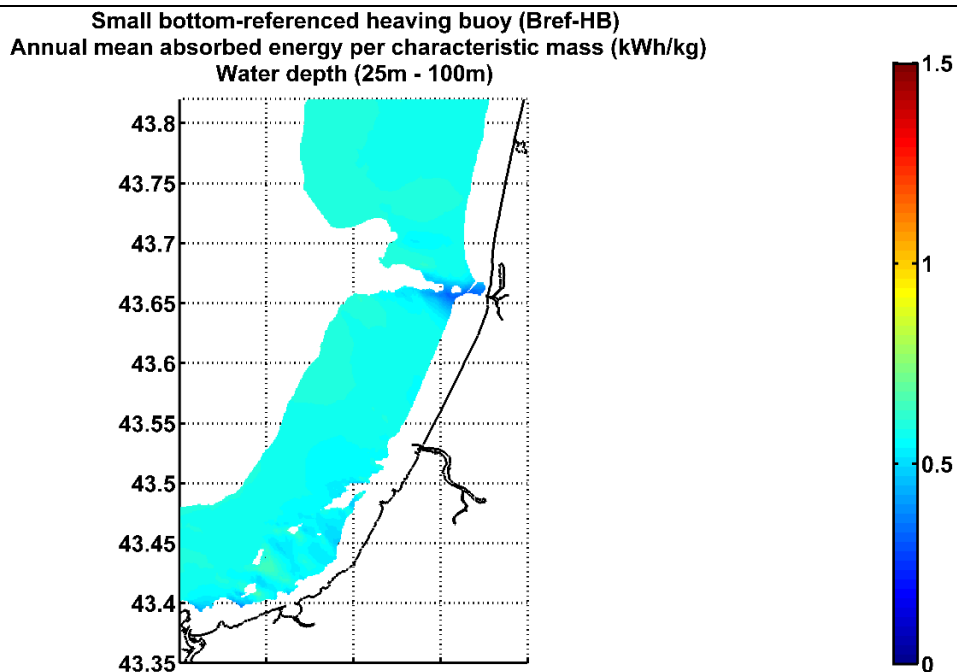


Figure 35 : Energie moyenne récupérée (et normalisée par sa masse caractéristique) d'une machine EMR type de la famille « Small bottom-referenced heaving buoy » défini par (Babarit, et al., 2012). Les données de vagues utilisées pour les calculs sont issues du projet WAKE (hindcast haute résolution sur dix années 2000-2010), et la matrice de puissance et les caractéristiques de la machine sont celles définies par (Babarit, et al., 2012).

Finalement, le raster « Potentiel énergétique » est obtenu à la suite d'une dernière étape, dans laquelle la valeur retenue est le maximum de toutes les valeurs obtenues pour les 8 machines-type, sur chaque maille du domaine de calcul. Le résultat est présenté en Figure 36, où les valeurs obtenues ont été normalisées et regroupées en classes significatives de contraintes (Faible, Modéré, Elevé, Très Elevé).

Raster associé :

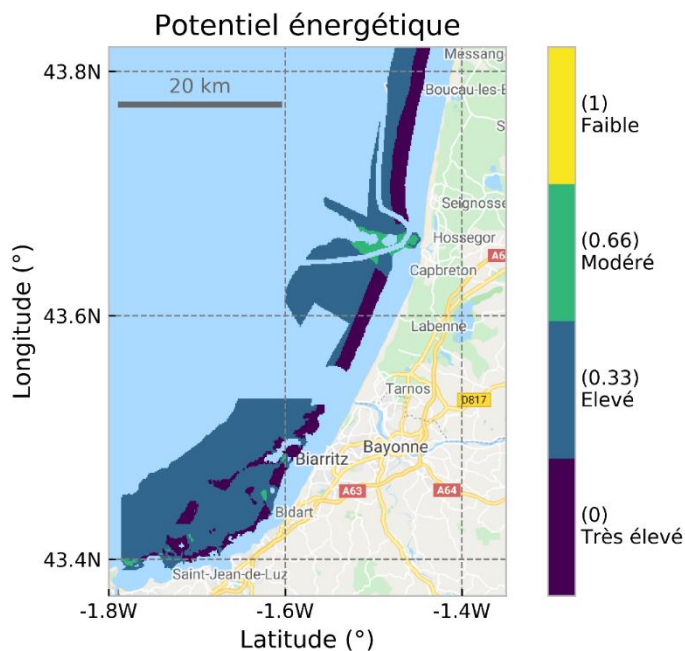


Figure 36 : Raster "Potentiel énergétique"

Couches SIG utilisées :

- « Potentiel énergétique »

Famille2 = Contraintes techniques et économiques**Raster 2.1 = Coûts d'installation du câble****Méthodologie :**

Le raster « coûts d'installation du câble » est basé sur l'analyse présentée ci-dessous.

Le coût du câblage composera une forte proportion du prix total du projet de la ferme houlomotrice. La pose du câble et l'endroit où il sera raccordé au réseau sont des points cruciaux dans le prix final.

Pose du câble

Le coût de la pose d'un câble en mer est donné à titre indicatif à 3 M€ par kilomètre avec ensouillage sur des fonds sableux et graveleux ; l'ajout de protection complémentaire et de moyens de fixation du câble sur les fonds rocheux peut doubler le prix. Dans la zone d'étude, au nord de l'embouchure de l'Adour, les fonds sont constitués de sable tandis qu'au Sud, les fonds sont constitués de roches ou de faibles épaisseurs de sables. Le coût de la pose d'un câble à terre est réduit par l'absence de protection (armure) mais inclut les coûts de terrassement : elle est fixée à titre indicatif à 1 M€ par kilomètre. Les fuseaux terrestres/atterrages et marins ont donc été considérés de manière distincte, avec une caractérisation résumée dans deux tableaux.

Les cartes avec le positionnement esquissé des fuseaux de raccordement de la zone houlomotrice au poste électrique de distribution ENEDIS potentiel (projets < 12 MW) ont été complétées :

- Les zones de référence pour les houlomotrices **en mer** sont les 5 zones déterminées en 2016.
- Les **zones d'atterrage**, point de jonction du fuseau marin et du fuseau terrestre, ont été déterminées comme la plus proche du poste électrique existant ou la jetée du port de Bayonne (hypothèse de 2016).
- Les **postes électriques** retenus appartiennent au réseau de distribution d'ENEDIS. Les postes RTE Saint-Jean-de-Luz et Mousserolles (Bayonne) ont été écartés car ne recevant les projets d'énergie renouvelables <15 MW. La localisation et les caractérisations des postes sont issues du site <https://www.capareseau.fr/>.

Pour hiérarchiser les différentes zones et leur raccordement au poste le plus proche, ainsi que les variantes pour une même zone, les critères choisis sont :

- **Techniques :**
 - o Longueur approximative du tracé : le câble marin, isolé et armé, est plus cher qu'un câble terrestre sans armature) ;
 - o Design du tracé : les sinuosités sur le tracé augmentent la longueur de câble et le coût de pose ;
 - o Nature des fonds pour les possibilités d'ensouillage des câbles : les techniques d'ensouillage dans les sables sont classiques (charrue, jetting) tandis que les techniques de pose sur (coquilles de fonte, matelas béton, enrochements...) ou dans la roche (forage dirigé, tranchée) sont plus lourdes et plus coûteuses ;
- **Environnementaux** : Espaces protégés le long du fuseau marin, à l'atterrage et le long du fuseau terrestre (Natura 2000, Znieff 1 et 2, sites inscrits ou classés, opération grand site et réserve naturelle) ;
=>le but est d'éviter de traverser ces espaces protégés et plutôt de les contourner (en rallongeant la longueur du tracé) ou de les traverser sur une moindre longueur ;
- **Sociétaux** : Activités humaines
 - o sur le plan d'eau (portuaires, pêche, militaire) : éviter les zones restrictives de navigation, éviter les zones de chalutage ou dragage, éviter les zones de clapage ou d'extraction de granulats...
 - o au niveau de l'atterrage : éviter les zones résidentielles ; préférer les secteurs d'habitats temporaires (campings) et les coupures vertes accessibles (route et parking pour construire la chambre d'atterrage) ;
 - o sur le tracé terrestre : suivre préférentiellement les routes ou emprunter les ponts.

Pour les différents critères, une note est donnée (1, 5 et 10) : la note 10 est la moins pénalisante, la note 1 contient plus de contraintes. Tous les critères sont au même niveau. La somme des critères aboutit à une note finale pour établir le classement (le 1^{er} est celui qui a le nombre de points le plus élevé).

Pour le fuseau marin

Les critères retenus pour l'analyse multicritères sont :

- **La distance à la côte et longueur de câble** : les longueurs sont approximatives, mesurées entre la zone potentielle (zones 1 à 5) et l'atterrage potentiel déterminé par rapport au poste électrique le plus proche ; les longueurs les plus courtes sont les moins pénalisantes ;
Notation : 10 = <5 km ; 5 = entre 5 et 10 km ; 1 = >10 km
- **La forme du tracé du câble** : un tracé rectiligne facilite la pose et diminue la longueur de câble marin ;
Notation : 10 = tracé droit ; 5 = 1 coude ; 1 = 2 coudes et +

- **La nature des fonds** : détermine les possibilités d'ensouillage du câble et assure la sécurité de l'ouvrage ; les techniques sur les fonds rocheux sont plus coûteuses et donc plus pénalisantes. La base d'infos est la cartographie sédimentaire et la carte des isopaques (épaisseurs de sédiments au-dessus du substratum rocheux) ;
Notation : 10 = sables fins ; 5 = sables grossiers (risques de figures sédimentaires) ; 1 = roche ;
une nuance est introduite à 2.5 pour les sables sur la roche permettant un ensouillage sur la moitié du tracé ;
- **Les activités humaines sur le plan d'eau** : la contrainte est liée au risque de croche sur le câble (ancres des navires et chaluts/dragues), facteur aggravant voire exclusif, et à l'occupation du plan d'eau (risque de conflit) ; le but est d'éviter ces zones de fortes contraintes en les contournant ou en les traversant sur les bordures. La base d'infos provient de la cartographie des zones de pêche (par type de métiers), des activités de loisir et des zones de servitudes maritimes (zones portuaires, militaires, dépôts d'explosifs, zone de clapage...) ;
Notation : 10 = pas d'activités ; 5 = bordure des territoires de pêche ; 1 = traversée de zones de servitudes et territoire de pêche
- **Les zones naturelles** : la contrainte est liée à l'utilisation du site par les espèces protégées (notamment reproduction) et à la présence d'habitats protégés dans lesquels pourraient être ensouillés les câbles. La base d'infos est la carto des zones protégées en mer (pas axé sur l'habitat) ;
Notation : 10 = pas d'espace protégé ; 5 = bordure de zonage protégé ; 1 = traversée de zone protégée

Pour le fuseau terrestre

Le tracé du fuseau terrestre dépend de la possibilité de raccordement au réseau de distribution d'Enedis (projet <12 MW), RTE étant en charge du réseau public de transport et de la réception des projets >15 MW.

RTE est également en charge de la rédaction du Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables (S3REnR). Le S3REnR de Nouvelle Aquitaine est en cours de révision mais n'intègre pas le projet PI Houlomoteur ; dans le cadre de la transition énergétique, la part donnée aux Energies renouvelables (EnR) à terre provient essentiellement du photovoltaïque et de l'éolien terrestre ; les projets éoliens offshore sont traités à part et c'est peut-être la raison pour laquelle le projet houlomoteur n'est pas intégré. Les objectifs du précédent S3REnR (10.2 GW) ont été atteints (projets en file d'attente) et le S3REnR 2019 vise une capacité d'accueil de 13 GW (à l'horizon 2030) avec le renforcement des postes existants (ajouts de transfo) et la création de nouveaux postes et de nouvelles lignes (Landes, aucune action en pays basque prévue).

Le S3REnR inclut une réservation de capacité d'accueil sur le réseau de nouveaux projets EnR. Le raccordement se fait sur le poste électrique le plus proche et disposant d'une capacité d'accueil réservée suffisante pour raccorder la puissance demandée. Sur la région, le réseau S3REnR est **saturé**, toutes les capacités d'accueil réservées ont été atteintes.

En dehors du S3REnR, tous les postes repérés ont des capacités techniques (transformation HTB/HTA) disponibles pour l'injection sur le réseau public de distribution (tension HTB : 50 à 130 kV ; tension HTA : 1 à 50 kV ; en France : moyenne tension de 20 kV).

La puissance fournie par le parc houlomoteur n'étant pas connue actuellement, les hypothèses de travail retenues sont de vérifier d'une part quelle est la capacité réservée aux EnR restante sur chaque poste (dans le cadre du S3REnR) et d'autre part de vérifier la capacité technique de chaque poste sur lequel pourrait être raccordée chaque zone potentielle houlomotrice.

Les **postes** retenus sont (du Sud vers le Nord) :

- Errondena (Hendaye) => raccordement zone 3
- Pulutenia (Saint-Jean-de-Luz) => raccordement zone 3
- Biarritz ville => raccordement zone 2
- La Négresse (Biarritz) => raccordement zone 3
- Le Boucau (Bayonne Nord) ; Montbrun et Mouguerre (Bayonne) => raccordement zone 1 et zone 2
- Angresse (Hossegor) => raccordement zone 5
- Soustons (Vieux Boucau) => raccordement zone 4

La **zone d'atterrage** a été déterminée en fonction de la position de la zone houlomoteur en mer et du poste électrique le plus proche. Les critères de choix d'une zone d'atterrage sont de privilégier les coupures vertes, d'éviter les zones habitées et de vérifier s'il y a un accès à la mer pour les travaux d'atterrage enterrés (route avec parking pour y placer la chambre d'atterrage) mais d'éviter les zones protégées à fort enjeu environnemental. L'atterrage sur la jetée du port de Bayonne a été rajoutée en variante sur les zones les plus proches.

N.B. : la position du site d'atterrage devra être affiné.

Les critères retenus pour l'analyse multicritères sont :

- **La distance depuis la côte (atterrage) et longueur de câble terrestre** : les longueurs sont approximatives, mesurées entre l'atterrage potentiel et le poste électrique le plus proche ; les longueurs les plus courtes sont les moins pénalisantes ;
Notation : 10 = <5 km ; 5 = entre 5 et 10 km ; 1 = >10 km
- **La forme du tracé du câble** : le fuseau terrestre suit préférentiellement le réseau routier pour éviter de traverser des zones agricoles ou des zones d'habitats serré ; un tracé rectiligne diminue la longueur de câble terrestre (toutefois moins cher que le câble marin armé) ;
Notation : 10 = tracé droit ; 5 = 1 coude ; 1 = 2 coudes et +
- **Les postes électriques de raccordement** au réseau de distribution géré par Enedis. Les caractéristiques proviennent du site « capareseau » pour 3 critères retenus :
 - o **Capacité technique du poste** (capacité de transformation restant disponible pour l'injection sur le réseau public de distribution) : la note correspond au **classement par ordre décroissant de capacité** (le poste classé n°1 est celui qui dispose de la plus grande capacité : poste de Montbrun avec 108.5 MW ; le poste le moins bien classé est celui de Biarritz avec 38.5 MW) ;
 - o **Nombres de transformateurs** : ceci est caractéristique de la taille du poste et sa capacité d'évolution/agrandissement.
Notation : 1 = 1 transfo ; 5 = 2 transfos ; 10 = 3 transfos
 - o **Capacité réservée EnR restante (S3REnR)** :
Notation : 1 = 0 MG ; 5 = 0,1 à 0,2 MW ; 10 = >10 MW
- **Les activités humaines sur le plan d'eau** : la contrainte est liée au risque de croche sur le câble (ancres des navires et chaluts/dragues), facteur aggravant voire exclusif, et à l'occupation du plan d'eau (risque de conflit) ; le but est d'éviter ces zones de fortes contraintes en les contournant ou en les traversant sur les bordures. La base d'infos provient de la cartographie des zones de pêche (par type de métiers), des activités de loisir et des zones de servitudes maritimes (zones portuaires, militaires, dépôts d'explosifs, zone de clapage...) ;
Notation : 10 = pas d'activités ; 5 = bordure des territoires de pêche ; 1 = traversée de zones de servitudes et territoire de pêche
- **Les zones naturelles** : la contrainte est liée à l'utilisation du site par les espèces protégées (notamment reproduction) et à la présence d'habitats protégés dans lesquels pourraient être ensouillés les câbles. La base d'infos est la cartographie des zones protégées en mer ;
Notation : 10 = pas d'espace protégé ; 5 = bordure de zonage protégé ; 1 = traversée de zone protégée

La somme des critères donne une note « mer » et « terrestre » qui établit un classement.

En première approche (5 zones initiales) :

- Pour le **fuseau marin**, ce sont les zones face à Bayonne (zone 1) et la zone face à Seignosse (zone 5) qui obtiennent le meilleur score : distance à la côte et possibilité d'ensouillage. L'atterrage sur la jetée n'a pas beaucoup d'effet sur le score ; la zone 3 (côte basque rocheuse), avec ses 3 variantes, arrive en dernière position en raison de la longueur du tracé pour contourner les zones à enjeu (pêche et Natura 2000) et la présence de roche qui complique la tenue des câbles.
- Pour le **fuseau terrestre**, ce sont les zones face à Bayonne qui obtiennent les meilleurs scores en raison de la capacité des postes électriques et de la distance / facilité de tracé terrestre ; la zone 3 (côte basque rocheuse) arrive en dernière position en raison de la nature de la côte, de l'occupation des lieux (habitat) et des enjeux environnementaux à la côte.

Ainsi, en prenant en compte la capacité d'accueil des postes de la zone d'étude, les zones urbaines et sensibles traversées par le câble à terre et les zones rocheuses traversées par le câble en mer, les **raccordements aux postes de Tarnos et de Bayonne** apparaissent comme les moins contraignants.

La deuxième analyse réalisée sur les 14 sous-zones :

- Confirme la difficulté de raccordement des zones Sud au littoral rocheux basque à laquelle se rajoute une longueur de câble supplémentaire pour contourner les zones protégées ;
- Montre l'intérêt de se raccorder à la jetée pour rejoindre le réseau de distribution de Bayonne ou Tarnos (zone industrialo-portuaire) ;
- Souligne l'importance de la nature des fonds dans les critères techniques (ensouillabilité).

Synthèse :

Le poste de raccordement à privilégier est à Bayonne ou à Tarnos, sur la jetée ou directement au nord de Bayonne. Les fonds les plus adaptés se situent à plus de 30 m de profondeur (pour s'affranchir des mouvements sédimentaires) et sur les fonds sableux.

C'est la distance à la digue (longueur de câble supplémentaire) et la traversée des zones de servitudes (profondeur d'ensouillage plus grande ou protection supplémentaire) qui augmente le prix de la pose du câble de raccordement.

Le raster final obtenu est présenté Figure 37.

Raster associé :

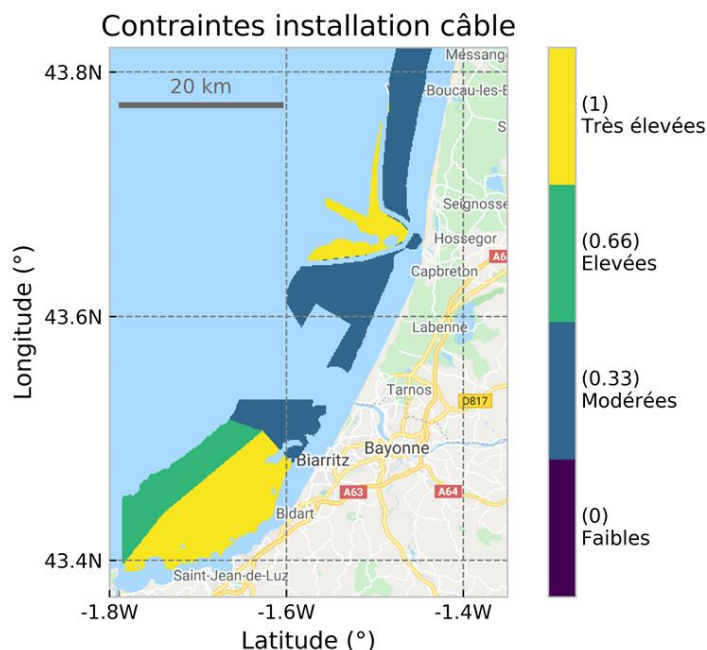


Figure 37 : Raster "Contraintes d'installation du câble"

Couches SIG utilisées :

- « Contraintes câble »

Famille2 = Contraintes techniques et économiques

Raster 2.2 = Coûts d'installation de la ferme

Méthodologie :

Pour créer le raster « Coûts d'installation de la ferme », plusieurs critères ont été retenus :

- Les zones rocheuses sont considérées comme des zones de contraintes très élevées.
- Comme bien identifié lors de l'étude bibliographique de l'Action 1.1.0 et à travers (Abadie, et al., 2004) (Borja, 2004), les zones de profondeur inférieures à 30 m sont des zones où le transport sédimentaire et les courants peuvent être importants. Ces zones sont donc considérées comme des zones de contraintes élevées.
- Les zones de profondeur supérieure à 40 m sont des zones contraignantes pour effectuer des plongées avec des plongeurs. Pour l'installation de la ferme, ces zones sont donc considérées comme des zones de contraintes élevées.

Raster associé :

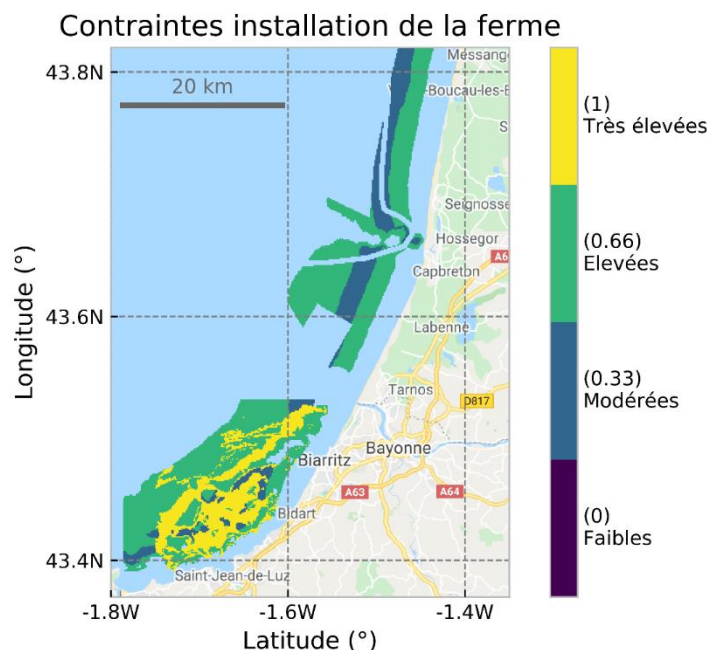


Figure 38 : Raster "Contraintes d'installation de la ferme"

Couches SIG utilisées :

- « ISOpaques.shp »
- Bathymétrie

Famille2 = Contraintes techniques et économiques
Raster 2.3 = Coûts de maintenance de la ferme

Méthodologie :

Les critères utilisés pour créer le raster « Coûts de maintenance la ferme » sont présentés ci-dessous.

Déferlement des vagues extrêmes

Période de retour Hs

Le climat de houle dans la zone d'étude est décrit dans (Abadie, et al., 2005). La ferme doit être capable de supporter les efforts engendrés par une tempête extrême. Les valeurs de designs seront définies sur la base des hauteurs significatives des vagues de retour de période (RP) dix ans, cinquante ans et cent ans.

Dans la bibliographie et à la connaissance du consortium, aucune étude portant sur l'analyse des mesures extrêmes des bouées houlographiques de la zone d'étude ne définit ces valeurs. Une seule étude basée sur l'analyse de vagues modélisées, estime ces valeurs pour différents endroits de la côte atlantique, il s'agit de (Lerma, et al., 2014).

L'auteur de cette étude estime ces valeurs de hauteurs significatives pour le littoral landais comme :

- Retour période dix ans : Hs~8m
- Retour période cinquante ans : Hs~10m
- Retour période cent ans : Hs~12m

Dans la littérature comme par exemple à travers (Molin, 2002), il est courant de relier la hauteur significative à la hauteur maximale par :

$$H_{max} \sim 2 * H_s$$

En se basant sur cette formule, en première approximation les hauteurs significatives et maximales pour la zone d'étude sont estimées dans le Tableau 26.

Tableau 26 : Estimation des hauteurs significatives et des hauteurs maximales des vagues de retour de période 10 ans, 50 ans et 100 ans

	Hs	Hmax
RP 10 ans	~ 8 m	~ 16 m
RP 50 ans	~ 10 m	~ 20 m
RP 100 ans	~ 12 m	~ 24 m

Zone de déferlement

Dans la littérature et à la connaissance du consortium, aucune étude n'a été trouvée adressant la thématique des vagues extrêmes dans la zone d'étude. La profondeur de déferlement des vagues est un sujet complexe, et site spécifique. Il apparaît ici difficile d'estimer précisément les profondeurs de déferlement pour les hauteurs de vagues du tableau précédent.

A titre d'exemple, la Figure 39 permet d'avoir une première idée de la profondeur de déferlement avec des vagues Hs de 8 m. Cette photo a été prise le 27/12/2017 depuis la digue de Tarnos, située à la sortie de l'embouchure de l'Adour.



Figure 39 : Photographie de l'embouchure de l'Adour depuis la digue de Tarnos, lors de la tempête du 27/12/2017. Crédit photo : Sud-Ouest.

L'analyse de la bouée houlographique située au large d'Anglet, dans une profondeur d'eau de cinquante mètres, permet d'identifier la hauteur significative des vagues ce jour-là comme Hs=8 m. En utilisant la formule $H_{max} \sim 2 \cdot H_s$, la hauteur de la vague maximale ce jour-là est estimée à $H_{max} \sim 16m$. Le coefficient de marée de 47 peut être considéré comme modéré. L'analyse de la Figure 39 met en évidence que les vagues déferlent bien avant l'extrémité de la digue. En utilisant la bathymétrie locale visible sur la Figure 40, la profondeur de déferlement peut être estimée en première approximation entre 14 m et 18 m.



Figure 40 : Bathymétrie de l'embouchure de l'Adour, issue du projet WAKE : (Delpey, 2015)

Synthèse

A ce jour et avec les données à disposition, il est difficile d'estimer précisément la profondeur de déferlement extrême.

- Il est conseillé par le consortium de prendre une marge de sécurité en installant la ferme au-delà de 30 m de profondeur.

Tensions d'ancrages

L'Action 1.1.0 et notamment (Littlejohn & Mothersille, 2008) ont permis de souligner le rôle important des vagues et des courants induits par les vagues sur les tensions d'ancrages. Schématiquement, et en se basant sur les dernières connaissances de la zone d'étude (Abadie, et al., 2004), (Abadie, et al., 2005) et (Charles, et al., 2012) les considérations suivantes ont été faites pour l'analyse :

- Les zones de profondeur inférieure à 30 m sont des zones où les contraintes de tensions d'ancrage sont les plus élevées.
- Les zones correspondant à des profondeurs entre 50 m et 30 m sont des zones de contraintes élevées.
- Les zones de profondeurs supérieures à 50 m sont des zones de contraintes modérées à faible.

La Figure 41 montre l'application de cette classification à la zone d'étude.

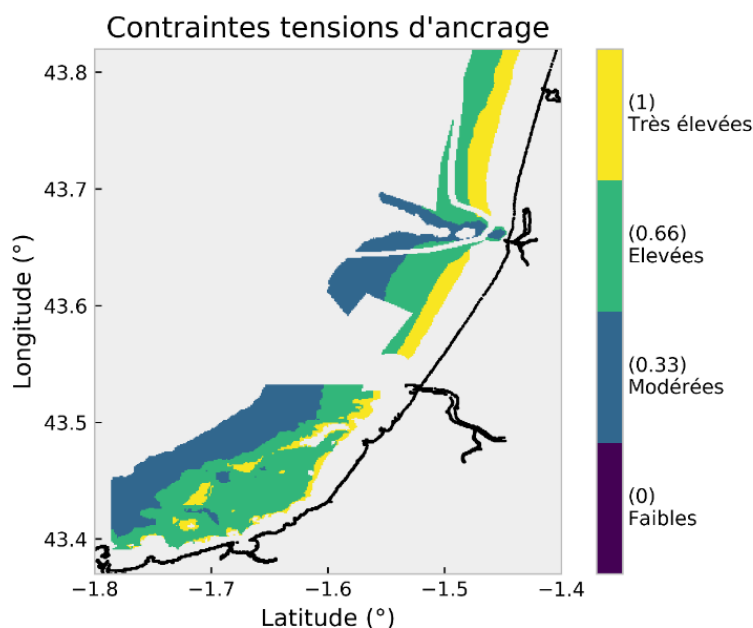


Figure 41 : Contraintes liées aux tensions d'ancrage

Transport sédimentaire

L'Action 1.1.0 a permis d'identifier différentes caractéristiques du transport sédimentaire dans la zone d'étude (Abadie, et al., 2004) et (Borja, 2004) . A partir de ces caractéristiques, les distinctions suivantes sont intégrées à l'analyse :

- Les zones de profondeur supérieures à 30 m sont des zones de faibles transport sédimentaire.
- Les zones de profondeur inférieure à 30 m et situées au Nord d'Hossegor sont des zones de transport sédimentaire très élevé.
- Les zones situées entre Tarnos et Capbreton sont des zones de transport sédimentaire élevé.
- Les zones situées au Sud d'Anglet sont des zones de transport sédimentaire modérées.

La Figure 42 montre l'application de ces critères à la zone d'étude.

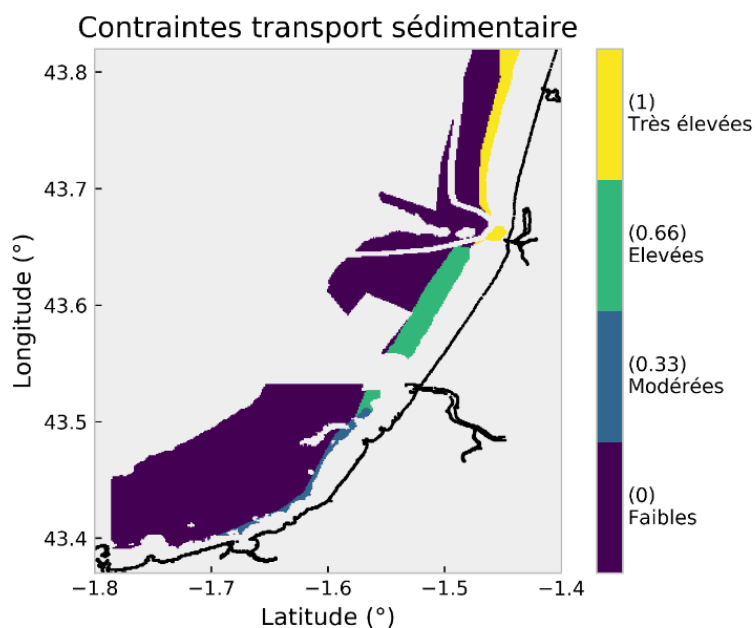


Figure 42 : Contraintes liées au transport sédimentaire

Distance au port de Bayonne

Les opérations de maintenance de la ferme seront menées avec des navires qui partiront du port de Bayonne. La distance au port de Bayonne est donc intégrée comme un critère contraignant : plus la zone est éloignée du port, plus la contrainte d'exploitation est considérée élevée.

La Figure 43 montre l'application de ce critère à la zone d'étude.

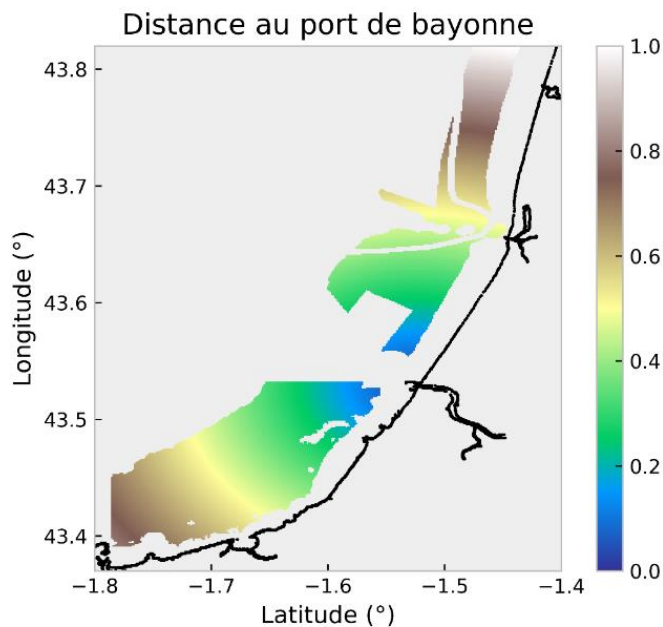


Figure 43 : Contraintes basées sur la distance au port de Bayonne

Raster final

Finalement l'IMC facteur est obtenu en faisant la moyenne pondérée des trois rasters (Figure 41, Figure 42 et Figure 43) avec les poids suivants :

- « Contraintes tensions d'ancrage » : poids = 0.6
- « Contraintes transport sédimentaire » : poids = 0.3
- « Contraintes distance au port de Bayonne » : poids = 0.1

Raster associé :

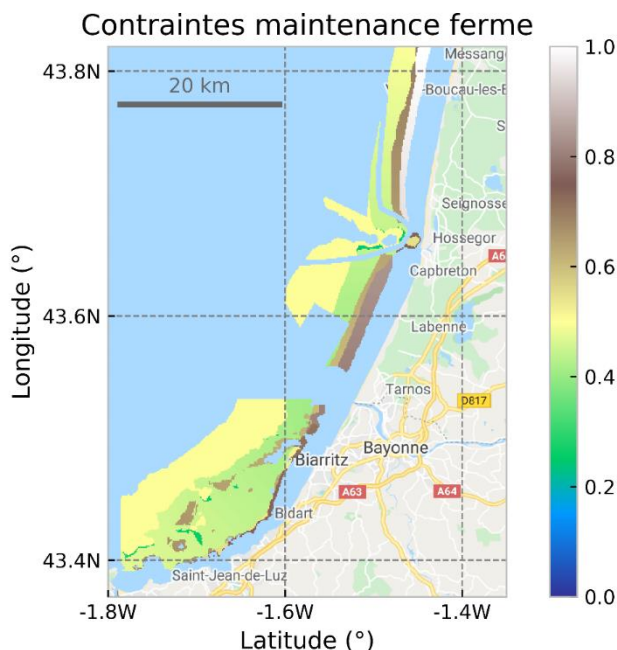


Figure 44 : Raster "Contraintes de maintenance de la ferme"

Couches SIG utilisées :

- « Isopaques »
- « Distance à la côte »
- « Transport sédimentaire »

Famille 3 = Contraintes maritimes

Raster 3.1 = Transport maritime

Méthodologie :

Les données AIS des navires sur la zone d'étude ont été récupérées pour l'année 2019. Après un traitement, ces données permettent d'obtenir une carte de chaleur des navires. En classant les valeurs de densités de navires en fonction de 4 catégories de contraintes (Faibles, Modérées, Elevées, Très élevées) le raster « Transport maritime » est créé.

Raster associé :

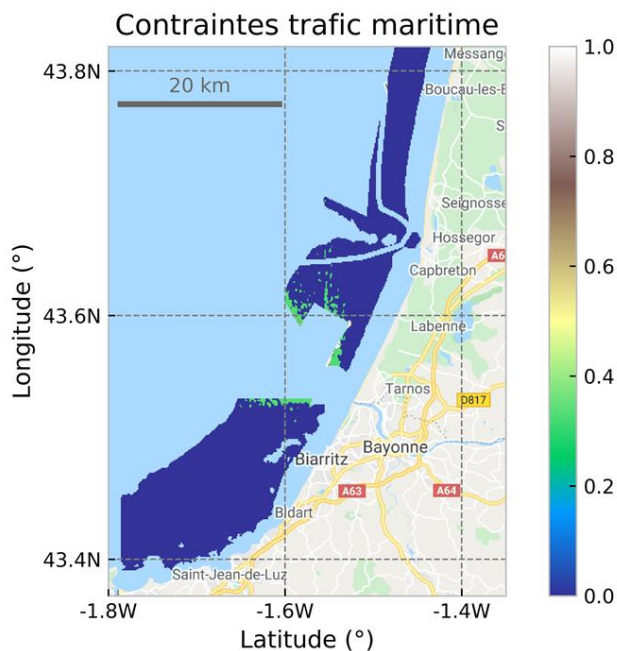


Figure 45 : Raster "Contraintes trafic maritime"

Couches SIG utilisées :

- Données AIS 2019

Famille 4 = Contraintes environnementales

Raster 4.1 = Zones protégées

Méthodologie :

Les zones protégées marines officielles du secteur d'étude sont visibles sur la Figure 46.

Il s'agit :

- Des Zones de Protection Spéciales (ZPS) : sites Natura 2000 désignés au titre de la Directive « Oiseaux » 2009/147/CE (bleu)
- Des Zones Spéciales de Conservation (ZSC) : sites Natura 2000 désignés au titre de la Directive « Habitats-Faune-Flore » 92/43/CEE (rouge)
- Du cantonnement de pêche de Guétary (vert)

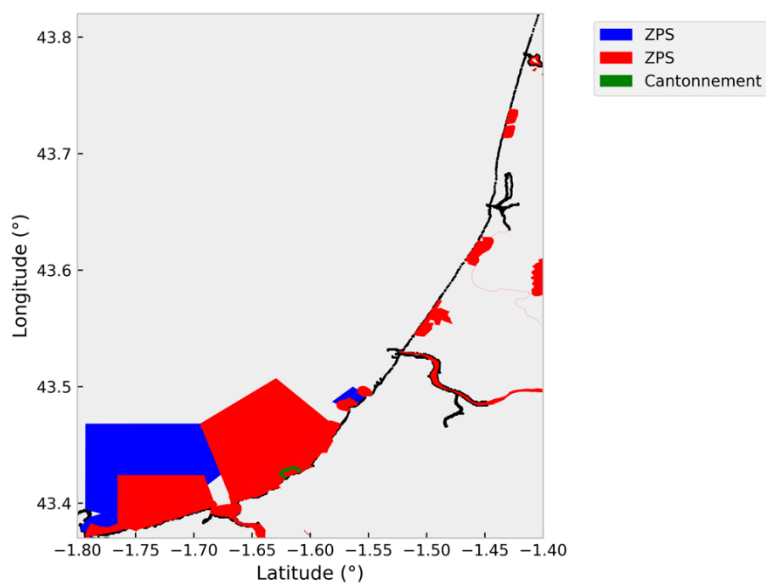


Figure 46 : Zones protégées

Raster associé :

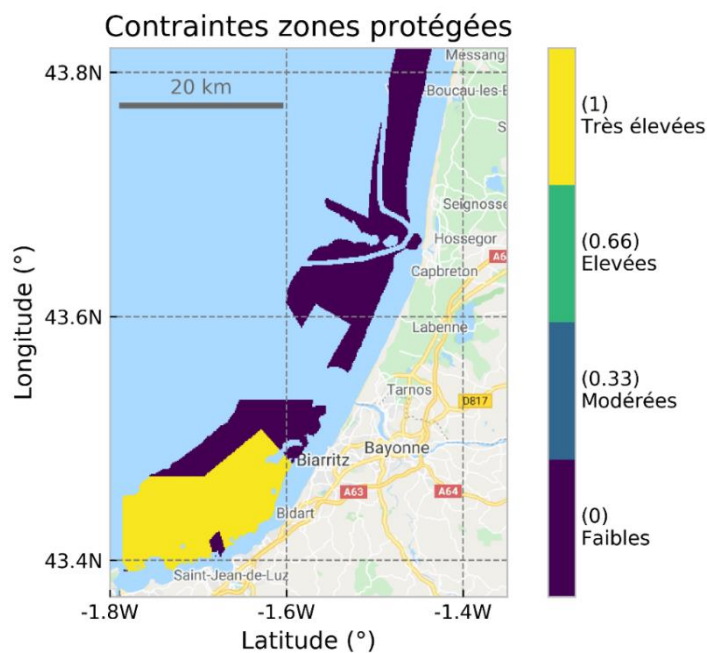


Figure 47 : Raster "Contraintes zones protégées"

Couches SIG utilisées :

- « ZPS_zone.shp »
- « SIC_zone.shp »
- « Cantonnement_WGS84.shp »

Famille 4 = Contraintes environnementales
Raster 4.2 = Indice de vulnérabilité faune marine

Méthodologie :

Les résultats de l'étude détaillée en prévision de l'implantation d'un parc houlomoteur (Castège & Milon, 2016) menée par le Centre de la Mer de Biarritz sont utilisés pour créer le raster « Indice de vulnérabilité faune marine ». Cet indice de vulnérabilité a été développé afin d'évaluer la vulnérabilité des espèces locales d'oiseaux marins et de cétacés en vue de

l'implantation d'un parc houlomoteur. Les valeurs des indices sont classées en 4 types de contraintes (Faibles, Modérées, Elevées et Très élevées). Le raster est obtenu en faisant la moyenne des indices développés pour des dispositifs houlomoteurs de fond (Figure 48) et de surface (Figure 49).

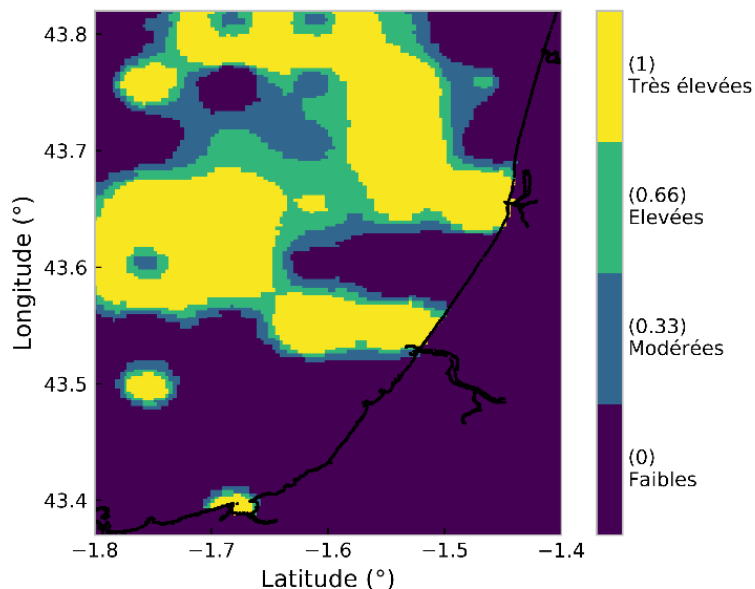


Figure 48 : Contraintes basées sur l'indice de fond

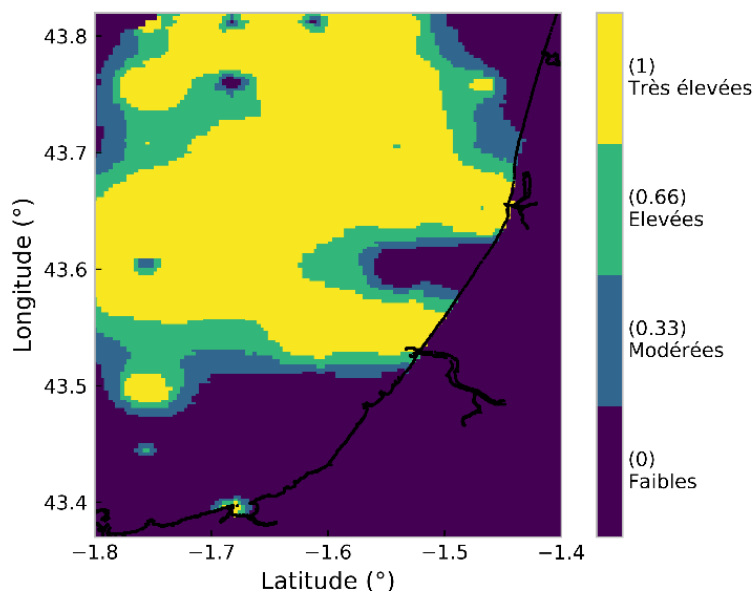


Figure 49 : Contraintes basées sur l'indice de surface

Raster associé :

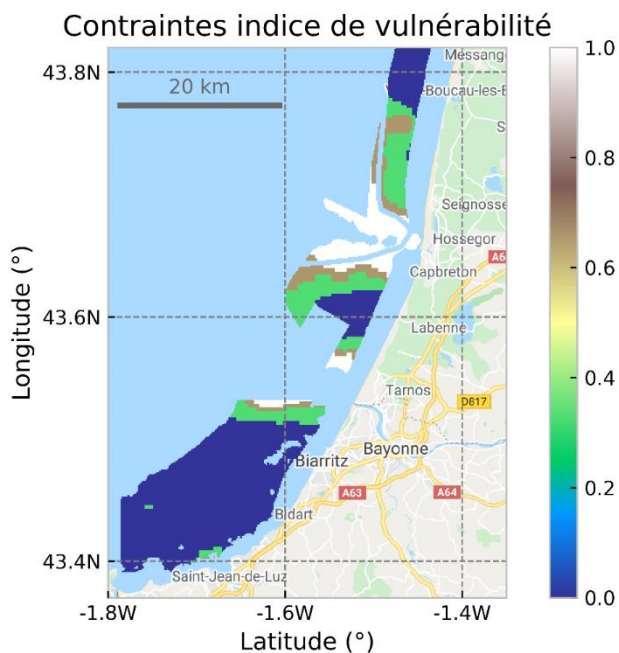


Figure 50 : Raster "Indice de vulnérabilité faune marine"

Couches SIG utilisées :

Famille 4 = Contraintes environnementales
Raster 4.3 = Impact sur dynamique océanographique physique

Méthodologie :

Pour créer le raster « Impact sur la dynamique océanographique physique », plusieurs critères ont été retenus sur la base de l'étude bibliographique de l'Action 1.1.0 et notamment de (Delpey, 2015), (Abadie, et al., 2005), (Abadie, et al., 2004), (Abadie, et al., 2014). Les zones ont été classées selon des contraintes telles que :

- Les zones de profondeur inférieure à 30 m sont des zones où les contraintes sont très élevées.
- Les zones entre 30 m et 40 m ont des contraintes élevées.
- Les zones entre 40 m et 50 m ont des contraintes modérées.
- Les zones de profondeur supérieures à 50 m ont des contraintes faibles

Raster associé :

Contraintes dynamique océanographique

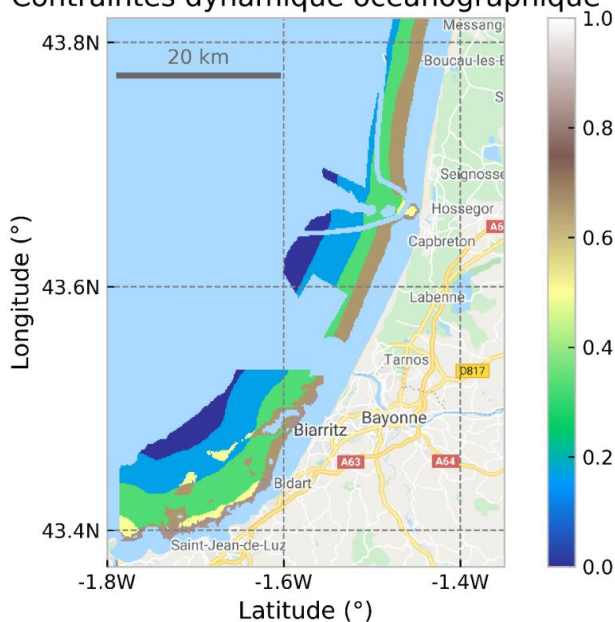


Figure 51 : Raster "Contraintes dynamiques océanographique"

Couches SIG utilisées :

- Bathymétrie

Famille 4 = Contraintes environnementales

Raster 4.4 = Impact sur écosystème benthique

Méthodologie :

Les zones rocheuses au sud du secteur, comportant une dizaine d'habitats différents, sont des zones avec un écosystème benthique très riche, et sont considérées comme des zones de contraintes élevées (De Casamajor, et al., 2009), (Créocéan, 2014) et (Agglomération Sud Pays Basque, 2015). En particulier les grottes et tombants abritent de nombreuses espèces présentant un fort intérêt patrimonial, notamment des éponges et des coraux. Les zones sableuses constituent des habitats moins diversifiés aux enjeux de conservation moins importants, même si certaines peuvent servir de nurseries pour poissons plats (Agglomération Sud Pays Basque, 2015). Dans le cadre du présent rapport, elles sont considérées comme des zones de contraintes modérées.

Raster associé :

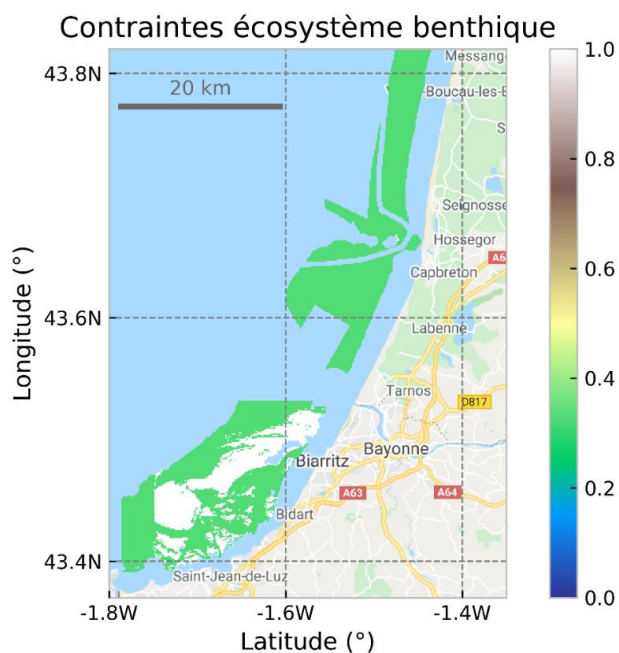


Figure 52 : Raster "Contraintes écosystème benthique"

Couches SIG utilisées :

- « ISOpaques.shp »

Famille 4 = Contraintes environnementales

Raster 4.5 = Impact visuel

Méthodologie :

Le raster « Impact visuel » est conçu en considérant la distance à la côte. Les contraintes associées diminuent avec la distance à la côte selon les critères suivants :

- A moins de 2 km, les contraintes sont très élevées.
- Entre 2 km et 5 km, les contraintes sont élevées.
- Entre 5 km et 8 km, les contraintes sont modérées.
- Au-delà de 8 km, les contraintes sont faibles.

Raster associé :

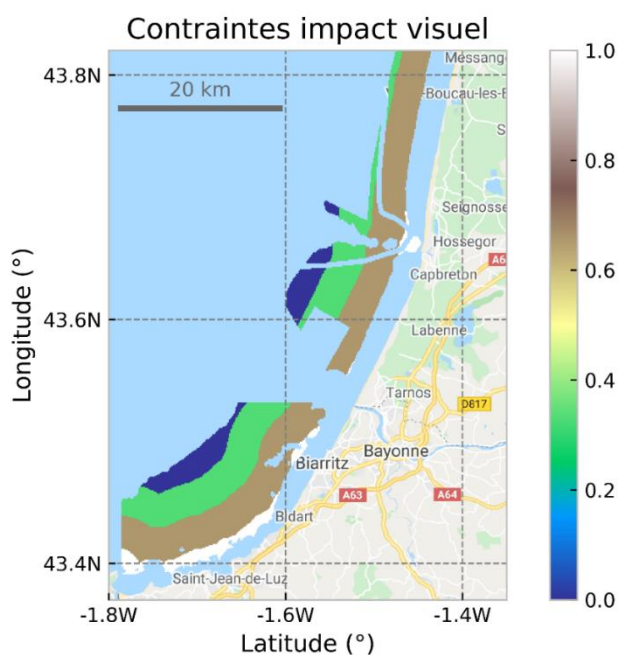


Figure 53 : Raster "Contraintes impact visuel"

Couches SIG utilisées :

- Distance à la côte

Famille 5 = Contraintes d'usages

Raster 5.1 = Pêche professionnelle

Zones de pêche

Les zones de pêche identifiées sont représentées en Figure 54. Ces zones regroupent différents types de pêche :

- Bolinche (bleu)
- Casier (rouge)
- Drague (vert)
- Filet (jaune)
- Palangre (rose)

Ces zones sont identifiées comme très contraignantes et celles en dehors comme modérément contraignantes.

Ces données sont les données les plus récentes à disposition. Elles datent de l'étude SYNTAX de 2013 : (Sanchez, 2013).

Depuis les zones ont pu évoluer. Ces données sont incomplètes et doivent être enrichies en discutant avec les représentants des pêcheurs professionnels.

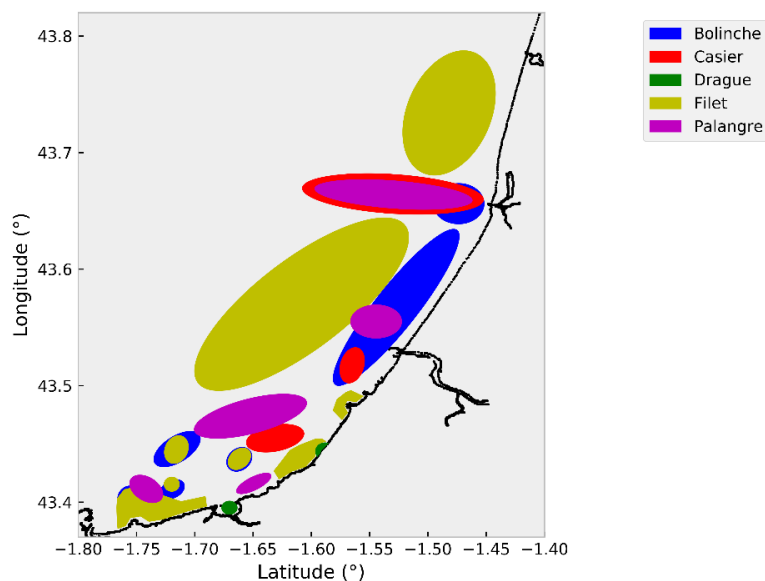


Figure 54 : Zones de pêches issues de l'étude (Sanchez, 2013)

Données AIS

Les données AIS des navires de pêche ont été traitées sur l'année 2019 et sont représentées sur la Figure 55. Elles permettent d'identifier certains spots de pêche, en fonction des densités de navires.

Toutefois, il faut noter que les petits navires de pêche, qui représentent une proportion importante de la flottille de pêche locale, ne possèdent pas d'AIS. Les données AIS offrent donc la vision d'une partie de la flotte, mais elles doivent impérativement être complétées par des informations concernant les navires de petite taille, non équipés d'AIS.

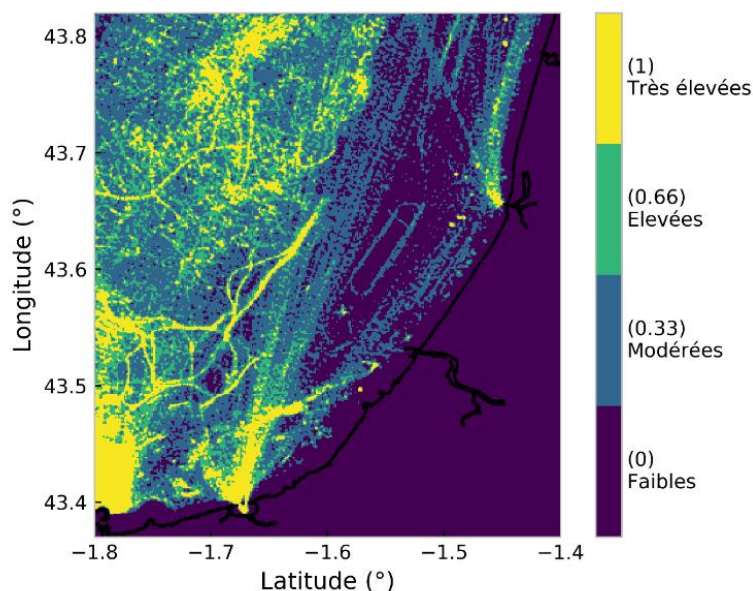


Figure 55 : Contraintes liées à la pêche, issues du traitement des données AIS des navires de pêche sur l'année 2019

Le raster final est obtenu en combinant les deux rasters (zones de pêche et données AIS) : en prenant la valeur la plus contraignante en chaque point.

Raster associé :

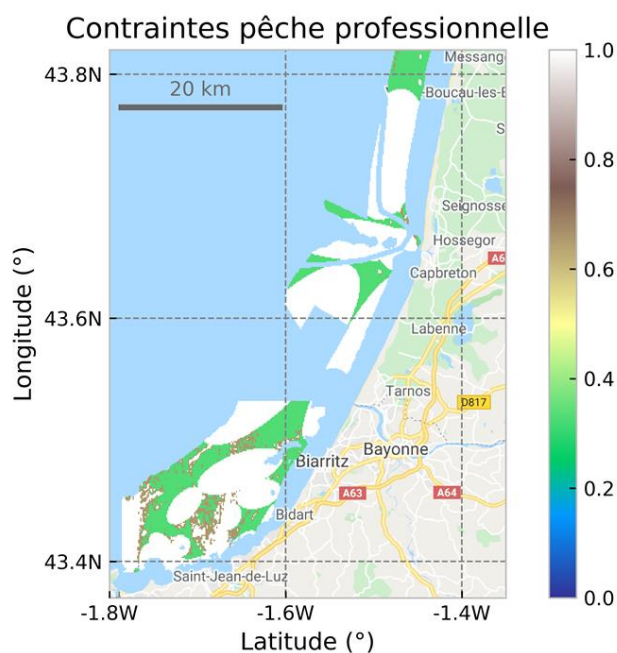


Figure 56 : Raster "Contraintes pêche professionnelle"

Couches SIG utilisées :

- « Bolinche.shp »
- « Casier.shp »
- « Drague.shp »
- « Filet.shp »
- « Palangre.shp »
- Données AIS

Famille 5 = Contraintes d'usages
Raster 5.2 = Plaisance - Loisirs (pêche loisir, plongée...)

Méthodologie :

Les données AIS des bateaux et voiliers ont été traitées sur l'année 2019. Elles permettent d'identifier les spots de fortes fréquentations. La carte de contraintes obtenue est fournie par la Figure 57.

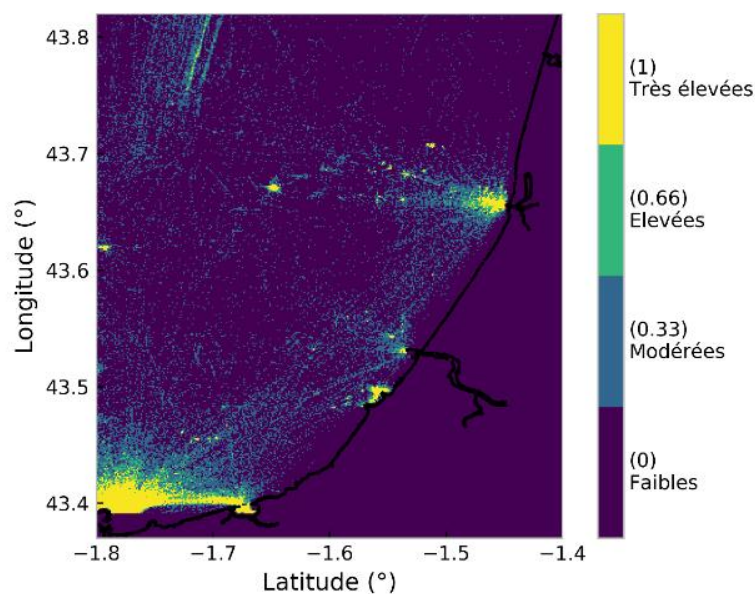


Figure 57 : Contraintes liées à la plaisance et aux loisirs, issues du traitement des données AIS des bateaux et voiliers sur l'année 2019

Les zones de plongée (Agglomération Sud Pays Basque, 2015) ont été répertoriées et sont visibles sur la Figure 58.
Source: Agglomération Sud-Pays-Basque (Cécile Duvauchelle, Grégory Le Moigno), 2015, Document d'objectif Natura 2000 Mer et Littoral - Diagnostic socio-économique.

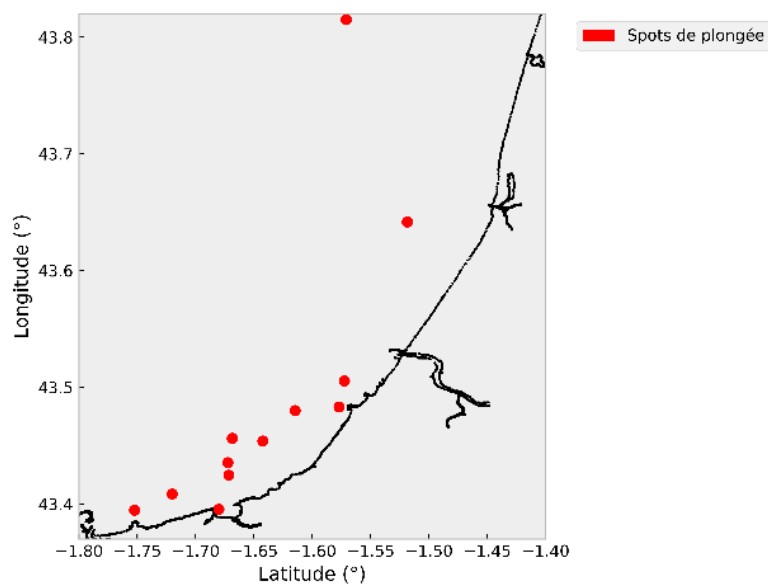
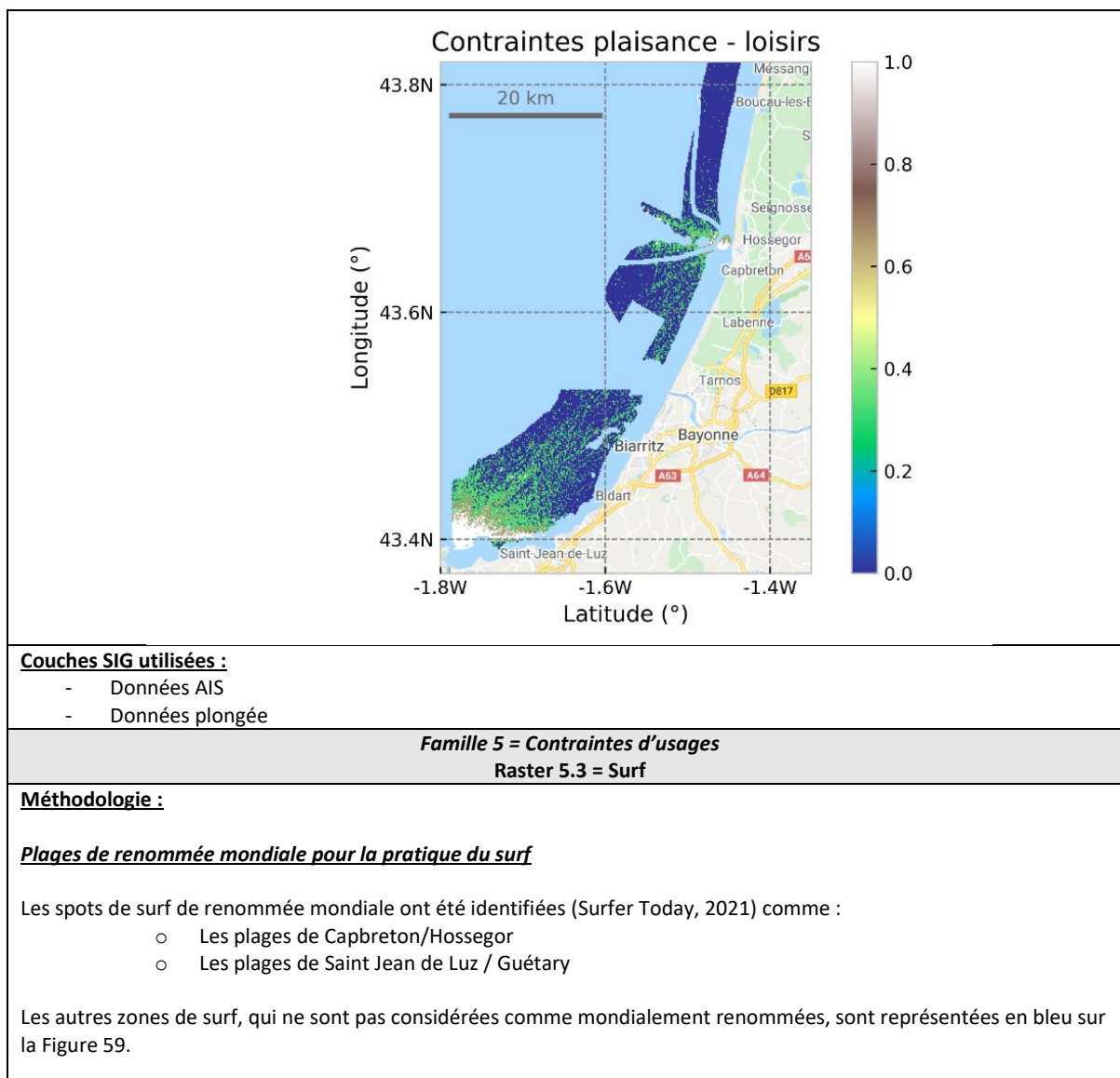


Figure 58 : Spots de plongée

Le raster final est obtenu en combinant les données AIS et les zones de plongées.

Raster associé :



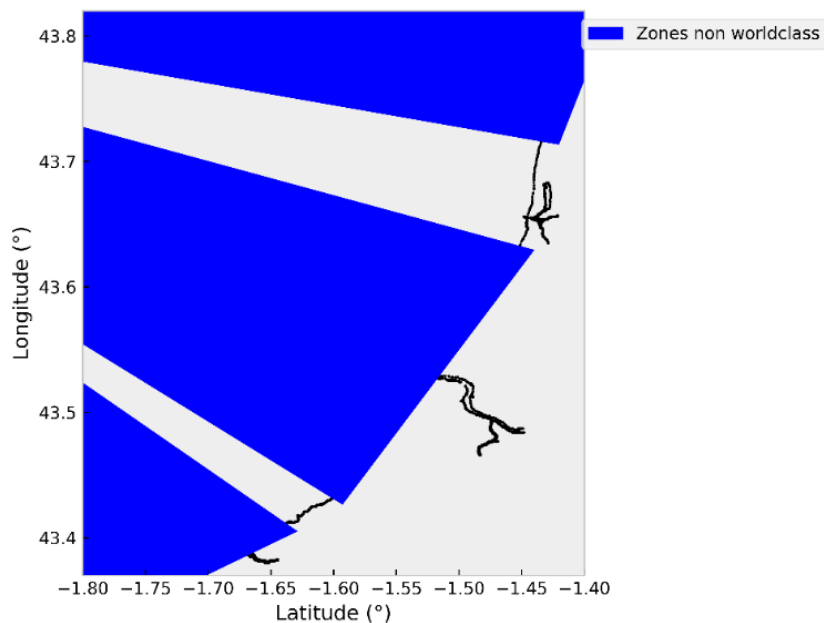


Figure 59 : Zones de surf qui ne sont pas considérées comme de classe mondiale

Zone d'ombre

La présence d'une ferme houlomotrice peut entraîner une diminution de la taille des vagues à l'arrière de la ferme (= zone d'ombre). Plus on va s'éloigner de la ferme, moins l'effet d'ombrage sera important.

La méthodologie utilisée est basée sur les travaux réalisés par AZTI pour la ferme houlomotrice BIMEP (Pinarbasi, et al., 2018).

Compte tenu des considérations ci-dessus, les éléments suivants sont pris en compte dans l'analyse :

- Une installation entre la côte et 2 km au large entraîne des contraintes très élevées
- Une installation entre 2 km et 5 km au large entraîne des contraintes élevées
- Une installation entre 5 km et 8 km au large entraîne des contraintes modérées
- Une installation au-delà de 8 km entraîne des contraintes faibles

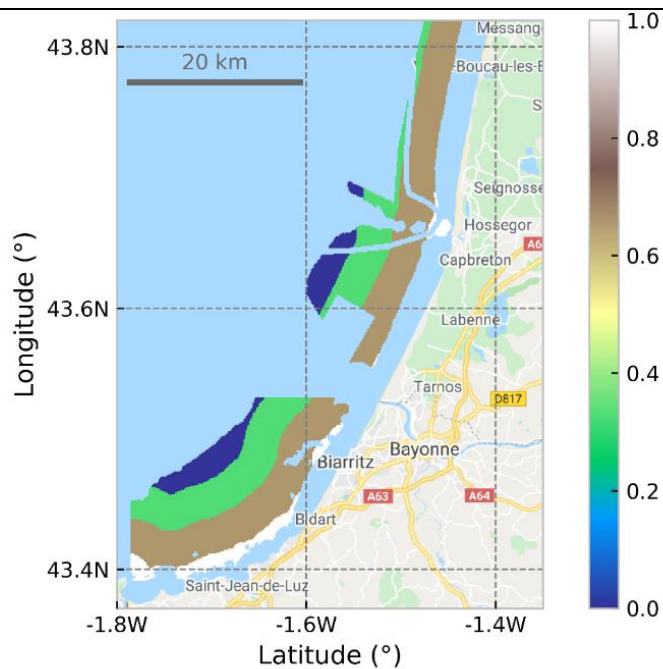
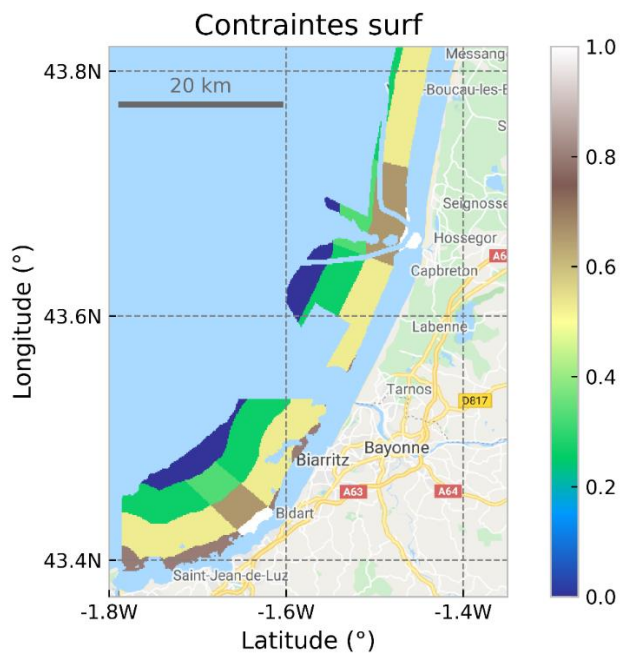


Figure 60 : Contraintes vis à vis du surf

Le raster final est obtenu en attribuant un facteur 20% plus pénalisant aux zones considérées de renommée mondiale pour la pratique du surf.

Raster associé :



Couches SIG utilisées :

- « Zones_non_worldclass.shp »
- Distance à la côte

Famille 5 = Contraintes d'usages
Raster 5.4 = Collecte des déchets en mer

Méthodologie :

Les zones de collecte de déchets dans la zone d'étude sont visibles sur la Figure 61.

Il s'agit :

- des zones de collecte du navire Kosta Garbia (en rouge),
- des zones de collecte de Rivages Pro Tech (en vert).

Le raster « Collecte des déchets en mer » est créé en considérant ces zones comme très contraignantes.

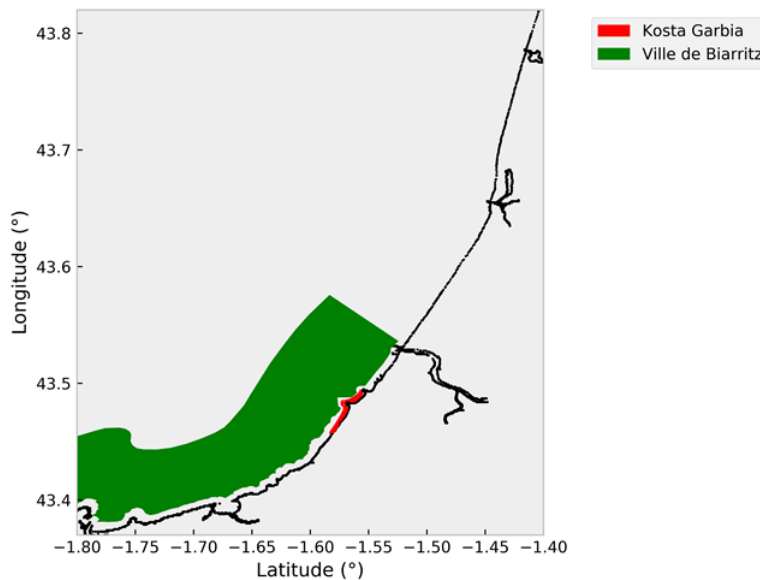
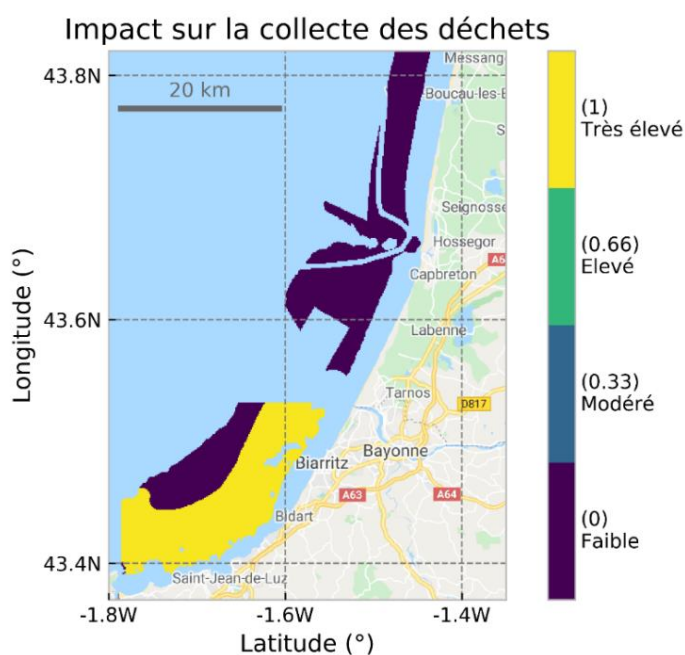


Figure 61 : Zones de collecte des déchets

Raster associé :



Couches SIG utilisées :

- « zone kosta garbia_wgs84.shp »

- « ville_de_biarritz_wgs84.shp »

Famille 5 = Contraintes d'usages
Raster 5.5 = Tourisme balnéaire

Méthodologie :

Le raster « Tourisme balnéaire » est créé en utilisant les informations de population hivernale et estivale des différentes communes côtières de la zone d'étude.

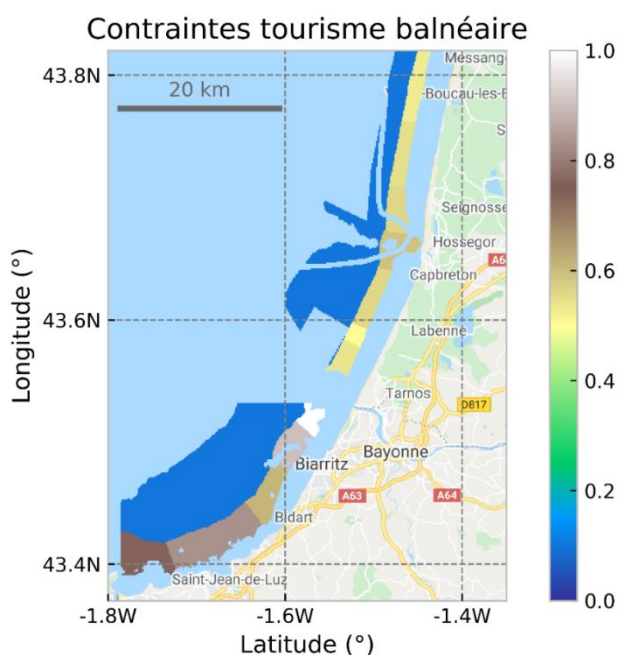
Pour chaque commune côtière un ratio $R_{norm,i}$ a été calculé et utilisé pour créer le raster.

Pour chaque ville i , on définit :

- un ratio $\alpha_{1i} = \frac{\text{population hivernale}}{\text{population estivale}}$
- un ratio $\alpha_{2i} = \text{population hivernale}$
- le ratio $R_i = 0.5 \left(\frac{\alpha_{1i}}{\max_i(\alpha_{1i})} + \frac{\alpha_{2i}}{\max_i(\alpha_{2i})} \right)$
- le ratio $R_{norm,i} = \frac{R_i}{\max_i(R_i)}$

Pour les zones à plus de 4 km du large, les contraintes sont estimées comme très faibles.

Raster associé :



Couches SIG utilisées :

- Distance à la côte

4.2 Annexe : L'exemple du SEMREV

Une analyse du site d'essai de SEM REV, porté par l'Ecole Centrale de Nantes, situé au large du Croisic (44), permet d'obtenir de nombreuses informations. Dans les Tableau 27 et Tableau 28, les caractéristiques physiques et les caractéristiques du câble sont détaillées.

Il en ressort différents résultats :

- La hauteur significative de design basé sur la période de retour de cinquante ans est $H_s = 9.6$ m.
- La profondeur de déferlement pour les valeurs de vagues extrêmes n'est pas précisée, mais il est important de noter que pour un RP de cinquante ans $H_s = 9.6$ m, le site d'essai a été installé dans des profondeurs comprises entre 32m et 36m.
- Le prix par kilomètre du câblage en mer est de 1,7 M€.

Tableau 27 : Caractéristiques physiques du site d'essai du SEM REV. Source : <https://sem-rev.ec-nantes.fr/>

Caractéristiques physiques	
Profondeur	32 m à 36 m
Fonds	Sable (0.2mm à 0.5 mm)
Marnage max	6.2 m
Courant de marée max (RP 10 ans)	0.7 m/s
Hs extrême (RP 10 ans)	8.3 m
Hs extrême (RP 50 ans)	9.6 m
Vitesse moyenne du vent	7.5 m/s (1h, 10 m)
Vitesse extrême du vent (RP 50 ans)	29 m/s (1h, 10 m)

Tableau 28 : Caractéristiques du câble du site d'essai du SEM REV. Source : <https://sem-rev.ec-nantes.fr/>

Caractéristiques du câble	
Distance totale en mer	24 km
Prix	14 M€
Prix par km	1.7 M€ / km
Courant de marée max (RP 10 ans)	0.7 m/s
Profondeur d'enfouissement	1.50 m
Capacité	8MVA – 20 kv

4.3 Annexe : Synthèse SIG

La méthodologie utilisée dans cette étude se base sur de nombreux jeux de données. Ces derniers sont intégrés à l'analyse à travers la création de nombreux rasters IMC spatialisés. L'ensemble de ces jeux de données ainsi que l'ensemble des rasters créés sont sauvegardés dans un format standard SIG (Système d'information géographique).

Cette base SIG ainsi créée permet de présenter, d'analyser, de traiter, de stocker facilement l'ensemble des résultats.

Pour faciliter la lecture et l'utilisation de la base de données SIG, les différentes données ont été classées par famille. Pour chaque famille, un dossier a été créé. A l'intérieur de ce dossier, on trouve un dossier pour chaque facteur de la famille. A l'intérieure d'un dossier facteur sont regroupés l'IMC facteur et un dossier INPUTS contenant l'ensemble des jeux de données utilisés pour construire l'IMC facteur.

Cette organisation est schématisée Figure 62.

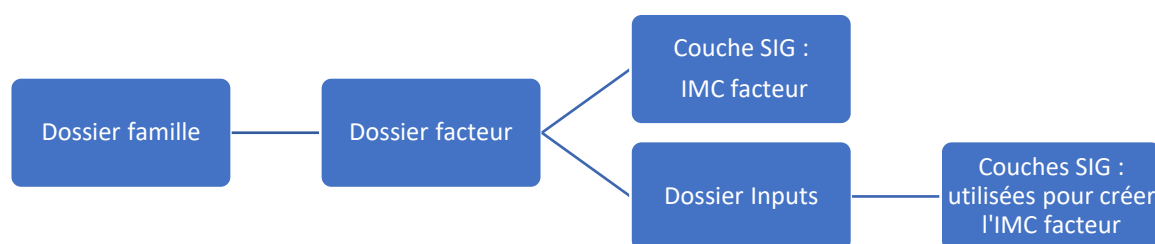


Figure 62 : Schéma de la nomenclature de la base de données créée

Dans un autre dossier sont regroupés les différents IMC globaux et les différents IMC famille créés pour chaque scénario, comme schématisé Figure 63.

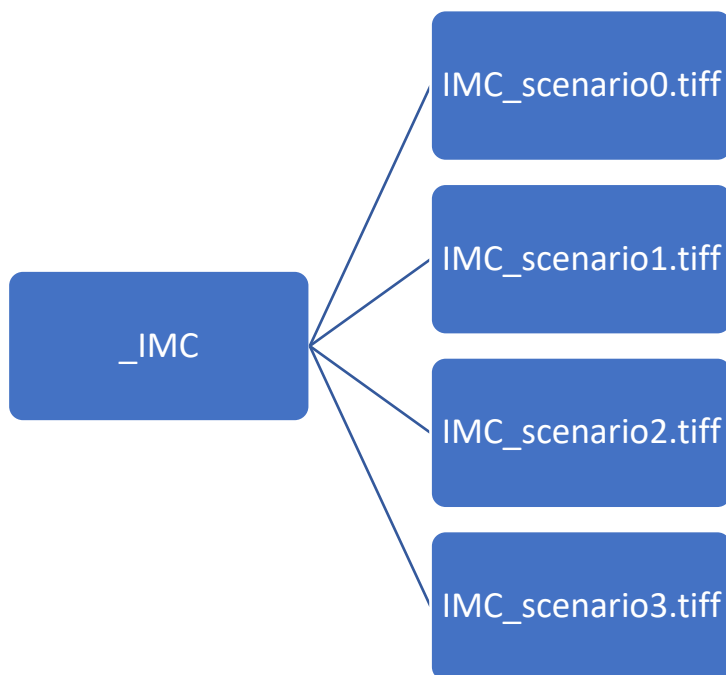


Figure 63 : Schéma de la nomenclature de la base de données créée pour les IMC globaux

4.4 Annexe : Concertation pêche professionnelle



Comité Interdépartemental des Pêches Maritimes et des élevages Marins Pyrénées
Atlantiques- Landes 12 quai Pascal Elissalt, 64 500 Ciboure



05 59 47 25 21 ;

contact@cidpmem6440.eu ; <https://www.cidpmem6440.eu>

4.4.1 Objectif de la consultation

Le CIDPMEM 64-40 a été sollicité par les prestataires de la Région Nouvelle Aquitaine et de la Communauté d'Agglomération Pays Basque en charge de « l'étude des conditions de faisabilité d'accueil d'une ferme houlomotrice dans le sud Aquitain ». Une conclusion possible de l'étude peut être la non faisabilité d'un tel projet. Dans l'état actuel des choses, la technologie houlomotrice n'est pas au point et ne permet pas d'envisager un projet d'exploitation pérenne avant l'horizon 5 à 10 ans.

L'objectif des prestataires est de consulter largement les pêcheurs professionnels afin de **définir collectivement**, parmi les 14 zones de 2 km² pré-identifiées à fort potentiel énergétique et numérotées de 1 à 14 (Cf figure 1), **la zone au nord de l'Adour et la zone au Sud de l'Adour qui auraient le moindre impact sur l'activité de pêche**.

Au final, une seule des deux zones identifiées par les pêcheurs ne sera retenue et fera l'objet d'une caractérisation plus fine.

Situation des sites de faisabilité d'un projet d'houlomoteur en mer entre le sud du Gouf de Capbreton et la côte basque

Carte de situation utile dans le cadre du recueil d'informations d'activités des pêcheurs professionnels basco-landais

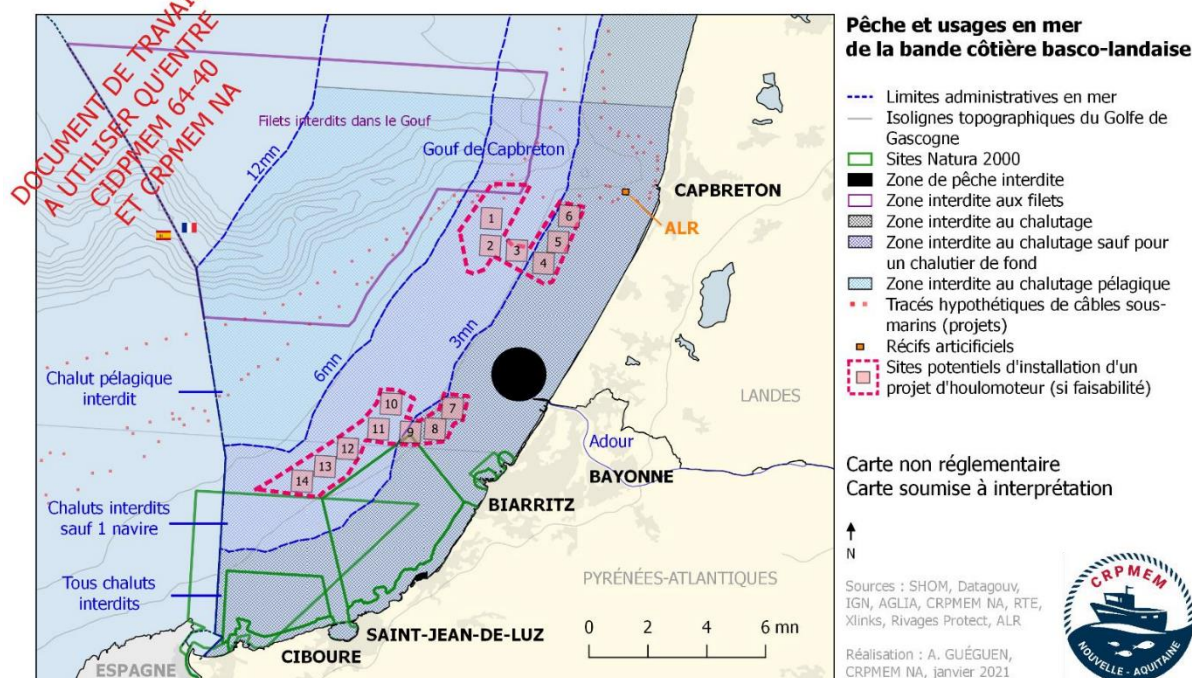


Figure 1 : Cartographie des 14 zones de 2 km² pré-identifiées

4.4.2 Organisation de la consultation des pêcheurs

Pour mobiliser les marins pêcheurs dont l'activité pourrait être impactée par l'installation d'une ferme houlomotrice et recueillir leur avis sur l'indentification de la zone la moins impactante, le CIDPMEM 64-40 a :

- **Organisé 2 réunions**, l'une à Ciboure le vendredi 22 janvier à 17 h, l'autre le vendredi 22 janvier à Capbreton à 17 h
- **Mis en place un questionnaire en ligne** ([Lien](#)) pour les marins pêcheurs ne pouvant être présents aux réunions

L'organisation des réunions et la diffusion du questionnaire ont été réalisées par :

- **3 envois mails** à tous les armateurs des navires immatriculés BA les 12, 14 et 20 janvier

2 publications Facebook dans le groupe fermé du CIDPMEM 64-40 : Le 12/01/2020 (Vue par 71 personnes) et le 20/01/2020 (Vue par 58 personnes)



4.4.3 Résultat de la consultation

Malgré la large consultation lancée, seulement 17 armateurs se sont prononcés : 4 ont répondu au questionnaire en ligne, 4 ont donné leur avis lors de la réunion organisée à Ciboure, 7 ont donné leur avis lors de la réunion organisée à Capbreton et 2 armateurs ont répondu au bureau sur carte. 7 armateurs sont basés à Capbreton (7 fileyeurs), 3 armateurs à Bayonne (3 fileyeurs), 6 à Saint Jean de Luz-Ciboure (3 ligneurs + 2 bolincheurs, 1 fileyeur), 1 à Hendaye (Ligneur).

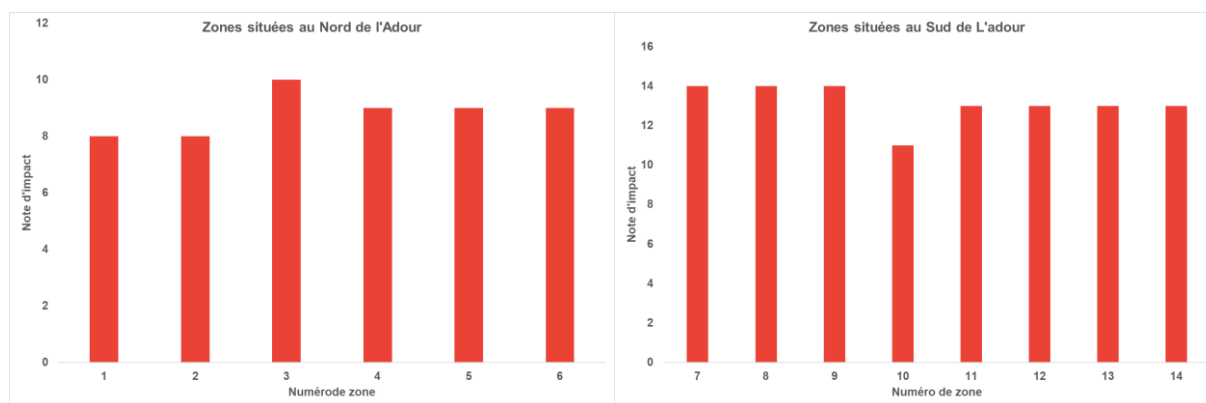
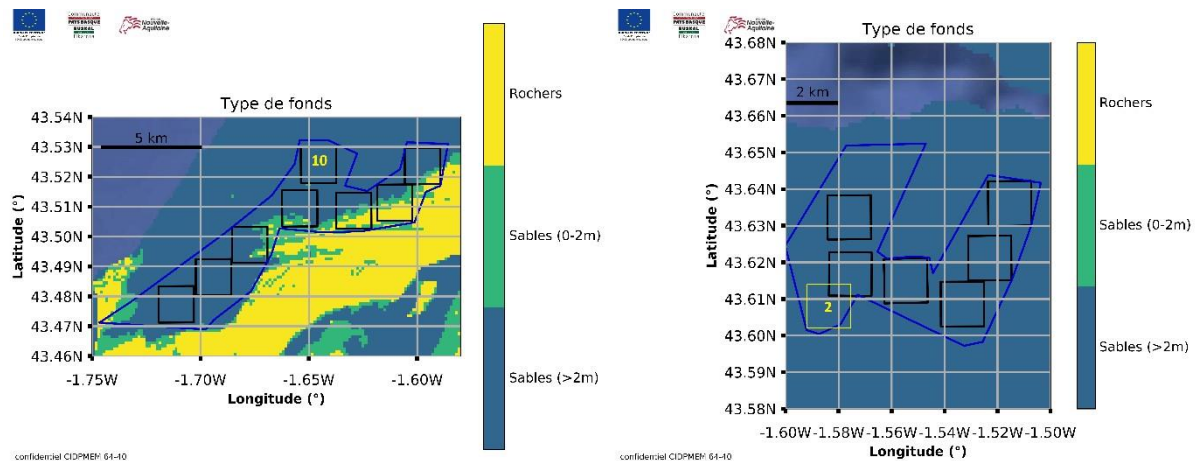


Figure 2 : Résultat des notes d’impact attribuées par le questionnaire en ligne

Les résultats des consultations du questionnaire en ligne, des 2 réunions et des consultations sur carte au bureau sont homogènes et identifient :

- **Au sud La zone 10** comme étant la moins impactante. Il s’agit d’une zone sableuse située entre 70 et 80 mètres de profondeur entre 43°52 et 43°53 Nord et 1°64 et 1°66 Ouest
- **Au Nord la zone 2** comme étant la moins impactante à condition de la décaler au sud comme indiqué dans la figure 3. Il s’agit d’une zone sableuse située entre 35 et 75 mètres de profondeur entre 43°60 et 43°61 Nord et 1°57 et 1°59 Ouest



Situation des sites de faisabilité d'un projet d'houlomoteur en mer entre le sud du Gouf de Capbreton et la côte basque

Carte de situation utile dans le cadre du recueil d'informations d'activités des pêcheurs professionnels basco-landais

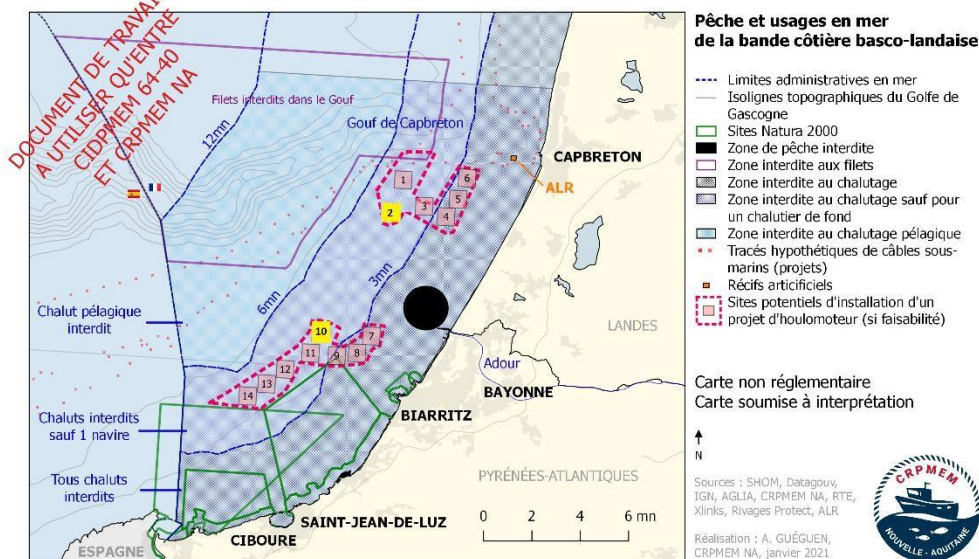


Figure 3 : Cartographie des zones identifiées comme étant les moins impactantes.

4.4.4 Autres observations à prendre en compte

Lors des réunions, si la faisabilité technique d'un tel projet est réalisable, les pêcheurs ont émis plusieurs commentaires :

- La crainte à termes de voir les zones de 2 km² s'étendre sur le littoral et contraindre leur activité de pêche côtière alors qu'ils travaillent déjà sur le plateau continental le plus étroit du Golfe de Gascogne,
- La nécessité d'imposer les extensions, s'il doit y en avoir, dans le périmètre des 2 km² identifiés,
- La volonté d'être associés à toutes les étapes du projet.

Bibliographie

- Abadie, S., Butel, R., Dupuis, H. & Brière, C., 2005. Paramètres statistiques de la houle au large de la côte sud-aquitaine. *Comptes rendus geoscience*, Issue 337(8), pp. 769-776.
- Abadie, S. et al., 2004. Analyse de l'évolution du volume sédimentaire des plages subtidales d'Anglet. *VIIIèmes Journées Nationales Génie Côtier–Génie Civil, Compiègne*, pp. 29-37.
- Abadie, S. et al., 2014. Propriétés statistiques des événements de tempête au large de la côte Basque. In XIIIèmes Journées Nationales Génie Côtier, Génie Civil Dunkerque, 2-4 juillet. *Paralia CFL*, pp. 5-12.
- Agglomération Sud Pays Basque, 2015. Document d'objectifs Natura 2000 « Mer et Littoral ». *Rapport de synthèse. /Agglomération Côte Basque Adour*, p. 196.
- Babarit, A. et al., 2012. Numerical benchmarking study of a selection of wave energy converters. *Renewable Energy*, Issue 41, pp. 44-63.
- Borja, A. & C. M. (., 2004. Oceanography and marine environment in the Basque Country.. *Elsevier*.
- Castège, I. & Milon, E., 2016. Étude de représentation spatiale des oiseaux et mammifères marins du sud des Landes à la frontière espagnole. Centre de la Mer de Biarritz/Région Nouvelle-Aquitaine.. Volume a, p. 11.
- Castège, I. & Milon, E., 2016. Étude détaillée en prévision de l'implantation d'un parc houlomoteur : indice de vulnérabilité des oiseaux marins et cétacés. Centre de la Mer de Biarritz/Région Nouvelle-Aquitaine.. Volume b, p. 58.
- Charles, E. et al., 2012. Climate change impact on waves in the Bay of Biscay, France.. *Ocean Dynamics*, Issue 62(6), pp. 831-848.
- Coccoli, C. et al., 2018. Conflict analysis and reallocation opportunities in the framework of marine spatial planning: A novel, spatially explicit Bayesian belief network approach for artisanal fishing and aquaculture. *Marine Policy*, Issue 94, pp. 119-131.
- Créocéan, 2014. Natura 2000 en mer — lot 4 Aquitaine côte basque : cartographie et évaluation des habitats marins – phase 2 Institut des Milieux Aquatiques, Centre de la Mer de Biarritz. *Rapport de synthèse programme CARTHAM / Agence des Aires Marines Protégées*, p. 133.
- De Casamajor, M.-N. et al., 2009. Atlas thématique de l'environnement marin du Pays basque et du sud des Landes.. *Édition Quae-Ifremer*, p. 128.
- Delpey, M., 2015. WAKE project final report: High-resolution wave power resource characterization in the French Basque coastal area. Focus on the nearshore/onshore resource of Bayonne site.. *Rapport technique*.
- Douvere, F., 2008. The importance of marine spatial planning in advancing ecosystem-based sea use management.. *Marine Policy*, Issue 32: (5), pp. 762-771.
- Galparsoro, I. et al., 2012. A Marine Spatial Planning Approach to Select Suitable Areas for Installing Wave Energy Converters (WECs), on the Basque Continental Shelf (Bay of Biscay). *Coastal Management*, pp. 1-19.

Gautier E., A. C. S. L. et al., 2012. Inventaire des ressources en matériaux marins Façades « Bretagne » et « Sud-Gascogne ». *Ifremer (eds)*, p. 168.

Lerma, A. N., Bulteau, T., Lecacheux, S. & Idier, D., 2014. Période de retour des événements de fortes houles le long des côtes françaises (Atlantique et Manche).. *Paralia*, p. 10.

Littlejohn, S. & Mothersille, D., 2008. Maintenance and monitoring of anchorages: guidelines. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Geotechnical Engineering*, Issue 161(2), pp. 93-106.

Molin, B., 2002. Hydrodynamique des structures offshore. *Editions Technip*.

O'Hagan, A. M. C., Huertas, J., O'Callaghan, D. & Greaves, 2016. Wave energy in Europe: Views on experiences and progress to date. *International Journal of Marine Energy*.

Pinarbasi, K. et al., 2018. An Integrated Framework for Offshore Wind Farm Feasibility with respect to Marine Spatial Planning. *Presentation poster dans le XVI International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay, Anglet (France)*.

Pinarbasi, K. et al., 2017. Decision supporttools in marine spatial planning: Present applications, gaps and future perspectives. *Marine Policy*, Issue 83, pp. 83-91.

Punt, M. J., Groeneveld, R. A., Ierland, E. C. v. & Stel, J. H., 2009. Spatial planning of offshore wind farms: A windfall to marine environmental protection?. *Ecological Economics The DPSIR framework for Biodiversity Assessment*, Issue 69: (1), pp. 93-103.

Sanchez, F. & S. M., 2013. SYNThèse et Analyse des données eXistantes sur un écosystème profond transfrontalier: le gouf de Capbreton–«SYNTAX».. *Rapport technique*.

Surfer Today, 2021. *Surfer Today*. [En ligne]

Available at: <https://www.surfertoday.com/surf-spots>