

ETUDE DU FONCTIONNEMENT DU SITE "LE BOURDIGOU" A TOREILLES

RAPPORT DE STAGE

Océane ROUMEAS
Ingénierie des Milieux Aquatiques
Janvier-Juillet 2024

Maître de stage : Didier RIHOUEY
Tuteur académique : Pierre Peeters



SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	4
0 - PREAMBULE	5
0.1 - Présentation de l'environnement de travail	5
0.1.1 - Présentation de l'entreprise EGIS – Solutions Maritimes	5
0.1.2 - Présentation des équipes	6
0.2 - Les missions lors du stage	7
0.3 - Définition d'une zone humide littorale	8
1 - CAS D'ETUDE DU SITE « LE BOURDIGOU »	9
1.1 - Contexte	9
1.2 - Enjeux prioritaires identifiés à l'issue des phases 1 et 2	11
1.2.1 - L'érosion du trait de côte	11
1.2.2 - Le risque inondation	11
1.2.3 - Le fonctionnement hydraulique de la zone humide	12
1.3 - Proposition de scénarii d'aménagement	13
1.3.1 - Recherche d'optimisation des bénéfices hydrauliques des scénarii de gestion : Modélisation de l'influence de l'altimétrie du bouchon sableux au débouché sur les surfaces urbanisées inondées en amont	13
1.3.2 - Evaluation des volumes de sables disponibles pour les scénarios Sc1, Sc2a et Sc2b	14
1.3.3 - Dimensionnement des opérations de rechargement	17
1.3.4 - Chiffrage des différentes solutions correctives	18
1.3.5 - Modalités d'entretien	19
1.4 - Analyse multicritère	19
1.4.1 - Définition des critères	19
1.4.2 - Analyse comparative des différents scénarii	20
2 - CAS D'ETUDE DES BERGES DU LAZARET	24
2.1 - Contexte général de l'étude	24
2.2 - Etude des espèces floristiques caractéristiques des habitats de slikke à marée et réflexion sur les modalités de végétalisation	26
2.2.1 - Recherches bibliographiques et inventaire des espèces caractéristiques de la slikke	26
2.2.2 - Echanges et discussion avec le CBNSA	29
2.3 - Etude de caractérisation des sédiments	30
2.3.1 - Lithologie	30
2.3.2 - Granulométrie	31
3 - CONCLUSION	33
4 - RETOUR SUR L'EXPERIENCE	34

BIBLIOGRAPHIE	35
ANNEXE 1 : EVOLUTIONS RECENTES (2008-2022) DE LA LARGEUR DE PLAGE (EN M) DE PART ET D'AUTRE DU DEBOUCHE DU BOURDIGOU (ORTHOPHOTOGRAPHIE GOOGLE EARTH, 2020).....	36
ANNEXES 6 : PROCES VERBAUX DES TARIERES DE RECONNAISSANCE DU SUBSTRAT	41
LEXIQUE	42
RESUME	43

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réussite de ce stage et qui m'ont aidé dans la rédaction de ce rapport.

Tout d'abord, j'adresse mes remerciements à mon maître de stage, Didier Rihouey, Président de l'ex-société CASAGEC Ingénierie, et désormais Directeur de l'entité « solutions maritimes » au sein d'EGIS qui m'a fait confiance et m'a accepté au sein de son équipe.

Je tiens également à remercier et souligner l'investissement de Clémence Foulquier qui m'a accueillie chaleureusement et a su se rendre disponible et extrêmement pédagogue en me confiant des tâches particulières.

Je souhaite également remercier Théo Berland et Pierre Martin, qui m'ont guidé dans les campagnes de terrain et qui m'ont fait confiance.

Enfin, un grand merci à toute l'équipe pour sa bonne humeur et son dynamisme, avec laquelle j'ai eu la chance de passer 6 mois aussi agréables que professionnalisants.

0 - PREAMBULE

0.1 - Présentation de l'environnement de travail

0.1.1 - Présentation de l'entreprise EGIS – Solutions Maritimes

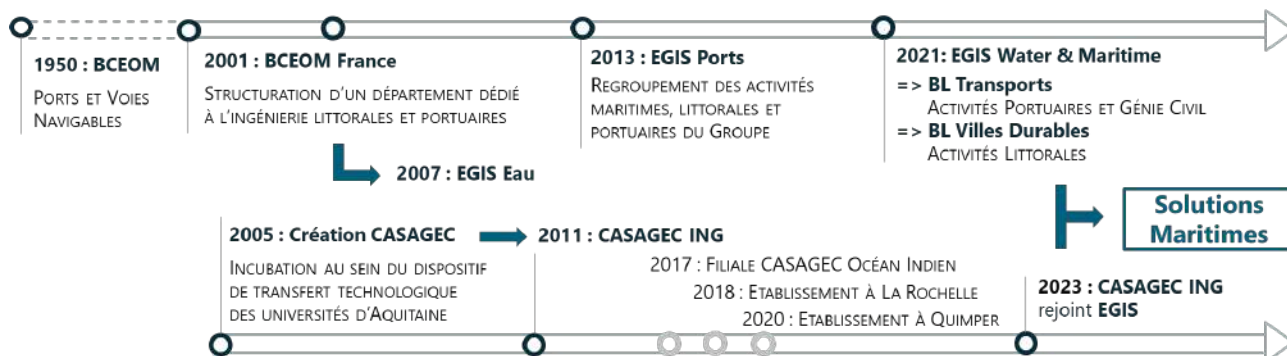
0.1.1.1 - Un but global : répondre aux enjeux climatiques

EGIS est un groupe de conseil et d'ingénierie dans les domaines des transports, de la ville, du bâtiment, de l'industrie, de l'eau, de l'environnement et de l'énergie. Ils conçoivent et exploitent des infrastructures et bâtiments intelligents qui répondent aux défis liés à l'urgence climatique et permettent un aménagement du territoire plus équilibré, durable et résilient.

Présent dans 120 pays, Egis met l'expertise de ses 18 000 collaborateurs au service de ses clients et développe des innovations de pointe à la portée de tous les projets. Par la diversité de ses domaines d'intervention, le Groupe est un acteur clé de l'organisation collective de la société et du cadre de vie des citoyens dans le monde entier.

0.1.1.2 - L'équipe Solutions Maritimes au sein d'EGIS

La direction **Solutions Maritimes**, qui opère au sein de la **Service line Eau et Energie**, s'inscrit dans la continuité du **département Littoral / Port de EGIS (ex BCEOM)** et de **CASAGEC INGENIERIE** qui a rejoint le groupe EGIS en 2023.



Issue d'un essaimage d'une start-up incubée sur le campus de la Côte Basque de 2005 à 2011, CASAGEC INGENIERIE dispose après **20 années d'activités**, d'une expertise reconnue et recherchée par les collectivités locales et territoriales, l'Etat, les acteurs de la recherche et les groupes de travaux publics.

Entreprise de proximité ancrée dans les territoires côtiers, CASAGEC INGENIERIE dispose de nombreuses références en Manche, sur la côte Atlantique, la Méditerranée et l'Océan Indien.

L'intégration au groupe EGIS permet aujourd'hui un **déploiement sur l'ensemble du littoral métropolitain et ultra-marin** et le **doublage des effectifs** des équipes Solutions Maritimes.

Les équipes renforcées avec les ingénieurs maîtres d'œuvre implantés en territoire sont installées à Rouen, Quimper, Nantes, La Rochelle, Bordeaux, Anglet, Montpellier, Aix-en-Provence, et en Corse avec une base de chantier au port de Porto-Vecchio.

Les équipes disposent également d'ingénieurs relais dans les Outre-Mer, avec des agences à la Réunion, à Mayotte, en Martinique, en Guadeloupe, en Guyane, et enfin en Polynésie à Tahiti.

Mesures | Analyses | Expertises | Solutions constituent les fondements de l'offre qui s'appuie sur des **équipes pluridisciplinaires** et des **moyens d'études performants et diversifiés** pour répondre aux enjeux techniques des projets **maritimes et estuariens**.

Au travers d'un **parc matériel complet** (moyens nautiques et terrestres, instruments de prélèvements et de mesures), Solutions Maritimes mène ses propres campagnes d'acquisition in situ. Grâce à un équipement informatique dernière génération, Solutions Maritimes s'appuie sur des **routines de calcul**, le développement de **modèles numériques** et une maîtrise des outils **SIG Expert**, pour répondre aux enjeux techniques des projets menés.

L'offre de service Solutions Maritimes s'articule autour de **3 grandes thématiques** :

- Génie Côtier (Analyses climatologiques des données de houles, études de tempêtes, Suivis de modélisations physiques, maîtrise d'œuvre (MOE) de protection côtière et portuaire,...)
- Hydro-sédimentaire (Déploiement d'observatoires, par télédétection et mesures topo-bathymétriques, Cartographies de l'évolution du trait de côte, Etudes urbanistiques, y compris recomposition spatiale,...)
- Eco-ingénierie / Environnement (Etudes réglementaires, Investigations et suivis de l'environnement, Etudes hydrodynamiques / qualité de l'eau...)

Dans un contexte de changement climatique, la compréhension et la prévision de l'évolution des environnements littoraux sont au cœur des réflexions quotidiennes des équipes Solutions Maritimes, pour répondre aux sollicitations des Maîtres d'Ouvrage et au défi de la résilience des territoires à travers la recherche de solutions innovantes.

0.1.2 - Présentation des équipes

L'équipe d'EGIS SOLUTIONS MARITIMES, spatialisée autour de plusieurs agences en France, regroupe à présent une trentaine de salariés.

Ci-dessous, l'organigramme des salariés est présenté :

Notre Organisation



FIGURE 1 : ORGANISATION DE L'EQUIPE SOLUTIONS MARITIMES

0.2 - Les missions lors du stage

Dans le cadre de mon stage, j'ai particulièrement travaillé sur les zones humides littorales et leur gestion, avec une mission principale centrée sur le site "Le Bourdigou" (Torreilles). Cette zone humide arrière dunaire avait déjà fait l'objet d'un état des lieux et d'un diagnostic (Mission 1 et 2 : Etat des lieux et diagnostic, CASAGEC by EGIS, 2024a). A mon arrivée, j'ai été chargée de synthétiser les conclusions de ces deux phases précédentes et de poursuivre cette étude portant sur la proposition de solutions correctives (phase 3). Dans ce cadre, j'ai rédigé un rapport synthétisant les enjeux prioritaires retenus et détaillant les solutions à mettre en place pour répondre aux problématiques identifiées lors des phases précédentes. Ma participation aux campagnes de terrain en juin 2023 sur le Bourdigou, réalisées dans le cadre de mon stage de 4A également réalisé chez Casagec Ingénierie (nouvellement Egis Solutions Maritimes), m'a permis de mieux appréhender le site d'étude.

En parallèle, j'ai participé à une seconde étude portant sur la restauration écologique d'une zone humide présente dans l'estuaire de l'Adour aval, sur les berges du Lazaret (Bayonne, Pyrénées-Atlantiques). Dans le cadre de ce projet pilote, j'ai contribué, au travers d'un travail de synthèse bibliographique, à identifier les espèces floristiques appropriées pour la renaturation de la slikke sur cet espace estuarien intertidal. J'ai également réalisé une étude complémentaire sur la caractérisation des sédiments présents sur un site voisin, considéré comme un exemple local de réhabilitation écologique réussie. Cette mission incluait ainsi des campagnes de terrain pour prélever des sédiments et des analyses granulométriques, ainsi que des discussions avec le Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique (CBNSA) sur le choix des espèces végétales à privilégier pour la renaturation et les modalités de revégétalisation.

Ces expériences m'ont permis de développer une expertise pratique et théorique dans le domaine des zones humides littorales, et plus largement des espaces littoraux, en me confrontant à des situations réelles et en collaborant avec divers acteurs du secteur.

De plus, étant donné que EGIS SOLUTIONS MARITIMES réalise de nombreuses campagnes d'acquisition in situ, j'ai également été sollicitée pour participer à des missions de terrain sur différents territoires, telles que :

- Des missions de prélèvements de sédiments dans l'estuaire de l'Adour (Anglet, Pyrénées-Atlantiques) et dans la baie du Txingudi (Hendaye, Pyrénées-Atlantiques) : prélèvements destinés à évaluer la qualité physico-chimique des matériaux à draguer pour maintenir une profondeur de chenal optimale. Ces analyses permettent de vérifier la compatibilité des futurs déblais avec les opérations d'immersion,
- Des missions de bathymétrie et topographie à Anglet, Hendaye (Pyrénées-Atlantiques), Normandie (Manche), Ile d'Oléron (Charente-Maritime), La grande-Motte (Hérault), Mimizan, Cap-Breton, Hossegor, Seignosse, Labenne, Vieux Boucaux (Landes),
- Des missions de suivi courantologique sur l'Adour afin d'évaluer l'impact des travaux de reconstruction du quai Gommès à Bayonne.

A travers ce stage, j'ai donc pu découvrir différents aspects du métier, notamment :

- Les missions sur le terrain ;
- Les analyses en laboratoire : l'analyse granulométrique par tamisage en laboratoire sur 3 échantillons de sols remaniés,
- La rédaction de divers livrables (note de terrain, rapport de mission, rapport d'étude).

Finalement, ce stage au sein du bureau d'études EGIS SOLUTIONS MARITIMES a été pour moi une porte d'entrée vers le domaine littoral, milieu qui m'a toujours attirée. Avoir la chance d'être intégrée au sein des équipes de terrain et d'appréhender ensuite le traitement et l'interprétation des données au bureau, m'a permis d'enrichir grandement mes connaissances. Grâce à cela, j'ai découvert la polyvalence, la complexité de la fonction et l'adaptabilité dont il faut faire preuve.

0.3 - Définition d'une zone humide littorale

L'étude des zones humides littorales (ZHL) a constitué le fil conducteur de ce stage de fin d'étude. Dans un premier temps, les ZHL ont brièvement été définies, avant de se focaliser sur l'étude de la zone humide méditerranéenne du Bourdigou, (Toreilles).et celle de l'estuaire de l'Adour (Le Lazaret, Anglet).

Les zones humides littorales sont des écosystèmes à l'interface entre la terre et la mer, souvent situées le long des côtes, des estuaires, et des deltas. Ces zones incluent une variété d'habitats tels que les marais salés, les vasières, ou les lagunes côtières. Elles se caractérisent par la présence permanente ou saisonnière d'eau douce, salée ou saumâtre, créant un environnement saturé en eau, ce qui favorise la croissance de végétation adaptée à ces conditions humides, comme les roseaux, les joncs et les spartines.

Le code de l'environnement (loi sur l'eau du 3 janvier 1992), définit les zones humides comme "les terrains exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année" (article L211-1). Cette définition constitue la définition officielle en droit français.

Ces zones présentent des caractéristiques particulières, résultant de l'influence combinée des processus marins et terrestres. Au titre de la convention Ramsar (1971), sont également considérés comme appartenant aux zones humides littorales les écosystèmes situés dans les zones de balancement des marées (plateaux rocheux, plages de sable et de galets, récifs coralliens) : "étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux, naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres."

Les zones humides littorales jouent un rôle crucial dans la régulation des cycles hydrologiques et climatiques. Elles agissent comme des éponges naturelles, absorbant les eaux de crue et réduisant ainsi les risques d'inondation. En effet, lors des épisodes pluvieux, les grandes quantités d'eau peuvent s'accumuler au sein des zones humides. Selon le type de zones humides, l'eau sera stockée de manière plus ou moins pérenne (Bressan, 2006). Cette fonction, liée à d'autres fonctions, permet le laminage des crues, la désynchronisation des pics de crue et la régulation des crues.

Elles remplissent également d'autres rôles hydrologiques tels que la recharge des nappes. En 2003, Bullock et Acreman ont en effet démontré que 46 % des zones humides étudiées sont qualifiées par la fonction de recharge des nappes montrant ainsi l'existence de lien entre les nappes et les zones humides. Les points bas topographiques sont considérés comme des exutoires vers les nappes (Bressan, 2006).

Ces écosystèmes sont également des puits de carbone importants, stockant de grandes quantités de carbone dans leur végétation et leurs sols. Les zones humides sont parmi les écosystèmes les plus productifs. Cette production importante de biomasse végétale leur permet de capter puis stocker plus de CO₂ comparé aux autres écosystèmes (Villa, 2017). Il existe peu de zones humides qui ne remplissent pas cette fonction (Bressan, 2006), mais certaines la réalisent de manière plus importante. Les écosystèmes forestiers ont la particularité de stocker chaque année 240 kg de carbone par hectare alors que les prairies stockeront seulement 50 kg de carbone par hectare avec des pratiques qui peuvent faire varier ce chiffre (Pellerin, 2019).

Sur le plan écologique, les ZHL sont des supports de biodiversité importante. Les poissons (bars, mullets), exploitent ces habitats comme des zones d'alimentation et de reproduction. Les jeunes poissons utilisent les marais et les estuaires comme nurseries, profitant de la végétation dense et des eaux peu profondes pour se protéger des prédateurs et trouver de la nourriture. Les eaux riches en nutriments des zones humides offrent un environnement idéal pour le développement des crustacés, leur permettant ainsi de se nourrir de matière organique et de petits organismes. Il en est de même pour les oiseaux migrateurs qui peuvent également y trouver du poisson. De plus, les espèces floristiques, comme la salicorne et la spartine, prospèrent dans les sols saturés d'eau saumâtre. Elles jouent un rôle dans la stabilisation des sols et la filtration des polluants.

1 - CAS D'ETUDE DU SITE « LE BOURDIGOU »

1.1 - Contexte

Le Bourdigou est un cours d'eau côtier situé entre l'Agly au Nord et la Têt au Sud (Pyrénées Orientales). Son bassin couvre environ 90 km² et est constitué du Nord au Sud par :

- La Llabanère qui se jette dans le Bourdigou à l'aval de Torreilles ;
- L'Agulla de l'Auca qui se jette dans le Bourdigou au niveau de Sainte-Marie ;
- Le ruisseau de Villelongue qui se jette dans l'Auque en amont de Sainte-Marie.

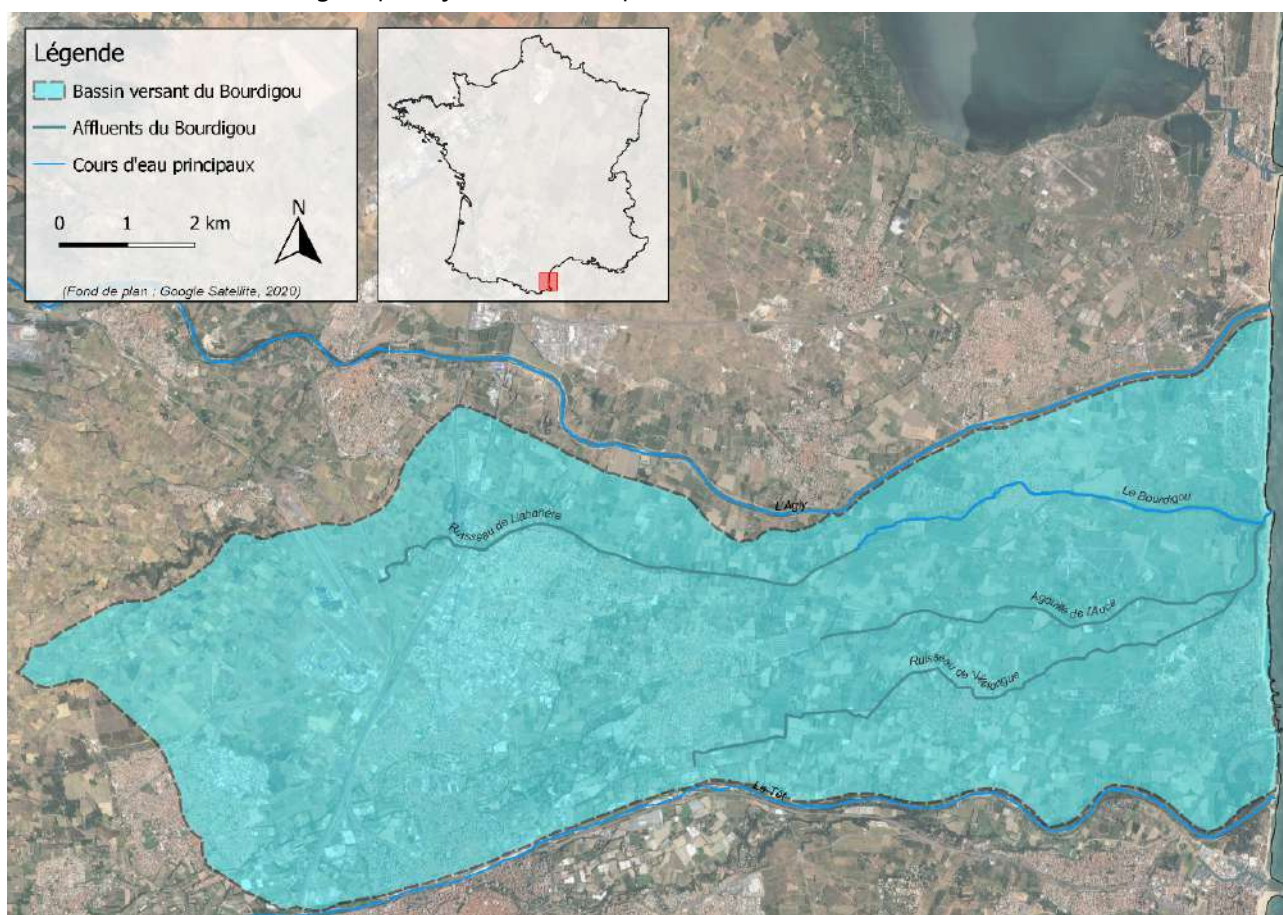


FIGURE 2 : LOCALISATION DU BASSIN VERSANT DU BOURDIGOU (EN POINTILLE) (SMBVT, 2017)

Le Bourdigou est un fleuve très artificialisé dans sa partie aval qui peut être assimilé à un canal endigué sur la quasi-totalité de son linéaire (environ 20km). Son principal affluent, l'Agulla de l'Auca, est situé en rive droite et sa confluence est quasiment localisée à l'exutoire du Bourdigou. Le Bourdigou récupère ainsi pratiquement toutes les parcelles drainées entre l'Agly et la Têt.

Le fonctionnement hydraulique de ces talwegs ou émissaires pluviaux est aujourd'hui en partie contrôlé par un ensemble de bassins de rétention réalisés à l'amont de l'autoroute A9 et a pour rôle la protection contre les inondations et la compensation des nouvelles urbanisations. Ce réseau est très artificialisé et son fonctionnement dépend des apports des canaux ou pluviaux. La pente de ce réseau est globalement très faible, de l'ordre de 3 ‰ et peut être le siège de débordements et de problèmes d'évacuation, au niveau du quartier du Vernet à Perpignan et de Bompas (Syndicat Mixte des Bassins Versant de la Touques (SMBVT), 2017).

La façade littorale du Bourdigou est une ZNIEFF comprise dans la zone Natura 2000 de Salses Leucate. Elle associe des milieux dunaires caractéristiques du littoral Roussillonnais (présence d'associations végétales endémiques) et des milieux humides littoraux (prés salés, sansouires) avec une action conjuguée de l'eau douce

et de l'eau salée. Ce site est un haut lieu de conservation d'espèces végétales rares (SMBVT, 2017). A ce jour le fonctionnement hydraulique de cette zone humide reste méconnu.

Au niveau du débouché, deux ouvrages à visée hydraulique ont été mis en place en 1972 par l'ancien Syndicat Intercommunal d'Assainissement de la plaine de l'Agly et de la Têt.

L'équilibre de ce site est aujourd'hui menacé et plusieurs problématiques sont observées par les usagers et acteurs du territoire :

- Un débouché régulièrement colmaté, défavorable à l'autocurage du cours d'eau à l'amont,
- L'apparition d'une encoche d'érosion aval dérive, et le développement d'une plage en amont, qui aujourd'hui abrite des enjeux faunistiques et floristiques diminuant les marges de manœuvre pour des opérations



FIGURE 3 : PHOTO ILLUSTRANT L'IMPORTANT NIVEAU D'ENSABLEMENT DU DEBOUCHE (CASAGEC, 2023)

Au regard de ces problématiques, Perpignan Métropole Méditerranée souhaite aujourd'hui mettre en place une stratégie pérenne de gestion du débouché du Bourdigou.

Avant mon arrivée, un rapport détaillé sur l'actualisation de l'état des lieux (phase 1) avait été réalisé, donnant lieu à la réalisation d'une synthèse bibliographique des différentes caractéristiques du bassin versant, aussi bien d'un point de vue dynamique hydraulique et sédimentaire, écologique, et socio-économique. Cet état des lieux a abouti à un diagnostic du secteur (phase 2), également établi avant le démarrage de mon stage, qui a permis, à l'aide de la réalisation de modèles numériques, de définir son fonctionnement global et d'identifier les différentes pressions qui menacent son équilibre (CASAGEC by EGIS, 2024a).

Sur la base des enjeux prioritaires et des menaces identifiées, ma mission a débuté par la rédaction d'une synthèse des éléments issus des phases 1 et 2 ayant permis de retenir et de hiérarchiser les 3 enjeux prioritaires du site (section 1.2). Il s'agissait par la suite de définir des solutions correctives pour répondre à la hiérarchisation des enjeux retenue (phase 3, section 1.3). Des préconisations et scénarios d'aménagement adaptés ont été établis, et une analyse multicritère a été effectuée afin de sélectionner les actions les plus pertinentes au regard de la complexité du secteur (phase 3, section 1.4).

La solution retenue a ensuite été formalisée et partagée sous forme d'un programme d'actions (phase 4). Un suivi des différentes mesures a également été proposé. Étant toujours en cours d'étude et non achevée, la phase 4 ne sera pas abordée dans ce rapport.

1.2 - Enjeux prioritaires identifiés à l'issue des phases 1 et 2

Sur la base de l'actualisation de l'état des lieux établi pour les différents compartiments hydrosédimentaires, écologiques et socio-économiques ainsi que de l'analyse du fonctionnement hydraulique présentées dans le rapport de phases 1 et 2 (CASAGEC by EGIS, 2024a), trois enjeux prioritaires ont pu être identifiés. Ces enjeux correspondent aux éléments constitutifs du site d'étude qu'il apparaît nécessaire de restaurer, préserver ou améliorer.

Ainsi, les enjeux prioritaires, identifiés et hiérarchisés, sont les suivants :

- N°1 – L'érosion du trait de côte ;
- N°2 - Le risque inondation ;
- N°3 – Le fonctionnement hydraulique de la zone humide.

Les paragraphes suivants synthétisent les principales conclusions issues des phases précédentes.

1.2.1 - L'érosion du trait de côte

L'érosion côtière, exacerbée par la montée du niveau de la mer et les tempêtes, entraîne un recul progressif du trait de côte, mettant en péril les cordons dunaires et les habitats naturels associés.

Dans le cadre de l'actualisation de l'état des lieux, l'analyse des données de largeur de plage, correspondant à la distance entre la limite de haut de plage et les différents traits de côte disponibles sur la période 1962-2022, a permis de mettre en évidence un rétrécissement progressif de la plage au Nord après l'installation des ouvrages (Annexe 1). Les ouvrages du débouché bloquent ainsi une partie du transit sédimentaire entraînant la présence d'une plage étroite au Nord avec un cordon dunaire vulnérable face aux tempêtes.

Par ailleurs, l'analyse de l'ensemble des données topo/bathymétriques disponibles au débouché, entre 2012 et 2023 (campagnes auxquelles j'ai participé lors de mon stage en 2023), a permis, dans le cadre de l'actualisation de l'état des lieux, de mettre en évidence que la combinaison de l'encoche d'érosion marquée au Nord et de l'ensablement de l'embouchure, a tendance à progressivement contraindre le Bourdigou vers la dune, engendrant à terme un contournement du débouché à l'enracinement de l'épi:



FIGURE 4 : PERCOLATION DES EAUX A TRAVERS L'OUVRAGE NORD OBSERVEE LE 03/11/23.

1.2.2 - Le risque inondation

Afin de comprendre le fonctionnement hydraulique du Bourdigou sur la zone d'étude pour des conditions de débits extrêmes, plusieurs scénarios et configurations d'embouchure ont été modélisés dans le cadre de l'analyse du fonctionnement du site (Mission 1 et 2 : Etat des lieux et diagnostic, CASAGEC by EGIS, 2024a).

Ainsi, dans un premier temps, l'embouchure a été considérée ouverte, ce qui correspond à l'hypothèse du Plan de Prévention des Risques Littoraux (PPRL). Six conditions de débits extrêmes (périodes de retour 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans) et deux niveaux d'eau (Plus Haute Mer Astronomique (PHMA) à 0,4 m NGF et le niveau du Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) : Tempête 10 ans de 1,3m NGF) ont été imposés soit un total de 12 simulations. Dans un second temps, le module de transport sédimentaire a permis de simuler l'expulsion du « bouchon » sableux de l'embouchure, ce qui correspond à la configuration actuelle, avec un débouché fermé. De nouveau, les mêmes six conditions de débits ont été imposées.

Les emprises inondées pour ces différents scénarios modélisés ont été superposées aux surfaces urbanisées présentes à l'échelle de l'emprise terrestre du modèle afin d'évaluer l'influence de l'état de l'embouchure (ouvert ou fermé) sur l'urbanisation (Annexe 2).

Les surfaces urbanisées inondées, exprimées en hectares, au niveau de chacune des communes du périmètre d'emprise du modèle numérique ont été extraites grâce à un travail de géomatique pour chacun des scénarios modélisés et sont synthétisées dans le Tableau 1.

TABLEAU 1 : SURFACES URBANISEES (EN HECTARES) INONDEES AU SEIN DES COMMUNES PRESENTES DANS L'EMPRISE DU MODELE EN FONCTION DES DIFFERENTS SCENARIOS SIMULES.

Scénario	Aléa-Q2			Aléa-Q5			Aléa-Q10			Aléa-Q20			Aléa-Q50			Aléa-Q100		
	PHMA-ouvert	PHMA-fermé	SL130-ouvert	PHMA-ouvert	PHMA-fermé	SL130-ouvert	PHMA-ouvert	PHMA-fermé	SL130-ouvert	PHMA-ouvert	PHMA-fermé	SL130-ouvert	PHMA-ouvert	PHMA-fermé	SL130-ouvert	PHMA-ouvert	PHMA-fermé	SL130-ouvert
Sainte-Marie	1,11	1,25	1,19	1,57	2,69	3,12	3,77	4,31	6,04	6,71	7,93	9,37	16,35	18,97	21,55	28,20	27,27	29,81
Bompas	0,07	0,07	0,07	0,70	0,84	0,69	2,39	2,48	2,39	4,06	4,13	4,10	13,14	12,71	13,33	15,90	15,73	15,90
Torreilles-Plage	0,26	2,88	3,41	3,25	3,74	4,61	4,09	4,88	6,08	6,11	6,89	7,23	9,58	9,64	14,50	19,42	15,70	26,19
Torreilles-Bourg	2,35	2,47	2,75	4,00	4,13	4,16	5,39	5,37	5,45	5,98	6,07	6,06	8,85	8,56	8,95	13,94	14,04	13,98
Total	3,79	6,67	7,42	9,52	11,40	12,58	15,64	17,04	19,96	22,86	25,02	26,76	47,92	49,88	58,33	77,46	72,74	85,88

Au regard de ces résultats, il apparaît que la morphologie de l'embouchure (ouverte ou fermée) n'a aucune influence sur la surface inondée au niveau de Bompas et de Torreilles Bourg. Néanmoins, l'ensablement de l'embouchure bloque partiellement l'écoulement du Bourdigou pour des crues décennale et vicennale engendrant une augmentation faible à modérée de l'emprise inondée sur la zone urbanisée de St-Marie-la-Mer et de Torreilles-Plage.

1.2.3 - Le fonctionnement hydraulique de la zone humide

Le fonctionnement de la zone humide arrière dunaire apparaît peu documenté. Seul un travail d'exploitation de données géomatiques réalisé à une échelle macroscopique a été réalisé dans le cadre de la phase 2 de l'élaboration d'une stratégie de gestion des zones humides du bassin versant de la Têt et du Bourdigou portée par le SMTBV (ECOTONE, 2022). Aucune information spécifique au secteur aval du Bourdigou n'est néanmoins disponible. Les liens entre les nappes et la zone humide arrière dunaire (alimentation, interaction, ...) n'ont ainsi fait l'objet d'aucun suivi et restent à ce jour inconnus.

A ce stade, il peut néanmoins être considéré que l'érosion côtière en accentuant le risque de brèche au niveau de l'encoche Nord va dans le sens d'une avancée potentielle du biseau salé et ainsi d'un risque d'augmentation de la salinité de la zone arrière dunaire.

1.3 - Proposition de scénarii d'aménagement

Au regard des 3 enjeux prioritaires identifiés et des niveaux de hiérarchisation retenus, 4 scénarii de gestion contrastés du débouché ont été initialement proposés (Sc0, Sc1, Sc2a, Sc2b), puis un cinquième scénario (Sc3, Figure 5) a été ajouté à la suite des échanges avec les acteurs locaux (comité technique du 9 avril 2024) :

- L'inaction (Scénario 0) : Ce scénario correspond à un scénario de référence permettant de mettre en évidence les enjeux impactés. Il implique de ne pas intervenir. Au regard du fonctionnement actuel du débouché, le Bourdigou tendrait à contourner le débouché à l'enracinement de l'ouvrage Nord.
- Le démantèlement partiel des ouvrages de l'embouchure accompagné d'un alignement de la plage par transfert mécanique de sable sur le musoir de l'épi Nord (Scénario 1),
- Le démantèlement total des ouvrages du débouché accompagné d'un alignement de la plage par transfert mécanique de sable sur le musoir de l'ancien épi Nord (Scénario 2a),
- Le démantèlement total des ouvrages du débouché accompagné d'un alignement global de la plage par transfert mécanique de sable (Scénario 2b),
- Le démantèlement total des ouvrages du débouché sans transfert mécanique de sable (Scénario 3).



FIGURE 5 : SCHEMA DE PRINCIPE DES SCENARII 1, 2A, 2B ET 3.

1.3.1 - Recherche d'optimisation des bénéfices hydrauliques des scénarii de gestion : Modélisation de l'influence de l'altimétrie du bouchon sableux au débouché sur les surfaces urbanisées inondées en amont

Au regard de l'influence de configuration de l'embouchure (ouverte ou fermée) sur le risque inondation (cf. section 1.2.2 - Le risque inondation), le modèle numérique développé lors des phases d'état des lieux et de diagnostic a été exploité afin d'améliorer la compréhension de l'effet de la hauteur du « bouchon » sableux et des ouvrages sur les surfaces inondées amont.

Pour ce faire, une crue décennale a été simulée pour les 4 scénarii de gestion initiaux (Sc0, Sc1, Sc2a, Sc2b) avec pour chacun d'eux 3 variantes correspondant à trois niveaux altimétriques de sable dans l'embouchure : 0,5, 1 et 1,5 m NGF. Le scénario 3 n'a pas fait l'objet de ce travail de modélisation, puisqu'il a été ajouté a posteriori, à la suite du comité technique du 9 avril 2024. Son étude s'est donc basée sur les conclusions des niveaux altimétriques tirées des modélisations réalisées pour les quatre scénarios initiaux.

Les résultats sont présentés dans le Tableau 2 page suivante. La colonne « Q10-PHMA fermé » rappelle les résultats obtenus dans la configuration actuelle pour une crue décennale.

TABLEAU 2 : SURFACES URBANISEES INONDEES (EN HA) EN FONCTION DES SCENARIOS SIMULES.

Scénarii		Q10- PHMA fermé	Sc 0 - Inaction			Sc 1 - Démantèlement partiel et alignement musoir			Sc 2a - Démantèlement total et alignement musoir			Sc 2b - Démantèlement total et alignement ++		
Variantes (Niveau topo)			0,5 m	1 m	1,5 m	0,5 m	1 m	1,5 m	0,5 m	1 m	1,5 m	0,5 m	1 m	1,5 m
Communes	Sainte-Marie	4,3	4,1	5,4	7,0	4,2	5,1	6,9	3,9	4,9	6,9	3,8	4,6	6,7
	Bompas	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Torreilles Plage	4,9	4,3	6,4	9,0	4,5	6,3	7,9	3,9	5,5	7,8	3,6	5,3	7,4
	Torreilles Bourg	5,4	5,4	5,4	5,6	5,4	5,4	5,5	5,4	5,4	5,5	5,3	5,4	5,5
Total		17,0	16,2	19,7	24,1	16,5	19,3	22,8	15,7	18,2	22,7	15,2	17,7	22,0

Au regard de ces résultats, il apparaît que les ouvrages du débouché ont une incidence nulle sur les emprises inondées. En effet, quel que soit le scénario, les surfaces inondées restent globalement identiques avec ou sans démantèlement. En revanche, le niveau topographique au débouché présente une incidence nette, avec des surfaces urbanisées inondées, à Sainte-Marie et Torreilles Plage, minimales pour un niveau altimétrique de 0.5m NGF.

Il est ainsi proposé de retenir cette côte objective dans l'embouchure pour la définition des différentes solutions correctives et notamment pour évaluer les volumes de sables disponibles pour les scénarii intégrant des transferts mécaniques de sable (cf. section suivante). La cote 0.5m NGF est également retenue pour le scénario 3 (non-modélisé) sur la base des conclusions issues de la modélisation des scénarii Sc0, Sc1, Sc2a et Sc2b.

1.3.2 - Evaluation des volumes de sables disponibles pour les scénarios Sc1, Sc2a et Sc2b

Les trois scénarios (Sc1, Sc2a et Sc2b), impliquant des transferts mécaniques de sables afin de conforter l'encoche d'érosion présente au Nord du débouché, ont fait l'objet d'une étude des volumes de sable disponibles, dans le but de dimensionner ces opérations de rechargement.

Les volumes de sable disponibles ont été évalués sur la base de la compilation des dernières données topo-bathymétriques disponibles (Levé drone de CASAGEC et topo-bathymétrie de l'Observatoire de la côte sableuse catalane (OBSCAT) de 2023) au sud de l'embouchure du Bourdigou. L'altimétrie de chacun de ces profils a permis de dimensionner les opérations de transfert mécanique de sable (Figure 6 et Figure 7).

En l'état actuel, le débouché présente une altimétrie de l'ordre de 1 m NGF au niveau du profil 29.5 et la plage Sud de l'ordre de 1,5 m au niveau du profil 30 et de 1.8m au niveau du profil 30.5. Afin d'optimiser les bénéfices hydrauliques de la solution corrective (cf. section 1.3.1), un abaissement du profil à 0.5m NGF est préconisé.

Pour atteindre cette cote, les scénarios SC1 et SC2a (Figure 6), ayant pour objet in fine l'alignement de la plage sur le musoir de l'épi Nord, représentent un transfert mécanique d'un volume de sable du Sud du débouché vers le Nord d'environ 5000 m³.

Le scénario Sc2b, ayant pour objet un alignement global de la plage (Figure 7), représente quant à lui un transfert de sable de l'ordre de 7500 m³.

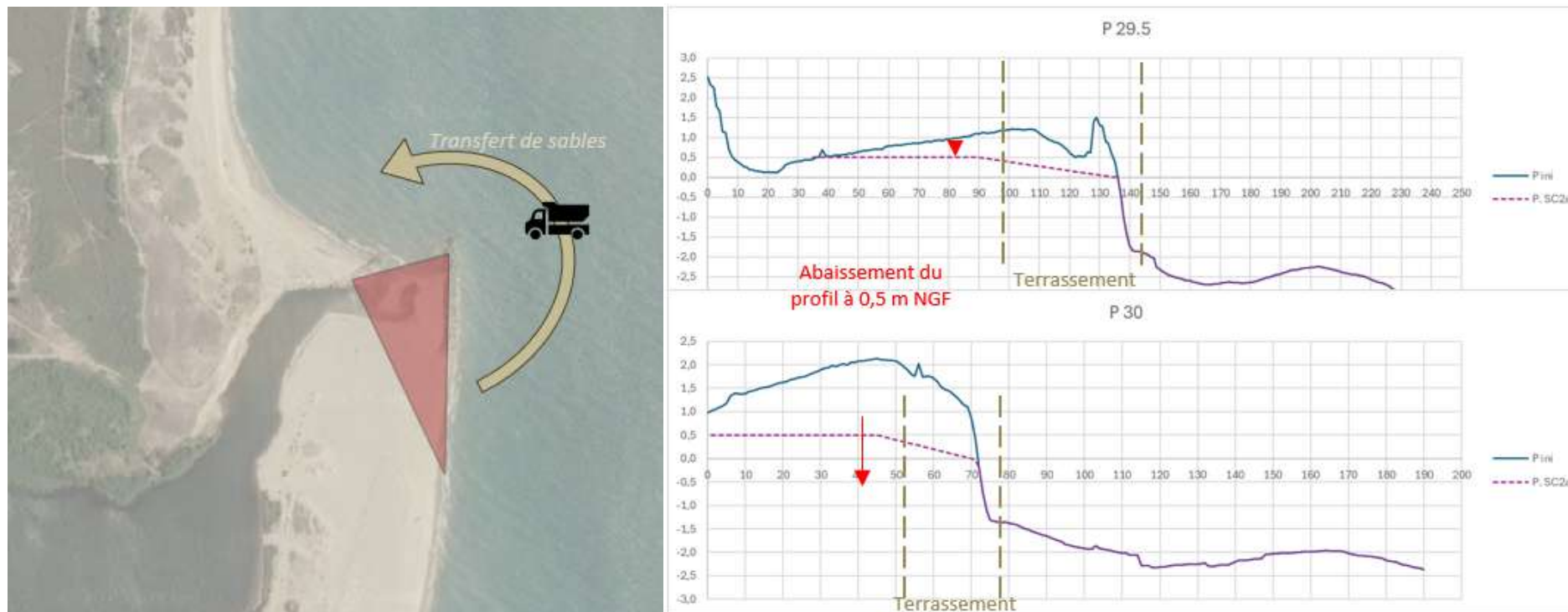


FIGURE 6 : ALTIMETRIE DE 2023 DU CORDON DUNAIRE (EN M NGF) AU SUD DU DEBOUCHE DU BOURDIGOU (EN BLEU) ET COTE OBJECTIF (EN POINTILLES VIOLETS) POUR LES SCENARIOS SC1 ET SC2A AU NIVEAU DES PROFILS 29.5 ET 30 (ORTHOPHOTOGRAPHIE GOOGLE EARTH, 2020)

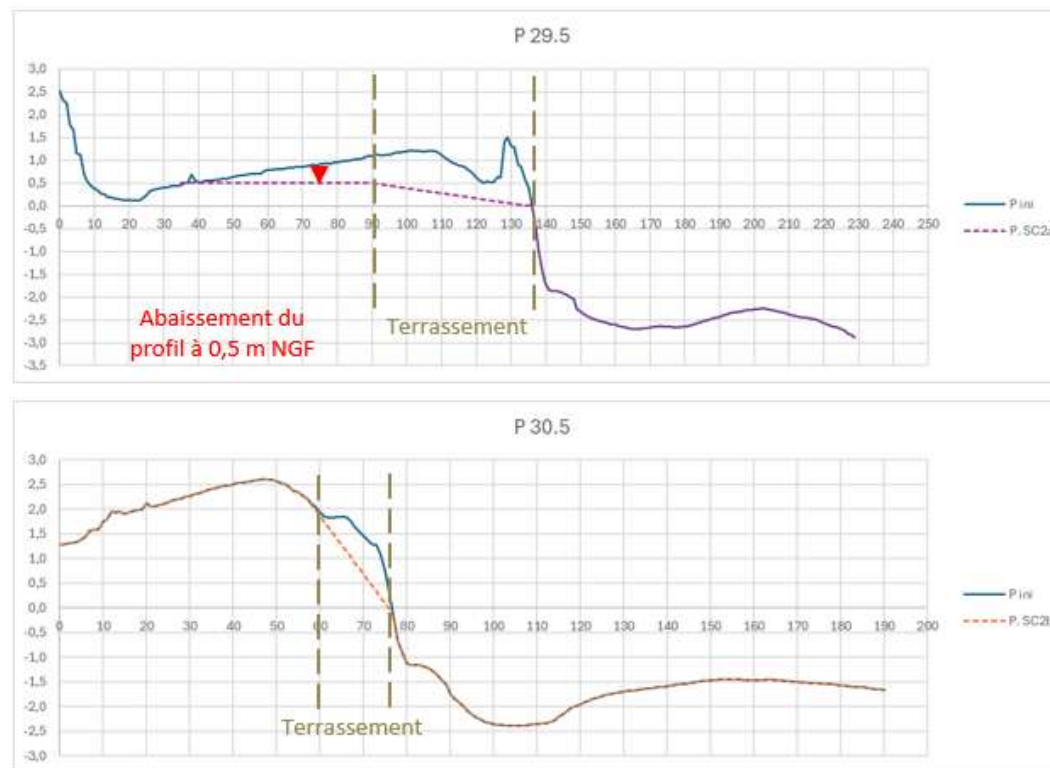
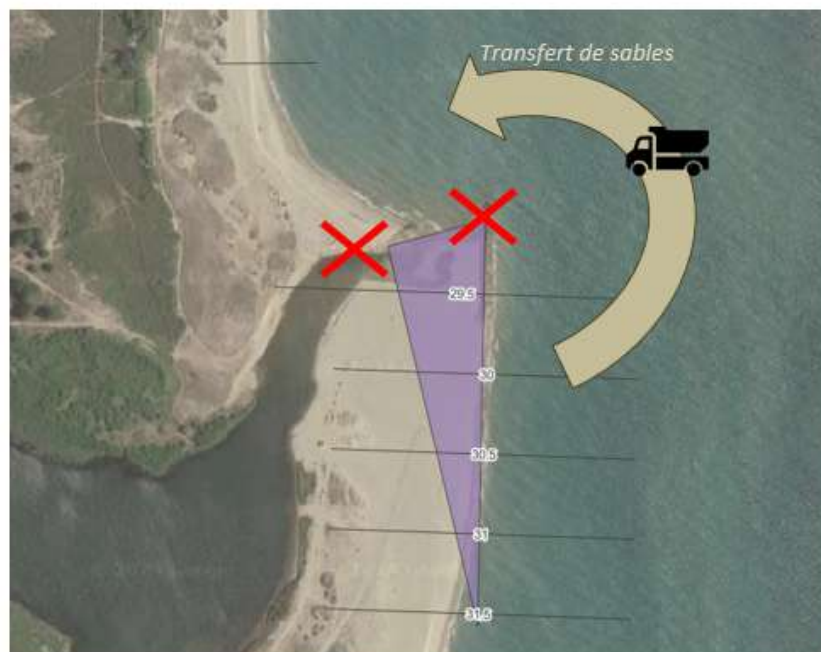


FIGURE 7 : ALTIMETRIE DE 2023 DU CORDON DUNAIRE (EN M NGF) AU SUD DU DEBOUCHE DU BOURDIGOU (EN BLEU) ET COTE OBJECTIF (EN POINTILLES) POUR LE SCENARIO SC2B AU NIVEAU DES PROFILS 29.5 ET 30.5 (ORTHOPHOTOGRAPHIE GOOGLE EARTH, 2020).

1.3.3 - Dimensionnement des opérations de rechargement

A l'instar des volumes de sables disponibles, le profil de rechargement et les emprises concernées ont été établis au regard du profil actuel, représenté en rouge sur la Figure 8 et issu de l'assemblage des données du levé drone de CASAGEC et des topo-bathymétries de l'OBSCAT de 2023.

Pour les trois scénarios (Sc1, Sc2a, Sc2b) impliquant des transferts mécaniques de sable, les emprises de de rechargement concernées ont été évaluées en considérant des élargissements de 5 mètres et de 10 mètres par rapport au profil actuel.

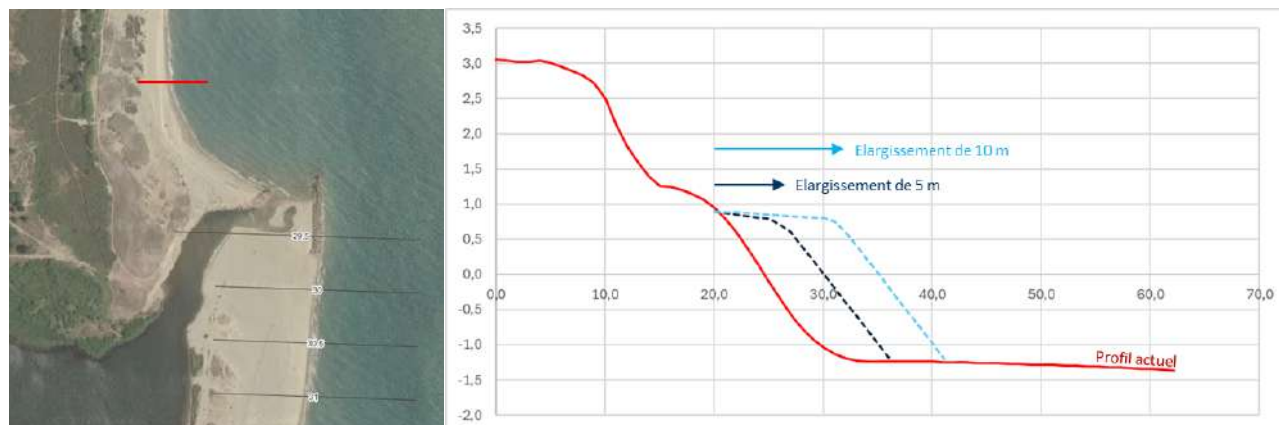


FIGURE 8 : PROFIL DE RECHARGEMENT POUR UN ELARGISSEMENT DE 5 ET 10M.

Ainsi, au regard des volumes disponibles à transférer du Sud du débouché vers le Nord, il a été établi que (Tableau 3 et Figure 9) :

- Pour un élargissement de 5m, un apport de 10m³/ml serait à réaliser, soit un linéaire de plage rechargée au Nord de :
 - 500m pour les scénarios S1 et S2a qui représentent des volumes de 5000m³ ;
 - 750m pour le scénario S2b qui représente un volume de 7500m³ ;
- Pour un élargissement de 10m, un apport de 20 m³/ml serait à réaliser, soit un linéaire de plage rechargée au Nord de :
 - 250m pour les scénarios S1 et S2a qui représentent des volumes de 5000m³ ;
 - 375m pour le scénario S2b qui représente un volume de 7500m³.

TABEAU 3 : VOLUME DE SABLE A TRANSFERER DU SUD VERS LE NORD DU DEBOUCHE POUR LES SCENARIOS SC1, S2A ET SC2B ET EMPRISE DE RECHARGEMENT Y AFFECTE.

Scénarios	Elargissement 5 m			Elargissement 10 m		
	S1	S2a	S2b	S1	S2a	S2b
Volume disponible (m ³)	5 000	5 000	7 500	5 000	5 000	7 500
Distance rechargement (m)	500	500	750	250	250	375



FIGURE 9 : EMPRISE DES RECHARGEMENTS POUR LES SCENARIOS S1, S2A ET S2B.

1.3.4 - Chiffrage des différentes solutions correctives

L'estimation du coût des différentes solutions correctives est proposée en suivant et est basée sur :

- L'amenée/repli des engins ;
- Volumes de sédiment extraits pour les scénarios Sc1, Sc2a et Sc2b ;
- Les travaux d'extraction et de régalinge des sables Sc1, Sc2a et Sc2b ;
- Les travaux de démantèlement.

Pour l'évacuation des matériaux issus du démantèlement des ouvrages, seul un transport vers Sainte-Marie a été considéré ; leur devenir (valorisation interne, externe, stockage) n'ayant pas été défini à ce stade.

Au regard de ces éléments, le Tableau 4 présente l'estimation des opérations de transfert mécanique de sables et le Tableau 5 celle des travaux de démantèlement pour les différents scénarios.

TABLEAU 4 : MONTANT ESTIME DES OPERATIONS DE TRANSFERT MECANIQUE DE SABLE POUR LES SCENARIOS S1, SC2A ET SC2B.

		S1 & S2a	S2b
A/R	A/R	6 500,00	6 500,00
Piste	Création de la piste	20 000,00	20 000,00
Temps de travail	Volume à déplacer	5 000,00	7500,00
	Nb Jour Travaux (2 tombereaux)	3	5
Location	1 pelle / 1 bull / 2 tombereaux	16 875,00	25 313,00
Totaux	Coût total travaux hors aleas et incertitudes (€ HT)	43 375,00	51 813,00
	Prix généraux (10 %)	4 338,00	5 181,00
	Aléas et incertitudes (30 %)	13 013,00	15 544,00
	COUT TOTAL (€ HT)	60 725,00	72 538,00

TABLEAU 5 : MONTANT ESTIME DES OPERATIONS DE DEMANTELEMENT D'OUVRAGES.

Désignation	Quantité	Unité	Prix unit. €HT	S1	S2a, S2b & S3
Démantèlement ouvrage - Sud	3825,00	m ³	17,00	65 025,00	65 025,00
Démantèlement ouvrage - Nord	1 800,00	m ³	17,00	-	30 600,00
Coût total travaux hors aléas et incertitudes				65 025,00	95 625,00
Prix généraux (10 %)				6 502,50	9 562,50
Aléas et incertitudes (30 %)				19 507,50	28 687,50
Coût total travaux (€ HT)				91 035,00	133 875,00

1.3.5 - Modalités d'entretien

Pour l'ensemble des solutions correctives proposées, afin de répondre à l'enjeu prioritaire n°2 – « Risque inondation » et ainsi minimiser les surfaces urbanisées inondées de Sainte Marie et de Torrelles-Plage, des opérations d'entretien du débouché, par curage mécanique à la côte 0.5m NGF, sont préconisées.

Au regard de la difficulté à estimer à ce stade, les besoins d'intervention (fréquence) à l'issue de la première intervention portant sur le démantèlement des ouvrages et le curage de l'embouchure à 0.5m NGF, il est proposé de mettre en place un suivi haute fréquence du débouché au travers de levé photogrammétrique trimestriel pendant 2 à 3 ans afin de calibrer au mieux ces besoins.

1.4 - Analyse multicritère

L'analyse multicritère constitue l'élément devant faciliter la prise de décision quant aux choix des scénarios stratégiques à mettre en place. Elle permet de synthétiser l'ensemble des connaissances disponibles et de faire apparaître une hiérarchisation des scénarios à l'étude au regard des critères de comparaison.

1.4.1 - Définition des critères

Sept critères d'analyse ont été proposés afin d'intercomparer les différentes solutions correctives et retenir le scénario présentant le meilleur compromis entre réalisation des objectifs, sensibilité environnementale et coût de mise en œuvre :

- Les coûts : les solutions les moins coûteuses (coûts unitaires, coût d'entretien, coût démantèlement) sont jugées favorablement
- Les modalités d'entretien : les solutions permettant de limiter les opérations d'entretien et les plus durables sont jugées favorablement
- Les impacts sur l'érosion du trait de côte : les solutions ayant un effet positif ou nul sur l'érosion du trait de côte sont jugées favorablement
- L'impact sur le risque inondation : les solutions permettant de limiter les surfaces urbanisées inondées sont jugées favorablement
- L'impact environnemental : les solutions ayant le moins d'impact ou un impact positif sur l'environnement sont jugées favorablement, en distinguant les phases travaux et exploitation
- L'impact paysager : les solutions permettant de limiter la modification du paysage actuel ou de l'améliorer sont jugées favorablement
- La faisabilité administrative : les solutions générant le moins de difficultés vis-à-vis des contraintes administratives sont jugées favorablement

Les critères retenus pour l'analyse sont énoncés ci-dessus et permettent de couvrir l'ensemble des aspects permettant de faciliter la prise de décision. Pour chaque critère, une note entre 0 et 5 est attribuée.

La note de 5 correspondant à la meilleure réponse au critère et 0 à la plus mauvaise.

La somme des notes obtenues pour chaque critère indique le résultat de l'AMC du scénario.

Le scénario ayant la meilleure note est considéré comme le scénario à choisir préférentiellement au regard de l'AMC.

5/5

4/5

3/5

2/5

1/5

1.4.2 - Analyse comparative des différents scénarii

Le Tableau 4, page suivante, permet de comparer les différents scénarii en fonction des 7 critères précédemment cités.

1.4.2.1 - Comparaison financière

Au regard de la comparaison financière des différentes solutions de gestion, le scénario 3 représente l'opération avec le coût le plus faible (note de 4/5), si l'on ne considère pas le scénario de référence (SC0) pour lequel aucune intervention n'est prévue (Inaction, note de 5/5). Les scénarios de démantèlement total et transfert mécanique de sable (SC2-A et SC2-B) sont à l'inverse les plus coûteux avec un investissement respectif de 233 520€ TTC et 247 696€ TTC (note de 3/5).

1.4.2.2 - Modalités d'entretien

En termes d'entretien, l'inaction (Scénario 0) représente la solution la plus défavorable (note de 1/5). En effet, la configuration actuelle en favorisant l'ensablement de l'embouchure et le risque de contournement de l'épi Nord par le Bourdigou impliquerait la mise en œuvre d'opérations régulières de curage pour limiter l'augmentation du niveau topographique et ainsi les emprises urbanisées inondées en amont. Le scénario 1, en retirant un ouvrage et en limitant ainsi le potentiel d'ensablement, laisse supposer un besoin d'intervention inférieur à celui de la configuration actuelle (note de 2/5). Enfin, pour les 3 autres scénarios, intégrant un démantèlement total des ouvrages, les besoins d'entretien du débouché peuvent être considérés comme encore un peu moins fréquents que dans les deux scénarios précédents (Sc0 et Sc1), bien que difficilement estimables à ce stade (note de 3/5). La cinétique de remontée du bourrelet sableux est en effet difficile à appréhender. Pour ces scénarios, il est ainsi préconisé de prévoir la possibilité d'intervenir en fonction de l'évolution des niveaux topographiques au débouché, via la mise en place d'un suivi haute intensité, dans le cadre des futures autorisations administratives.

1.4.2.3 - Impact sur l'érosion du trait de côte

Concernant l'impact des scénarios sur l'érosion du trait de côte qui constitue l'enjeu prioritaire n°1 retenu à l'issue de la phase de diagnostic (cf. section 1.2.1), le scénario 0 constitue la solution présentant un impact négatif majeur dans le sens où en l'absence d'intervention, le blocage du transit sédimentaire est maintenu (note de 1/5). A l'inverse, le scénario 2b, en démantelant totalement les ouvrages et en intervenant directement sur l'encoche d'érosion présente au Nord via le transfert mécanique de 7500m³, représente la solution ayant l'impact positif le plus fort sur l'érosion du trait de côte (note de 5/5). Le scénario 2a, avec un volume transféré inférieur de 5000m³, constitue la solution présentant la seconde meilleure note pour ce critère (impact positif modéré, note de 4/5). Enfin, pour les solutions Sc1 et Sc3, un impact positif mineur sur l'érosion du trait de côte a été considéré (note de 3/5). En effet, la première ne rétablit que partiellement le transit mais intervient directement par rechargement sur l'encoche d'érosion au Nord et la seconde rétablit totalement le transit Sud-Nord mais ne prévoit pas de transfert mécanique de sable au Nord.

TABLEAU 6 : GRILLE DE SYNTHESE DE L'ANALYSE MULTICRITERE POUR LES 4 SCENARI D'AMENAGEMENT

Critères		Scénario 0	Scénario 1	Scénario 2a	Scénario 2b	Scénario 3
		Inaction	Démantèlement partiel & alignement de la plage	Démantèlement total & alignement de la plage	Démantèlement total & alignement de la plage ++	Démantèlement total sans transfert mécanique de sable
#1 - Coûts (TTC)	1	Sans objet 5,0	182 112 € 4,0	233 520 € 3,0	247 696 € 3,0	160 650 € 4,0
#2- Modalités d'entretien	1	Entretiens fréquents : Intervention régulière à prévoir pour limiter l'augmentation du niveau topographique (favorisé dans la configuration actuelle) + risque de contournement de l'ouvrage en enrochement 1,0	Entretiens : moins fréquents que dans la configuration actuelle 2,0	Entretiens : moins fréquents, bien que difficilement estimables à ce stade 3,0	Entretiens : moins fréquents, bien que difficilement estimables à ce stade 3,0	Entretiens : moins fréquents que dans la configuration actuelle, bien que difficilement estimables à ce stade 3,0
#3- Impact sur l'érosion du trait de côte	1	Négatif majeur : blocage du transit maintenu 1,0	Positif mineur : restaure une partie des transits mais l'ouvrage Nord reste présent et recharge à hauteur de 5000 m3 l'encoche d'érosion au Nord 3,0	Positif modéré : Restaure le transit et recharge à hauteur de 5000 m³ l'encoche d'érosion au Nord 4,0	Positif majeur : Restaure le transit et recharge à hauteur de 7500 m³ l'encoche d'érosion au Nord 5,0	Positif mineur : Restaure le transit sans intervention sur la plage sèche 3,0
#4- Impact sur le risque inondation	1	Négatif mineur : le niveau topographique actuel du débouché a un impact sur les inondations pour un Q<Q10. 3,0	Positif modéré : La configuration topographique post travaux permet de limiter l'emprise des inondations sur les surfaces urbanisées. Mais, la présence de l'épi favorise l'accumulation des sables. 4,0	Positif majeur : La configuration topographique post travaux permet de limiter l'emprise des inondations sur les surfaces urbanisées 5,0	Positif majeur : La configuration topographique post travaux permet de limiter l'emprise des inondations sur les surfaces urbanisées 5,0	Positif majeur : La configuration topographique post travaux permet de limiter l'emprise des inondations sur les surfaces urbanisées 5,0
#5a- Impact environnemental phase travaux	1	Absence d'intervention sur site 5,0	Négatif majeur en phase travaux : Circulation des engins => destruction potentielle d'espèces protégées 1,0	Négatif majeur en phase travaux : Circulation des engins => destruction potentielle d'espèces protégées 1,0	Négatif majeur en phase travaux : Circulation des engins => destruction potentielle d'espèces protégées 1,0	Négatif modéré en phase travaux : Circulation des engins => destruction potentielle d'espèces protégées sur une emprise néanmoins plus limitée que lorsque des transferts mécaniques de sables sont prévus 2,0
#5b- Impact environnemental phase exploitation	1	Négatif modéré : Poursuite de l'érosion des habitats dunaires au Nord et potentielle avancée du biseau salé. Ces effets négatifs pourraient fortement s'amplifier en cas de brèche 1,0	Positif négligeable en phase exploitation : - En restaurant une partie des transits : légère amélioration de la protection du cordon dunaire et les espèces qu'il abrite - Absence de modification de la zone disponible au Sud pour la nidification des sternes - Incidences sur l'habitat de nidification des gravelots au niveau de la zone d'extraction des sables 2,0	Positif modéré en phase exploitation : - En limitant érosion au Nord : diminution du risque de brèche, protection du cordon dunaire et les espèces qu'il abrite et limitation de l'avancée du biseau salé - Modification de la surface actuellement mise en défens, en lien avec le réaligement prévisible du trait de côte - Incidences sur l'habitat de nidification des gravelots au niveau de la zone d'extraction des sables 4,0	Positif mineur en phase exploitation : - En limitant érosion au Nord : diminution du risque de brèche, protection du cordon dunaire et les espèces qu'il abrite et limitation de l'avancée du biseau salé - Diminution de la zone mise en défens au Sud pour la nidification des sternes - Incidences sur l'habitat de nidification des gravelots au niveau de la zone d'extraction des sables 3,0	Positif modéré en phase exploitation : - En restaurant le transit, sans néanmoins d'action corrective directe : amélioration de la protection du cordon dunaire et les espèces qu'il abrite - Modification de la surface actuellement mise en défens, en lien avec le réaligement prévisible du trait de côte - Incidences sur les habitats de nidification des sternes et des gravelots présents au Sud, en lien avec le réaligement prévisible du trait de côte 4,0
#6- Impact paysager	1	Négatif majeur : Deux ouvrages restent présents sur ce linéaire exempt d'aménagement anthropique + risque de contournement de l'ouvrage Nord 1,0	Négatif modéré : un ouvrage reste présent sur ce linéaire exempt d'aménagement anthropique 2,0	Positif majeur : Retour à une situation naturelle 5,0	Positif majeur : Retour à une situation naturelle 5,0	Positif majeur : Retour à une situation naturelle 5,0
#7- Faisabilité administrative	1	Régularisation CUDPM 4,0	Demande d'examen au cas/cas (étude d'impact possible) + dérogation espèces protégées + DIG + EP + régularisation CUDPM 2,0	Demande d'examen au cas/cas (étude d'impact possible) +dérogation espèces protégées + DIG + EP + Dossier L/E 2,0	Demande d'examen au cas/cas (étude d'impact potentielle) + dérogation espèces protégées + DIG + EP + Dossier L/E 2,0	Dérogation espèces protégées + DIG + EP + Dossier L/E 3,0
Note sur	40	21,0	20,0	27,0	27,0	29,0

1.4.2.4 - Impact sur le risque inondation

Concernant l'impact du scénario sur le risque inondation qui constitue l'enjeu prioritaire n°2 retenu à l'issue de la phase de diagnostic (cf. section 1.2.2), les scénarios 2a, 2b et 3, en rétablissant une altimétrie à l'embouchure de 0,5m NFG post-travaux, permettent de minimiser l'emprise des inondations sur les surfaces urbanisées. Ils représentent ainsi un impact positif majeur sur le risque inondation (note de 5/5). Le scénario 1, en maintenant l'épi Nord, ayant tendance à favoriser l'accumulation de sable et donc potentiellement la remontée du niveau de sable à l'embouchure, présente de fait un impact positif moindre sur le risque inondation (note de 4/5). Enfin, le scénario 0, en l'absence d'intervention sur la configuration topographique du débouché présente un effet considéré comme négatif mineur (note de 3/5). En effet, le travail de modélisation a permis de démontrer une augmentation faible à modérée de l'emprise inondée sur les surfaces urbanisées de Torrelles Plage et de Sainte Marie pour des crues décennale et vicennale.

1.4.2.5 - Impact environnemental

1.4.2.5.1 - Impact environnemental en phase travaux

En phase travaux, le scénario 0 (Inaction) du fait de son absence d'intervention directe présente un impact nul sur l'environnement (note de 5/5). A l'inverse, les scénarios 1, 2a, et 2b, impliquant un démantèlement (partiel ou total) et un transfert mécanique de sable en engendrant une circulation importante d'engins sur la plage, et de fait un risque prépondérant de destruction potentielle d'espèces protégées, présentent un impact négatif majeur sur l'environnement en phase travaux (note de 1/5). Enfin, le scénario 3, en ne portant que sur du démantèlement d'ouvrage sans transfert mécanique, impliquera une emprise de circulation des engins moindre et donc un impact sur l'environnement en phase chantier plus faible (note de 2/5) que pour les 3 scénarios précédents (1, 2a, et 2b).

Afin de limiter au maximum les incidences en phase travaux, plusieurs mesures ERC pourront être proposées. En effet, les pistes des engins pourront notamment être matérialisées afin d'éviter au maximum la destruction d'espèces protégées. Afin de définir le tracé, le passage d'un écologue sur site en amont de l'opération pourrait être envisagé. De la même façon, une réflexion sur le planning d'intervention pourrait être menée afin de limiter au maximum les incidences sur la biodiversité et notamment sur l'avifaune nicheuse présente au Sud du débouché.

1.4.2.5.2 - Impact environnemental en phase exploitation

En phase exploitation, le scénario 0 (Inaction) du fait de son absence d'intervention directe va dans le sens de la poursuite du recul du trait de côte et ainsi de la perte progressive des habitats dunaires et des espèces qu'ils abritent (note de 1/5). Ce recul va également dans le sens d'une avancée potentielle du biseau salé et donc d'une salinisation des espaces humides arrière dunaire. Ces effets négatifs pourront par ailleurs être fortement amplifiés en cas de brèche. Le scénario 1, en phase exploitation, présente quant à lui un effet positif négligeable dans le sens où il présente une légère amélioration de la protection du cordon dunaire (restauration partielle du transit + rechargement de l'encoche) mais aura une incidence potentielle directe sur l'habitat de nidification des sternes et de gravelots (note de 2/5). Le scénario 2b, en présentant également une incidence négative sur les habitats de nidification, aura néanmoins un effet potentiel positif plus conséquent sur les habitats et espèces du cordon dunaire ainsi que sur la limitation de l'avancée du biseau salé dans le sens où il restaure le transit et intervient directement sur l'encoche d'érosion au Nord (note de 3/5). Enfin, les scénarios 2a et 3 présentent tous deux un effet jugé positif et modéré en phase exploitation. En restaurant tout deux le transit sédimentaire, le premier propose également une action corrective directe sur l'encoche au Nord mais en impactant potentiellement davantage les habitats de nidification du fait du transfert mécanique alors que le second ne propose pas d'action corrective directe au Nord mais n'a pas d'incidence directe sur l'habitat de nidification des sternes et des gravelots présents au Sud (note de 4/5).

1.4.2.6 - Impact paysager

L'impact paysager est considéré comme positif majeur pour les scénarios 2a, 2b, et 3 en lien avec le démantèlement total des ouvrages du débouché (note de 5/5). Le scénario 1, en maintenant l'ouvrage Nord, présente une incidence négative et modérée sur le paysage (note de 2/5). Enfin, l'inaction, en conservant ces deux ouvrages sur un linéaire pourtant exempt d'aménagement anthropique, est considérée comme possédant un impact négatif majeur sur le paysage du site (note de 1/5).

1.4.2.7 - Faisabilité administrative

En termes de démarches administratives, le scénario 0 (inaction) présente la solution la plus simple à mettre en œuvre. Seules une concession d'occupation du DPM et une régularisation Loi sur l'Eau seraient en effet à prévoir afin de régulariser l'existence administrative des ouvrages (note de 4/5). A l'inverse, les scénarios 1, 2a et 2b, en prévoyant des opérations de démantèlement et de rechargement et en présentant un impact potentiel avéré sur des espèces protégées, nécessiteront potentiellement la rédaction de (note de 2/5) :

- Une demande d'examen au cas par cas ;
- Un dossier de déclaration loi sur l'eau ;
- Une dérogation à la destruction d'espèces protégées ;
- Une déclaration d'intérêt général ;
- Une demande d'autorisation d'occupation temporaire (AOT) du DPM pour la phase chantier ;
- Une enquête publique.

Enfin, le scénario 3, en n'intégrant pas de rechargement, impliquera la rédaction d'un nombre inférieur de pièces administratives (note de 3/5) :

- Un dossier de déclaration loi sur l'eau ;
- Une dérogation à la destruction d'espèces protégées ;
- Une déclaration d'intérêt général ;
- Une demande d'autorisation d'occupation temporaire (AOT) du DPM pour la phase chantier ;
- Une enquête publique.

Ces éléments de cadrage restent préliminaires. Ils devront faire l'objet d'un échange préalable pour validation avec les services de la DDTM et de la DREAL, en amont de la rédaction des futurs dossiers

1.4.2.8 - Bilan de l'analyse multicritère

En conclusion, pour répondre aux 3 enjeux prioritaires identifiés, que sont l'érosion, le risque inondation et le fonctionnement hydraulique de la zone humide, plusieurs scénarios d'aménagement ont été proposés, allant de l'inaction au démantèlement total des ouvrages avec transferts mécaniques de sable.

L'analyse multicritère met ainsi en évidence le scénario SC3 (démantèlement total sans transfert mécanique de sable), solution corrective présentant, avec une note de 29/40, le meilleur compromis au regard des critères pris en compte dans la comparaison.

2 - CAS D'ETUDE DES BERGES DU LAZARET

Dans la continuité de l'étude des zones humides, une des missions de mon stage s'est concentrée sur la restauration écologique des berges du Lazaret sur l'estuaire de l'Adour.

2.1 - Contexte général de l'étude

Afin de développer la compétitivité du port de Bayonne et proposer l'accueil de nouvelles marchandises, la région Nouvelle-Aquitaine s'est engagée dans un programme d'investissements, intégrant notamment la restructuration des quais de Blancpignon (Bayonne) au niveau de l'estuaire de l'Adour. Ces travaux ont pour objectif de créer un nouvel alignement du linéaire d'accostage depuis le quai Gommès amont jusqu'au quai Castel aval (Figure 10 et Figure 11), et de générer ainsi une surface d'environ 10 000 m² de terre-plein supplémentaire (Figure 11).



FIGURE 10 : NOUVEAU LINEAIRE DU QUAI GOMMES (SOURCE : PORT DE BAYONNE)

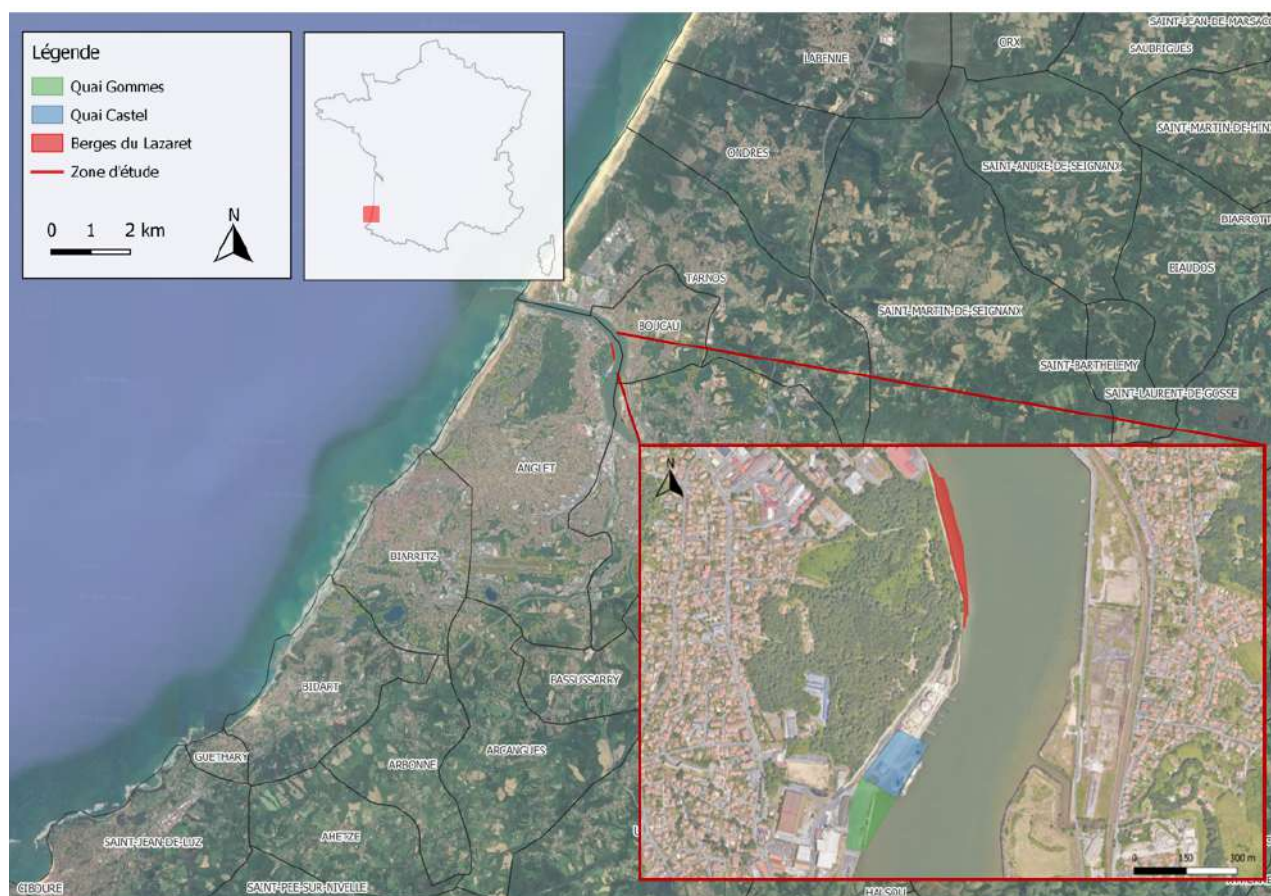


FIGURE 11 : PLAN DE LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE.

Les travaux sur le quai Gommès engendrent néanmoins une perte de surface utile d'environ 5260m² de l'habitat estuarien, et la destruction des potentielles ressources trophiques y afférant. Afin de compenser cette incidence négative, la Région s'est ainsi engagée dans la renaturation de l'estran vaseux des berges du Lazaret, localisée en aval des quais de Blancpignon, en rive gauche de l'Adour (Figure 11), sur la commune d'Anglet. L'objectif est alors de recréer un habitat naturel dans un contexte fortement anthropisé, offrant ainsi une zone favorable aux espèces fréquentant l'estuaire dans sa partie aval.

Dans ce cadre, une première étude a été menée par le groupement CASAGEC/MARSILEA visant à réaliser un diagnostic du site et de ses abords.

Lors de cette mission, MARSILEA a identifié les berges de Saint Bernard comme un exemple indirect de réhabilitation écologique réussie. En effet, lors de sa prospection sur les berges de l'Adour, MARSILEA (CASAGEC INGENIERIE MARSILEA, 2021) a relevé la présence de différentes espèces végétales (inventaire des espèces floristiques présentes sur le secteur de l'Adour). Parmi ces espèces, la Spartine maritime, une espèce caractéristique de la haute slikke, a été remarquée sur les berges de Saint Bernard.



FIGURE 12 : PLATEFORME ARTIFICIELLE QUI S'ETEND SUR LE LIT DE L'ADOUR (BERGES DE SAINT BERNARD)

Au regard des caractéristiques topographiques de ce site, où les conditions d'exondation ont permis la régénération d'une spartinaie, la Région Nouvelle Aquitaine a retenu une solution de réhabilitation des berges du Lazaret. Cette solution repose sur la mise en place de deux réajustements topographiques, appelés par la suite « rives vivantes », au droit du perré existant, à un niveau topographique compatible avec le développement d'un habitat estuarien représentatif de la haute slikke (Figure 13). Une étude complémentaire du site de Saint Bernard a été réalisée, visant à caractériser les sédiments afin de reproduire ses conditions de berges et de favoriser le développement des spartines sur les berges du Lazaret.

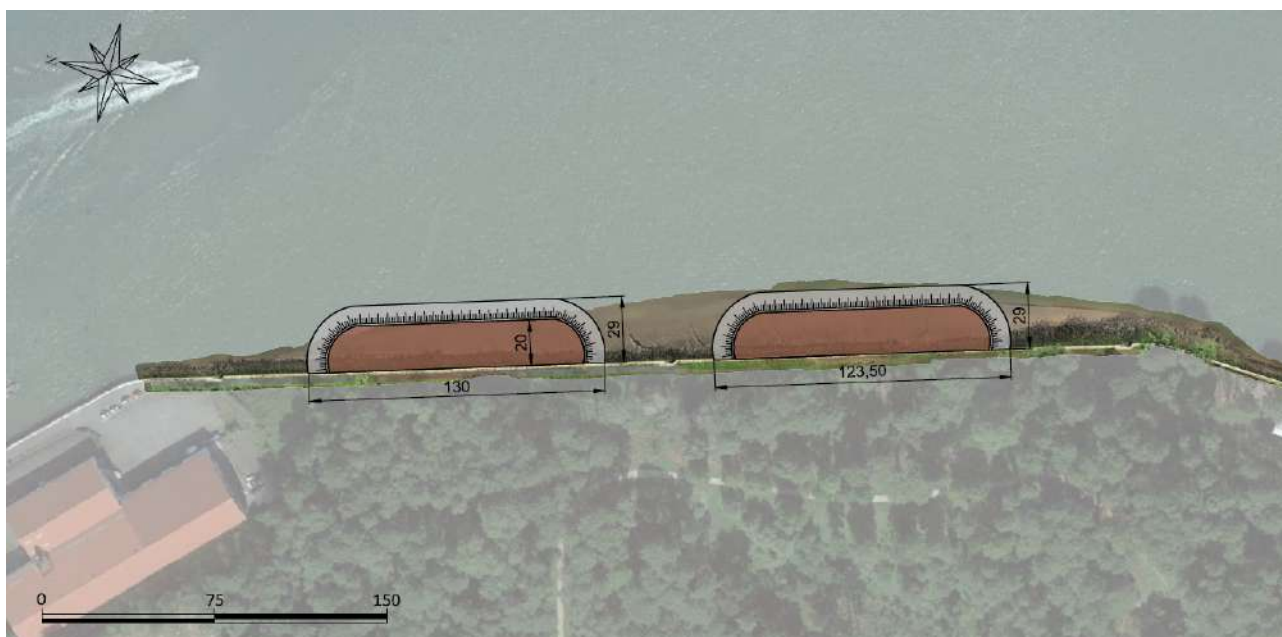


FIGURE 13: PLAN DE MASSE DE L'AMENAGEMENT "RIVE VIVANTE".

Dans le cadre du marché de maîtrise d'œuvre mené par CASAGEC/EGIS, une étude a donc été réalisée sur les espèces compatibles avec le milieu à réhabiliter (cf. section 2.2). Par la suite, une caractérisation du substrat a été effectuée sur un site considéré comme site de référence (cf. section 2.3).

2.2 - Etude des espèces floristiques caractéristiques des habitats de slikke à marée et réflexion sur les modalités de végétalisation

Dans le cadre de cette étude, l'objectif était de mener une étude sur les espèces floristiques caractéristiques des habitats de slikke à marée. Cette étude avait pour but d'identifier les espèces les mieux adaptées pour le projet de revégétalisation des « rives vivantes » sur le site du Lazaret.

2.2.1 - Recherches bibliographiques et inventaire des espèces caractéristiques de la slikke

Pour commencer, des recherches bibliographiques exhaustives ont été menées, afin de recenser les espèces floristiques caractéristiques des milieux estuariens telles que les slikkes. Cette recherche a impliqué la consultation des acteurs et documents suivants :

- Documents et études sur la végétation estuarienne : Analyse des publications et des rapports scientifiques relatifs à la végétation des milieux estuariens, y compris des études spécifiques sur les slikkes (Annexe 3).
- Echange avec Loïc ANRAS, responsable du pôle eau et écosystème du Forum des marais Atlantiques, qui a apporté son expertise sur les espèces caractéristiques des zones de la slikke, en apportant des exemples de gestion et de restauration écologique de ces milieux (Estuaire de la Charente, Baie de l'Aiguillon)
- L'inventaire MARSILEA 2021 (CASAGEC INGENIERIE MARSILEA, 2021) : Cet inventaire a fourni une base de données actualisée des espèces floristiques présentes sur le secteur de l'Adour. Les espèces identifiées dans les zones de slikke ont été extraites, en les croisant avec les informations obtenues lors des recherches bibliographiques.

2.2.1.1 - Identification des espèces indicatrices

Pour identifier les espèces indicatrices des différents types de milieux (haut de slikke, bas de slikke), les critères suivants ont été considérés :

- **Habitat et position sur le littoral** : Les espèces ont été distinguées en fonction de leur niveau sur l'estran, leur tolérance à l'immersion et la salinité (haut ou bas du slikke) pour cibler les espèces adaptées aux conditions locales du site.
- **Aire de répartition** : La sélection s'est principalement focalisée sur les espèces présentes dans les Pyrénées-Atlantiques (64), tout en considérant également certaines espèces trouvées dans les Landes (40) et en Gironde (33).
- **Statut de patrimonialité** : Le statut de conservation des espèces a été pris en compte, en vérifiant leur classification liste rouge de l'UICN (LC, EN, VU, etc.). En effet, des espèces en danger d'extinction ou vulnérables n'auraient pas été sélectionnées pour la revégétalisation des rives vivantes, car cela aurait impliquer de les prélever dans leur milieu naturel, et donc de les impacter d'autant plus.
- **Statut d'indigénat et d'invasivité** : L'évaluation des espèces a été réalisée afin de déterminer si elles étaient indigènes ou invasives, en privilégiant les espèces locales et en évitant celles susceptibles de devenir envahissantes.
- **Statut de protection** : Le niveau de protection des espèces au niveau national ou régional a été vérifié. Pour minimiser les contraintes administratives et juridiques, les espèces qui ne présentent pas de statut de protection, et donc ne nécessitant pas de dérogations, ont été privilégiées. Cela simplifie les démarches administratives préalables à la mise en œuvre de l'opération de réhabilitation.

2.2.1.2 - Sélection des espèces

Suite à l'évaluation des critères mentionnés précédemment, certaines espèces ne répondant pas à tous les critères requis ont été écartées. Les espèces présélectionnées sont recensées dans le Tableau 6.

Au total, 17 espèces ont été répertoriées dont 14 espèces observées sur les berges de l'Adour par MARSILEA (CASAGEC INGENIERIE MARSILEA, 2021), et 3 autres, issues du travail bibliographique et considérées comme des espèces indicatrices de la haute slikke (Code Corine 15.2 : 1320).

TABLEAU 7 : ESPECES FLORISTIQUES INDICATRICES.

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Habitat	Aire de répartition	Statut de patrimonialité	Statut d'indigénat		Statut de protection		Observateur/ Sources	
				LRN (Aq)	Invasive	Indigénat	PN	PR (Aq)		
<i>Baccharis halimifolia</i> L., 1753	Baccharis à feuilles d'Halimione	Haut du schorre, marais salants, bord de rivière	64	NAa	Avérée	Nat.			MARSILEA	
<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn., 1900	Herbe de la Pampa	Terrains vagues, bords de route, prairies.	64	NA	Avérée	Nat.			MARSILEA	
<i>Crithmum maritimum</i> L., 1753	Criste marine	Falaises maritimes, rochers côtiers	64	LC		Ind.		40	MARSILEA	
<i>Erigeron sumatrensis</i> Retz., 1810	Vergerette de Barcelone	Terrains perturbés, bords de routes, friches	64	NAa	Potentielle	Nat.			MARSILEA	
<i>Helichrysum stoechas</i> (L.) Moench, 1794	Immortelle des dunes	Garrigues, maquis, zones rocailleuses	64	LC		Ind.			MARSILEA	
<i>Oenothera biennis</i> L., 1753	Onagre bisannuelle	Terrains perturbés, bords de routes, friches	64	NAa	Potentielle	Nat.			MARSILEA	
<i>Plantago arenaria</i> Waldst. & Kit, 1802	Plantain scabre	Sables maritimes, dunes	64	LC		Ind.			MARSILEA	
<i>Sedum acre</i> L., 1753	Orpin acre	Rochers, pelouses sèches, murets	64	LC		Ind.			MARSILEA	
<i>Senecio inaequidens</i> DC., 1838	Séneçon sud-africain	Friches, bords de routes, terrains perturbés	64	NAa	Potentielle	Nat.			MARSILEA	
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult., 1817	Sétaire naine	Friches, bords de routes, terrains cultivés	64	LC		Ind.			MARSILEA	
<i>Spartina cf. maritima</i> (Curtis) Fernald, 1916	Spartine maritime (probable)	Zone de slikke	64	LC		Ind.			MARSILEA	espèce indicatrice haute slikke, Code corine 15.2 : 1320
<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R.Br., 1810	Sporobole fertile	Prairies, bords de routes, terrains perturbés	64	NAa	Avérée	Nat.			MARSILEA	
<i>Tripolium pannonicum</i> (Jacq.) Dobrocz., 1962	Aster maritime	Marais salants, prairies humides	64	LC		Ind.		64	MARSILEA	espèce indicatrice haute slikke, Code corine 15.2 : 1320
<i>Verbascum sinuatum</i> L., 1753	Molène sinuée	Terrains arides, bords de routes, friches	64	LC		Ind.			MARSILEA	
<i>Spartina anglica</i>	Spartine anglaise	Zone de slikke	40		Avérée	Nat.				espèce indicatrice haute slikke, Code corine 15.2 : 1320
<i>Sarcocornia perennis</i>	Salicorne vivace	Zone de slikke, haut dre slikke	40	LC		Ind.				espèce indicatrice haute slikke, Code corine 15.2 : 1320
<i>Salicornia fragilis</i>	Salicorne jaunissante	Zonne de slikke	33	LC		Ind.				espèce indicatrice haute slikke, Code corine 15.2 : 1320

Espèces non tolérantes aux immersions/émersions
Espèces invasives
Espèces indicatrice de Prés à Spartine maritime de la haute slikke (1320-1) hors 64
Espèce de falaises littorales
Espèces ciblée pour la colonisation spontanée

Parmi celles-ci, ont été écartées :

- 7 espèces invasives ;
- 5 autres espèces non tolérantes aux immersions/émersions et donc pas compatibles avec la zone à revégétaliser en zone de slikke, observées par MARSILEA plus haut sur les berges ;
- 1 espèce typique des falaises littorales, la Criste marine, ayant colonisé comme habitat de substitution les enrochements présents sur les berges de Saint Bernard.

Parmi les 4 espèces restantes, toutes typiques de la slikke, la Salicorne vivace et la Salicorne jaunissante, sont présentes respectivement dans les départements 40 et 33, mais sont absentes dans le 64 et sont donc écartées.

Ainsi, parmi les deux espèces restantes (l'Aster maritime et la Spartine maritime), caractéristiques de la slikke et observées sur les berges de l'Adour par MARSILEA, la Spartine maritime a été privilégiée. En effet, le statut de protection de l'Aster maritime dans le département 64 n'est pas favorable à sa réimplantation, elle n'est donc pas privilégiée car cela pourrait nécessiter des demandes de dérogation. Cependant, à terme, une recolonisation spontanée de l'Aster maritime peut être attendue.

2.2.2 - Echanges et discussion avec le CBNSA

Après cette phase de sélection, une réunion avec le Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique (CBNSA) a été organisée pour obtenir un avis d'expert sur les espèces présélectionnées. Cette rencontre a permis de :

- Valider les espèces présélectionnées : Recevoir des retours sur la pertinence des choix effectués.
- Échanger sur les sources et les modalités de mise en œuvre : Discuter des sources potentielles d'approvisionnement en plantes, des modalités de mise en œuvre du projet, et des actions correctives éventuelles à envisager pour assurer le succès de la revégétalisation.

Suite aux échanges avec le CBNSA, il a été convenu qu'une colonisation végétale spontanée, sous réserve de surveiller le développement des exotiques envahissantes, apparaissait plus pertinente qu'un réensemencement tel qu'initialement envisagé sur l'une des rives vivantes. Il est en effet considéré qu'à partir du moment où un habitat avec un niveau topographique favorable (exondation régulière) serait présent, il serait alors automatiquement colonisé par des espèces végétales. Pour la colonisation spontanée, les espèces végétales ciblées sont la Spartine maritime et l'Aster maritime.

Ainsi, il a été retenu que le projet se déroulerait en 2 phases : une première rive vivante sera ainsi mise en place avec un objectif de revégétalisation spontanée. En fonction des résultats de cette première phase test, en cas de résultats positifs à l'issue des 3 premières années de suivi, la Région s'engagera dans la mise en œuvre du second aménagement.

Des mesures correctives, visant à accompagner la reprise de la végétation sont également envisagées. En effet, une espèce exotique envahissante, telle que l'hybride de spartine est considérée comme ayant un impact majeur sur le milieu. Elle n'est à ce titre pas à valoriser. Des opérations d'arrachage sont donc à prévoir. Cette veille vis-à-vis des invasives devra intervenir dès la première année de mise en œuvre du premier ajustement topographique afin d'éviter le plus en amont possible leurs installations.

En cas de non reprise spontanée d'une végétation typique des prés salés sous 3 ans, une intervention pour la création d'un couvert végétal sera alors nécessaire. A ce titre, il est envisagé la récolte de pieds sur un milieu type Bassin d'Arcachon ou la collecte de graines au sein de l'ENS (Espace Naturel Sensible) de Saint Jean de Luz. En cas d'intervention, le ré-ensemencement d'un cortège floristique sera privilégié à l'apport d'une espèce unique.

2.3 - Etude de caractérisation des sédiments

Au regard du retour d'expérience de réhabilitation écologique indirect réussie au niveau des berges de Saint Bernard (cf. section 2.1), une approche in-situ corrélée à des essais en laboratoires a été choisie afin de caractériser le substrat du site et ainsi permettre de préciser la nature des matériaux supports à envisager dans le cadre de la maîtrise d'œuvre de la solution de renaturation des berges du Lazaret.

Pour ce faire, ces études complémentaires ont donné lieu à :

- La réalisation de 4 sondages à la tarière à main, descendus jusqu'au refus (entre 0,40m et 0,80m/TN), implantés comme représenté en Figure 14 : plan d'implantation des points de sondages au droit de la zone de Saint Bernard. en Figure 14.
- La conduite d'une analyse granulométrique par tamisage en laboratoire sur 3 échantillons de sols remaniés afin d'appréhender les principales caractéristiques (nature, épaisseur, etc...) de la succession lithologique de la zone de Saint Bernard.

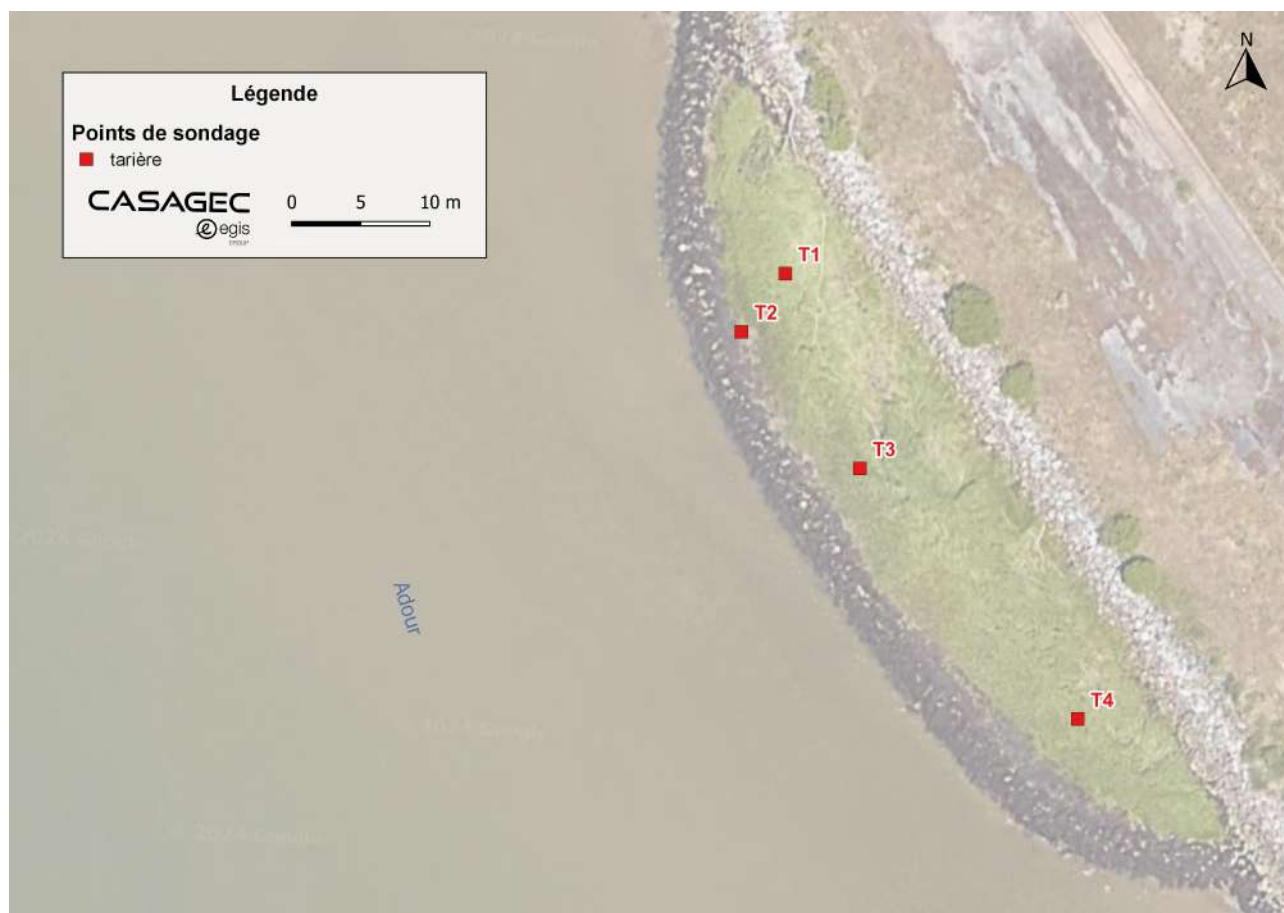


FIGURE 14 : PLAN D'IMPLANTATION DES POINTS DE SONDAGES AU DROIT DE LA ZONE DE SAINT BERNARD.

2.3.1 - Lithologie

Suite à la réalisation des sondages à la tarière sur la zone de Saint Bernard, la lithologie relevée au droit des points de sondage T1, T3 et T4 est homogène. Elle présente la succession suivante (du haut vers le bas) :

- Une couche de surface d'argiles vasardes saturées en eau (crème de vase), colonisée par des spartines,
- Un horizon d'argile vasarde à passe organique et nombreux résidus végétaux (racines, rhizomes, etc...) ayant une influence fixatrice. Cet horizon est repéré jusqu'à une profondeur comprise entre 0,40m et 0,70m/TN.

- Une assise en remblais sablo-graveleux ocre (présence de blocs pluricentimétriques à pluridécimétriques). Ces remblais sont vraisemblablement les éléments constitutifs de la berge de la zone de Saint Bernard avant l'effondrement dans les années 1990.
- Refus de sondage au droit de la couche de remblais.

Le sondage T2, réalisé en crête, d'ouvrage a permis de mettre en évidence les remblais d'assise sous-jacents. Ces résultats permettent de retenir un matériau hétérogène sablo-graveleux, ocre, présentant des blocs pluricentimétriques à pluridécimétriques.



FIGURE 15: PHOTOGRAPHIE DES ZONES SONDEES (A G. LE PRE A SPARTINES [T1, T3, T4], A D. LA ZONE DE CRETE [T2]).

2.3.2 - Granulométrie

Les analyses in-situ et en laboratoire effectuées sur les différents points d'étude fournissent des informations sur la composition et la structure du substrat au droit du site de Saint Bernard (retour d'expérience indirect de réhabilitation écologique réussie).

Dans le cadre de cette étude de caractérisation et afin de compléter les observations et les descriptions réalisées sur site, une analyse granulométrique visant à préciser la forme, la dimension et la répartition en différentes classes des grains a été menée sur 3 échantillons prélevés respectivement dans les sondages T1, T2 et T3 (Annexe 4).

2.3.2.1 - Substrat vasard

Les échantillons T1 et T3 ont été prélevés au sein de la formation d'argiles vasardes. Ils révèlent une composition prédominante de particules fines ($\emptyset \leq 63 \mu\text{m}$) et très fines ($0,08\text{mm} < \emptyset < 0,16\text{mm}$), représentative de la nature vasarde des horizons identifiés sur le terrain. Ponctuellement, une proportion significative de particules moyennes et grossières ($0,315\text{mm} < \emptyset < 1,25\text{mm}$), principalement constituées de résidus végétaux est également reconnue.

Le rôle fixateur de la végétation est ainsi confirmé. En effet, les éléments d'origine végétale reconnus au sein de la couche argileuse semblent témoigner d'un phénomène d'accrétion vasarde cyclique selon les deux phases suivantes :

- Phase d'accrétion vasarde
- Phase de colonisation et fixation des éléments par les espèces végétales type spartinaie.

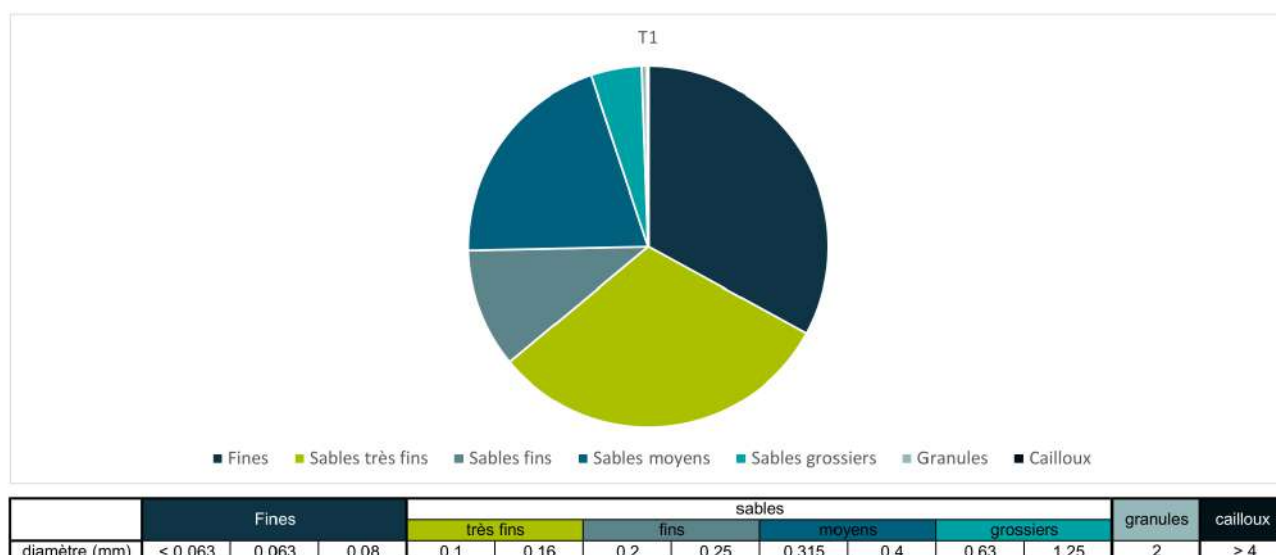


FIGURE 16 : EXEMPLE DE LA REPARTITION DES CLASSES GRANULOMETRIQUES DE L'ECHANTILLON T1.

2.3.2.2 - Assise en remblais

L'analyse de la granulométrie de l'échantillon T2 révèle une composition plus grossière, marquée par la présence notable de cailloux et de blocs ($\varnothing > 4$ mm). Ces éléments grossiers (atteignant ponctuellement des diamètres d'ordre pluricentimétrique) caractérisent les matériaux de remblais de berges effondrées dans les années 1990.

En conclusion, les analyses in-situ et en laboratoire effectuées sur les différents points d'étude fournissent des informations sur la composition et la structure du substrat au droit du site de de Saint Bernard (retour d'expérience indirect de réhabilitation écologique réussie).

Les caractéristiques retenues du substrat ainsi étudié sont les suivantes :

- Epaisseur de l'ordre de 0,70 m,
- Granulométrie : Matériaux majoritairement composé de fractions fines à très fines inférieure à $\varnothing 0,16$ mm,
- Résidus de végétation (anciens prés à spartines, support de fixation des matériaux vasards).

3 - CONCLUSION

Pour conclure, ce stage au sein de l'entreprise EGIS - Solutions Maritimes m'a permis d'acquérir des connaissances et de développer des compétences dans l'étude, la compréhension et la gestion des zones humides littorales.

La rédaction du rapport de phase 3 du site du Bourdigou (Casagec by Egis, 2024b) avec, la synthèse des menaces telles que l'érosion du trait de côte et le risque d'inondation, ainsi que la proposition de solutions correctives, a constitué l'axe principal de mon travail. Cette démarche a contribué à une meilleure compréhension du fonctionnement du site d'étude du Bourdigou et à la formulation des modalités d'intervention pour restaurer et préserver son équilibre naturel. En effet, plusieurs solutions correctives ont été proposées et comparées au travers de l'AMC, permettant ainsi de hiérarchiser les scénarios et de sélectionner celui semblant le plus avantageux au regard des critères considérés : le scénario 3 portant sur un démantèlement total des ouvrages du débouché, sans transfert mécanique de sable.

La zone humide du Lazaret a également fait l'objet d'une partie de mon travail de stage, visant la restauration de la zone de slikke. Ce projet a consisté en l'identification des espèces les mieux adaptées à cet environnement, la définition en collaboration avec le CBNSA de modalités de végétalisation, et en l'identification des conditions optimales pour leur développement, définies suite aux campagnes de terrain et analyses en laboratoire. Si la colonisation spontanée de la « rive vivante » s'avère positive, ce projet pilote pourrait servir de modèle pour d'autres initiatives de restauration des habitats de type prés à Spartines, particulièrement dans le Sud de l'Aquitaine où ce type d'habitat est présent à un état relictuel (hors bassin d'Arcachon).

En conclusion, ce stage a été une opportunité enrichissante pour appliquer mes connaissances académiques à des problématiques concrètes, développer mes compétences techniques et méthodologiques, et contribuer à des projets de réhabilitation écologique significatifs.

4 - RETOUR SUR L'EXPERIENCE

Je tire un bilan très positif de ce stage, qui fut une expérience enrichissante tant sur le plan professionnel que personnel. Sur le plan professionnel d'abord, j'ai pu appréhender toutes les facettes du métier d'ingénieur du littoral, notamment le terrain, l'analyse en laboratoire et la rédaction de livrables.

Sur le plan personnel ensuite, ce stage m'a permis de gagner en confiance et en autonomie. J'ai appris à mieux gérer mon stress et à faire preuve de résilience face aux défis. De plus, cette immersion dans un environnement professionnel stimulant m'a permis de découvrir mes capacités à m'adapter et à m'intégrer efficacement dans une équipe. J'ai, en effet, beaucoup apprécié travailler en équipe et avec différents corps de métier, tels que les ingénieurs et chargés d'étude de l'équipe solutions maritimes, les acteurs du CBNSA, ou les acteurs du port de Bayonne rencontrés au cours d'une réunion pour le Lazaret.

Pendant mon stage, j'ai été confronté à des défis d'apprentissage, qui m'ont permis de progresser professionnellement. Par exemple, lors de l'analyse de données bibliographiques ou de terrain, j'ai parfois omis certains paramètres ou manqué de clarté dans la synthèse des enjeux liés à l'AMC du Bourdigou. Ces situations ont pu conduire à des conclusions partielles. Toutefois, grâce aux échanges avec mes collègues et aux conseils d'experts, j'ai pu ajuster les méthodes de collecte et d'analyse des données pour améliorer la qualité de mes travaux. C'est par exemple le cas du Lazaret, où mon échange avec Loïc ANRAS (Forum des Marais Atlantiques) m'a permis de mettre en lumière les différentes espèces présentes sur les différents niveaux de l'estran, et de confirmer certaines des espèces que j'avais présélectionnées. Cela m'a enseigné l'importance de la rigueur scientifique et de la validation des résultats par des pairs.

De plus, lors de la rédaction de rapports, j'ai parfois éprouvé des difficultés à être concise et à présenter les informations de manière claire, notamment pour le rapport de phase 3 du Bourdigou (Casagec by Egis, 2024b), ce qui a pu compliquer la compréhension pour les autres membres de l'équipe. Cela m'a incité à rechercher des conseils pour améliorer mes compétences rédactionnelles.

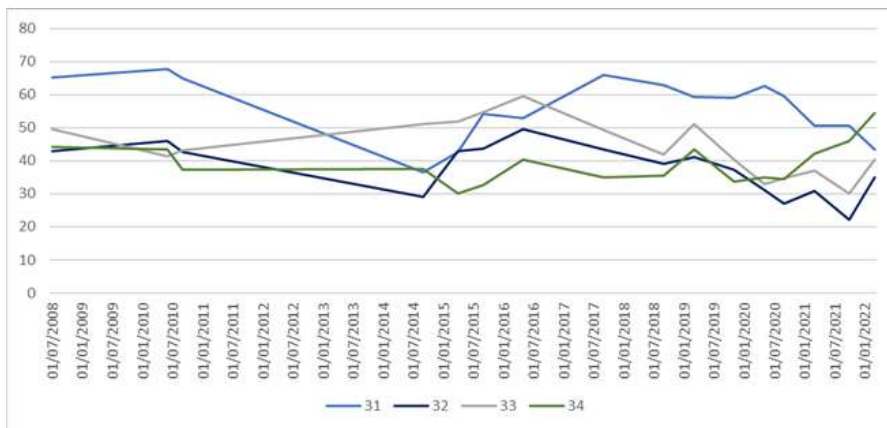
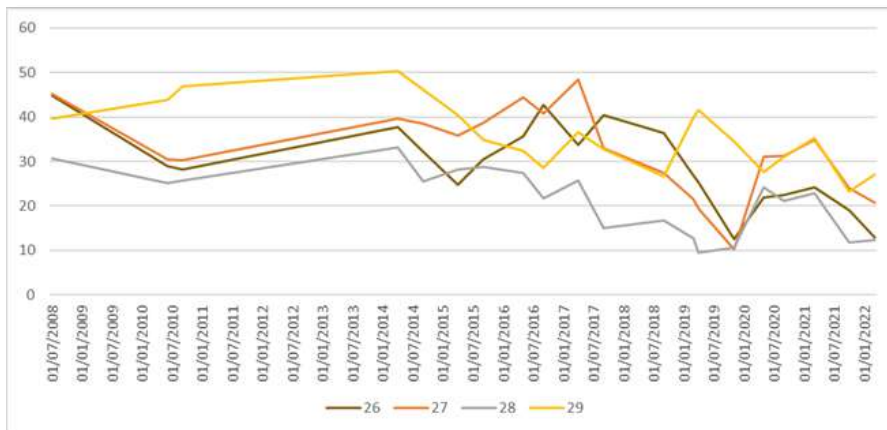
Grâce aux acquis d'une méthodologie de travail forte que l'entreprise EGIS m'a transmise, combinée à la formation théorique que j'ai reçue, je suis aujourd'hui en mesure d'étudier divers paramètres qui entrent en jeu dans l'évolution du littoral et de ses zones humides.

Aujourd'hui, après 6 mois passés auprès de l'équipe EGIS Solutions maritimes, je sais que je souhaite plutôt intégrer une structure polyvalente et pluridisciplinaire, afin de travailler sur des projets moins "cloisonnés" et véritablement transversaux, pour ainsi démultiplier mes champs de compétences. Ce stage m'a permis de confirmer mon attrait pour les environnements littoraux et m'offre aujourd'hui une opportunité de CDI en tant qu'ingénieure dans l'équipe d'EGIS Solutions maritimes.

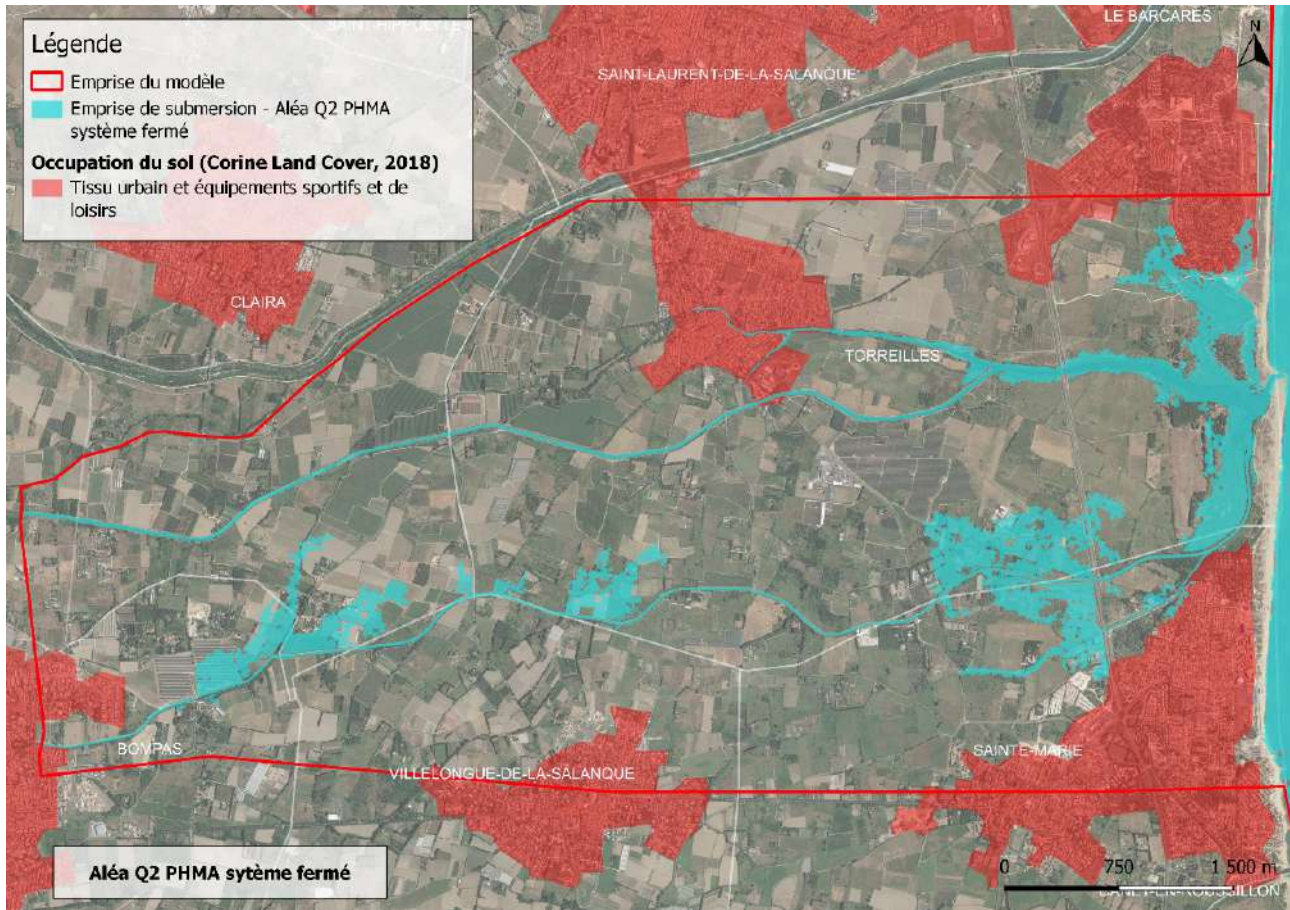
BIBLIOGRAPHIE

- Bullock, A. Acreman, M. (2003).** The role of wetlands in the hydrological cycle, Hydrol. Earth Syst. Sci., 7, 358–389 p.
- Bressan Y. (2006).** Délimitation de l'espace fonctionnel par fonction et par type de zones humides du bassin Rhône-Méditerranée. Les fonctions des zones humides : Synthèses bibliographique. Ecosphère, 132 p.
- Casagec by Egis (2024a),** Etude de fonctionnement du site « le Bourdigou » sur la commune de Torreilles, missions 1 et 2 : actualisation de l'état des lieux et diagnostic.
- Casagec by Egis (2024b),** Etude de fonctionnement du site « le Bourdigou » sur la commune de Torreilles, missions 3 et 4 : Solutions Correctives et programme d'actions En cours de rédaction.
- CASAGEC INGENIERIE MARSILEA (novembre 2021),** Étude pour la réhabilitation écologique de l'estran du Lazaret – Port de Bayonne, Phase 2 : Analyse écologique & diagnostic, Rapport phase 2.
- ECOTONE (2022a).** Note méthodologique - Espace de référence. Stratégie de gestion des zones. Bassin versant de la Têt. 46 p.
- ECOTONE (2022b).** Note méthodologique –Priorisation des entités de gestion. Stratégie de gestion des zones. Bassin versant de la Têt. 59 p.
- Eau France,** Estuaire, Lagunes et deltas des écosystèmes riches en biodiversité, [en ligne]. Disponible sur : <https://www.eaufrance.fr/estuaires-lagunes-et-deltas-des-ecosystemes-riches-en-biodiversite>
- Office Français de la Biodiversité (2023),** Zones humides, [en ligne]. Disponible sur : <https://www.zones-humides.org/interets/fonctions/fonctions-hydrologiques>
- Pellerin S. et al. (2019).** Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? Synthèse du rapport d'étude. INRA (France), 114 p
- SMTBV (2017).** Contrat de rivière Têt et Bourdigou, 2017-2022. Projet final du contrat validé en comité rivière le 5 juillet 2017.
- Villa J. A. Bernal B. (2017).** Carbon sequestration in wetlands, from science to practice : An overview of the biogeochemical process, measurement methods, and policy framework. Ecol. Eng. 14 p

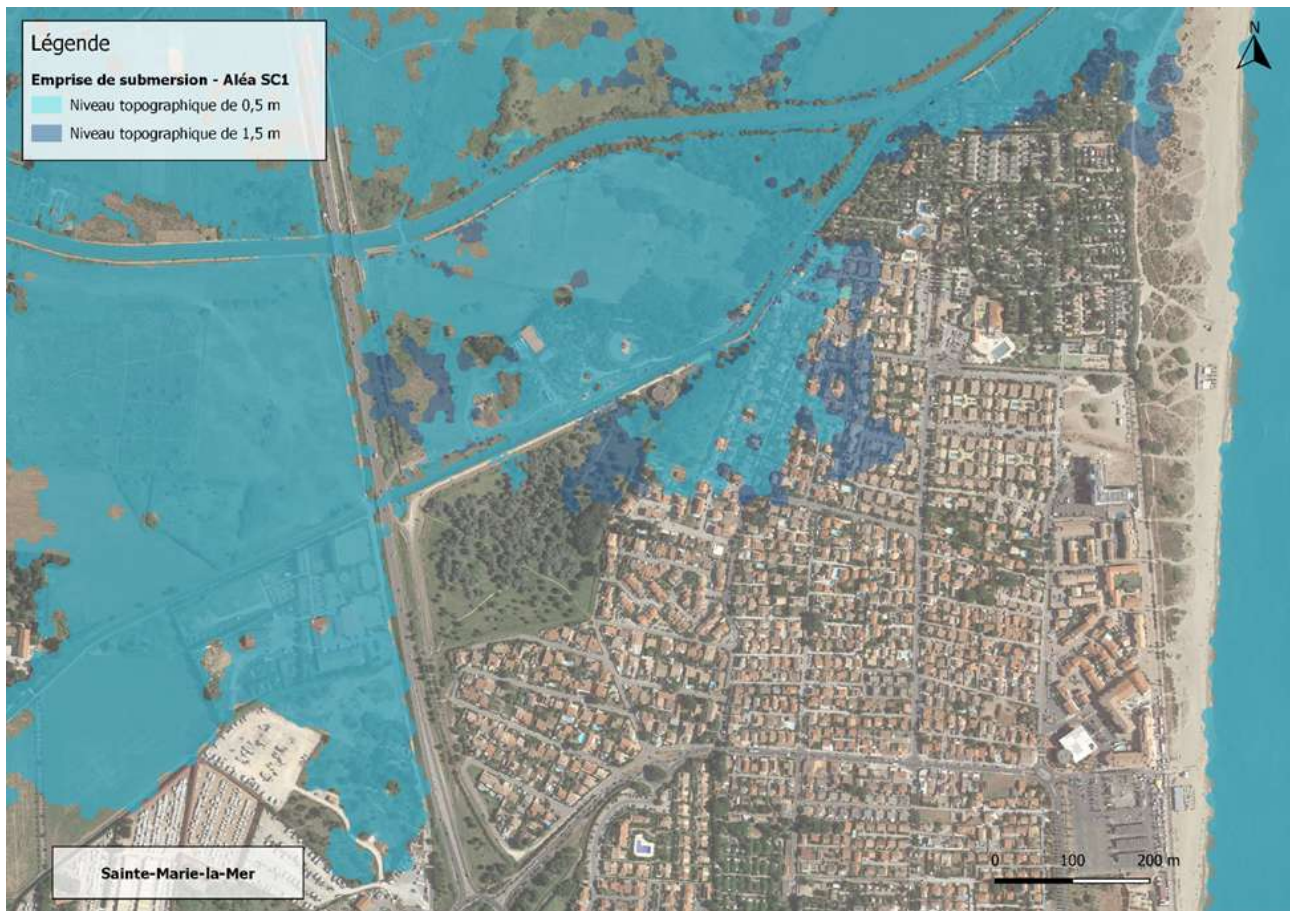
ANNEXE 1 : EVOLUTIONS RECENTES (2008-2022) DE LA LARGEUR DE PLAGE (EN M) DE PART ET D'AUTRE DU DEBOUCHE DU BOURDIGOU (ORTHOPHOTOGRAPHIE GOOGLE EARTH, 2020).



ANNEXE 2 : EXEMPLE DE CARTE DE TRAVAIL OBTENUE DANS LE CADRE DU TRAVAIL GEOMATIQUE PERMETTANT LA SUPERPOSITION DES EMPRISES INONDEES ET DES ZONES URBANISEES A L'ECHELLE DE L'EMPRISE TERRESTRE DU MODELE NUMERIQUE (DOCUMENT SANS VALEUR REGLEMENTAIRE).



ANNEXE 3 : EMPRISE DES SURFACES INONDEES POUR UNE CRUE DECENNALE ET DES NIVEAUX TOPOGRAPHIQUES DANS L'EMBOUCHURE DE 0.5 ET DE 1.5 M NGF SUR SAINTE MARIE



ANNEXE 4 : DOCUMENTS SUR LA VEGETATION ESTUARIENNE CONSULTÉS.

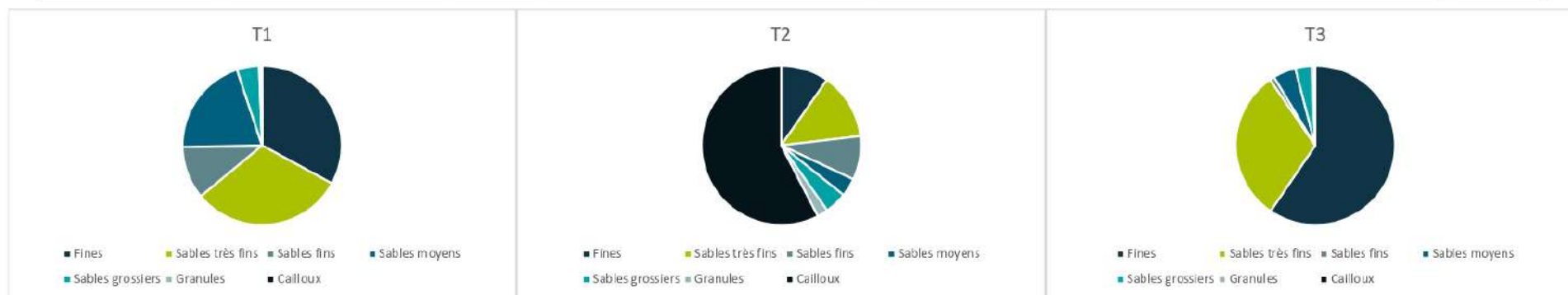
Fiche vegelite	Conservatoire botanique national de Bailleul. (2022). <i>Les estuaires, des milieux à préserver, Plantes et végétations des estuaires : connaître, comprendre, agir</i> . Bailleul.
	https://www.calameo.com/ofbiodiversite/read/00350294877e4c8d8710a?view=book&page=3
Espèce indicatrice haute slikke, Code corine 15.2 : 1320	Natura2000. (2004). <i>Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire : habitats côtiers</i> .
	https://www.natura2000.fr/sites/default/files/references_bibliographiques/tome2.pdf
Estuaire Gironde	Université de Bordeaux. (2017). <i>Trajectoire de restauration des marais intertidaux : réponse du necton à la dépoldérisation dans l'estuaire de la Gironde</i> . Thèse de doctorat, NNT : 2017BORD0883, Identifiant électronique : tel-01717327.
	https://theses.hal.science/tel-01717327v1/file/LECHENE_ALAIN_2017.pdf
Aquacaen	Berthelot A., V. Le Ny & O. Basuyaux, (2018). <i>Protocole pour la restauration de l'herbier de Zostera marina sur l'ouest cotentin</i> . Rapport projet d'application Master II Aquacaen, 2017-2018 / SMEL.
Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec, 2017	Comtois, S., É. Bachand et J-É. Joubert. (2016). <i>Rapport de restauration des habitats côtiers de l'Anse-du-Portage</i> . Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec. 44 p.
Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec, 2016	Comtois, S. (2017). Caractérisation biophysique de l'anse du Portage et restauration d'habitats côtiers. Rapport final. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec. 32 p.
Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Sacré-cœur, Québec, 2016	Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. (2013). Rapport de caractérisation du marais salé de Sacré-Cœur, 26 p.

ANNEXE 5 : REPARTITION DES CLASSES GRANULOMETRIQUES DES ECHANTILLONS T1, T2, T3.

T1	fines			sables								granules	cailloux
				très fins		fins		moyens		grossiers			
diamètre	< 0.063	0,063	0,08	0,1	0,16	0,2	0,25	0,315	0,4	0,63	1,25	2	> 4
masse tamis	407,5	415,8	423	419,1	432,7	436,8	432,8	440,3	447,9	473,8	495	532,1	556,6
masse tamis + sédiment	455,3	431,5	442,1	449,9	442,5	445,7	444,5	454,2	472,9	480,9	496,7	533	556,8
masse sédiment	47,8	15,7	19,1	30,8	9,8	8,9	11,7	13,9	25	7,1	1,7	0,9	0,2
%	24,82	8,15	9,92	15,99	5,09	4,62	6,07	7,22	12,98	3,69	0,88	0,47	0,10
% cumulés	24.82	32.97	42.89	58.88	63.97	68.59	74.66	81.88	94.86	98.55	99.43	99.90	100.00
													masse totale
													192,6

T2	fines			sables								granules	cailloux
				très fins		fins		moyens		grossiers			
diamètre	< 0.063	0.063	0.08	0,1	0,16	0,2	0,25	0,315	0,4	0,63	1,25	2	> 4
masse tamis	407,8	415,9	423,4	419,2	432,8	436,7	432,7	440,3	447,9	473,7	495,1	532	556,5
masse tamis + sédiment	448,2	437,1	440,1	469,9	450,4	455,5	470,1	457,1	454,1	494,2	503,2	546	920,9
masse sédiment	40,4	21,2	16,7	50,7	17,6	18,8	37,4	16,8	6,2	20,5	8,1	14	364,4
%	6,38	3,35	2,64	8,01	2,78	2,97	5,91	2,65	0,98	3,24	1,28	2,21	57,59
% cumulés	6.38	9.73	12.37	20.39	23.17	26.14	32.05	34.70	35.68	38.92	40.20	42.41	100.00
													masse totale
													632.8

T3	fines			sables								granules	cailloux
				très fins		fins		moyens		grossiers			
diamètre	< 0.063	0.063	0.08	0,1	0,16	0,2	0,25	0,315	0,4	0,63	1,25	2	> 4
masse tamis	407,8	415,9	423,3	419,1	432,7	436,7	432,8	440,4	447,9	473,8	495,1	532,1	556,6
masse tamis + sédiment	490,2	442,7	439,2	457,3	435,3	437,8	433,4	442,6	454,1	478,4	496,7	533,3	556,7
masse sédiment	82,4	26,8	15,9	38,2	2,6	1,1	0,6	2,2	6,2	4,6	1,6	1,2	0,1
%	44,90	14,60	8,66	20,82	1,42	0,60	0,33	1,20	3,38	2,51	0,87	0,65	0,05
% cumulés	44.90	59.51	68.17	88.99	90.41	91.01	91.34	92.53	95.91	98.42	99.29	99.95	100.00
													masse totale
													183.5



ANNEXES 6 : PROCES VERBAUX DES TARIERES DE RECONNAISSANCE DU SUBSTRAT

Client :

Chantier :

Référence Etude :

Region Nouvelle-Aquitaine, Port de Bayonne

Maîtrise d'œuvre de réhabilitation des berges du Lazaret

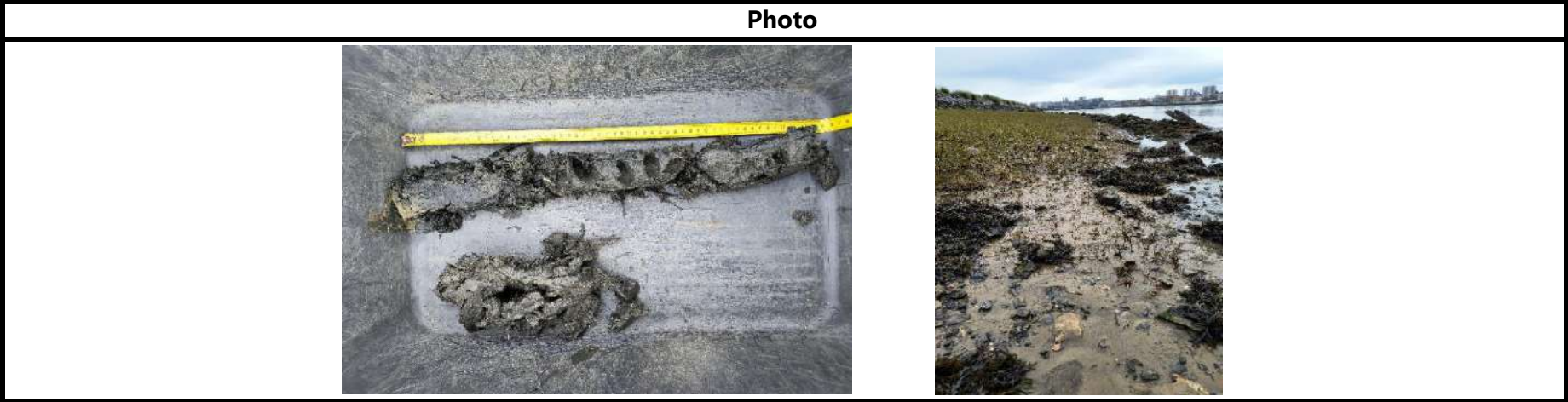
CI-23059

Sondage : T1				Date : 12/03/2024	
Coordonnées :		DMS		OPERATEURS : HBT, ORS	
X=	43°30'12,0186"N	Y=	1°29'22,7159"O		

Prof (m)		Cote NGF (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Ech.	Outils	Description des sols
0,5	0,03					TARIERE A MAIN	Argile vasarde marron/beige saturée en eau
							Argile vasarde à passe organique. Présence abondante de racines et residus végétaux fixateurs des matériaux vasards
1,0	0,7						Remblais sablo-graveleux ocre
	0,8						ARRET SONDAGE : Refus sur blocs
1,5							
2,0							

Observations

Profondeur investiguée 0,80 m.



Client :
Chantier :
Référence Etude :

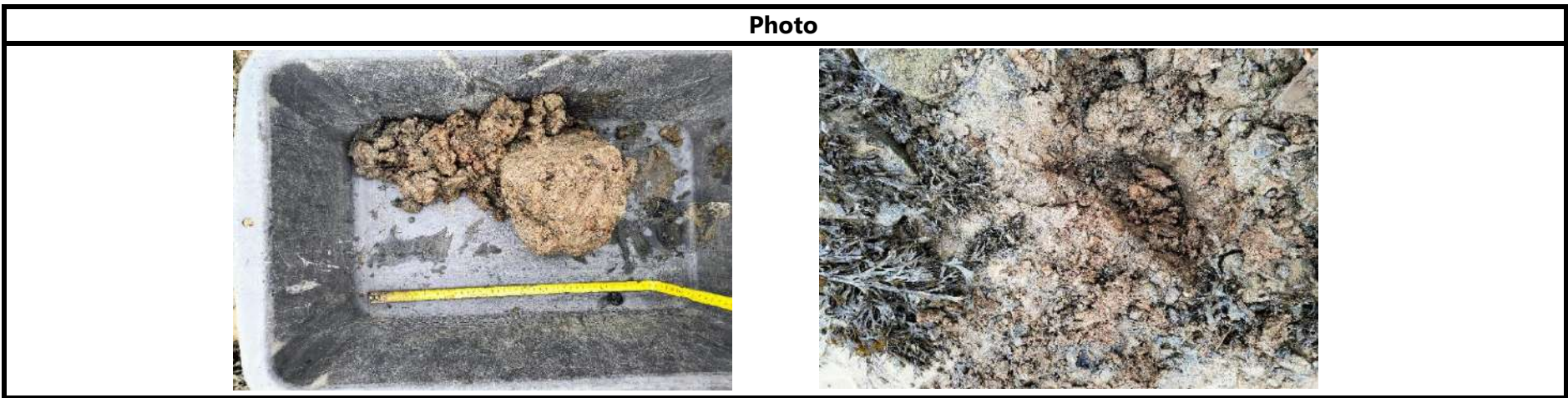
Region Nouvelle-Aquitaine, Port de Bayonne
Maîtrise d'œuvre de réhabilitation des berges du Lazaret
CI-23059

Sondage : T2		Date : 12/03/2024	
Coordonnées :		DMS	OPERATEURS :
X=	43°30'11,8786"N	Y=	1°29'22,8383"O
		HBT, ORS	

Prof (m)		Cote NGF (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Ech.	Outils	Description des sols
0,5	0,05					TARIERE A MAIN	Argile vasarde marron/beige saturée en eau
	0,3						Remblais sablo-graveleux à argilo-sableux, ocre et nombreux blocs pluricentimétriques à pluridécimétriques
							ARRET SONDAGE : refus sur blocs
1,0							
1,5							
2,0							

Observations

Profondeur investiguée 0,30 m.



Client :
Chantier :
Référence Etude :

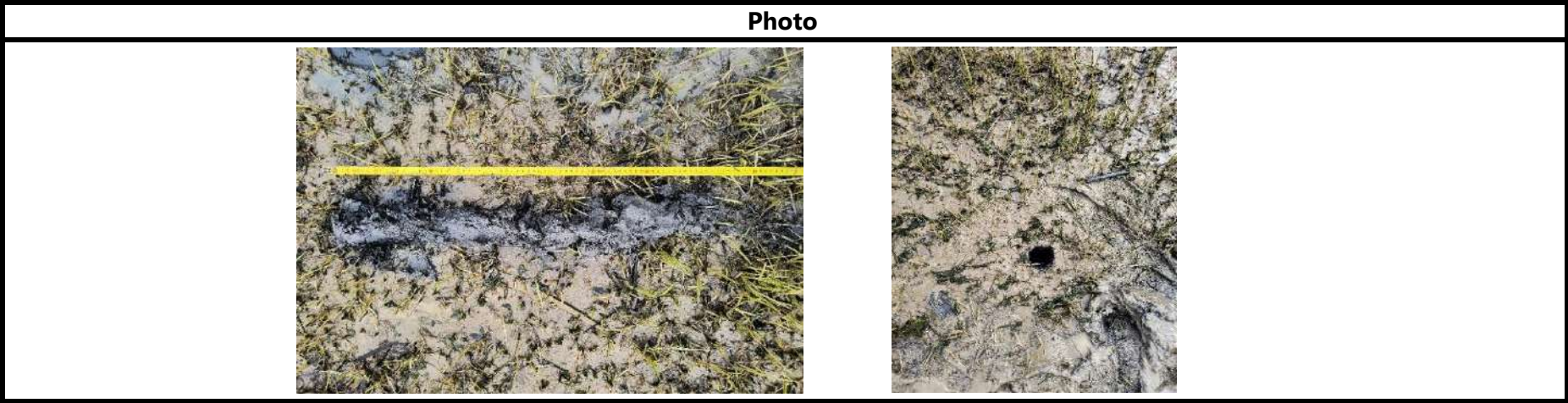
Region Nouvelle-Aquitaine, Port de Bayonne
Maîtrise d'œuvre de réhabilitation des berges du Lazaret
CI-23059

Sondage : T3		Date : 12/03/2024	
Coordonnées :		OPERATEURS : HBT, ORS	
X=	43°30'11,5736"N Y= 1°29'22,4358"O		

Prof (m)		Cote NGF (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Ech.	Outils	Description des sols
0,5	0,03					TARIERE A MAIN	Argile vasarde marron/beige saturée en eau
							Argile vasarde à passe organique. Présence abondante de racines et residus végétaux fixateurs des matériaux vasards
1,0	0,7						Remblais sablo-graveleux ocre
	0,8						ARRET SONDAGE : Refus sur blocs
1,5							
2,0							

Observations

Profondeur investiguée 0,80 m.



Client :
Chantier :
Référence Etude :

Region Nouvelle-Aquitaine, Port de Bayonne
Maîtrise d'œuvre de réhabilitation des berges du Lazaret
CI-23059

Sondage : T4		Date : 12/03/2024	
Coordonnées :		OPERATEURS : HBT, ORS	
X=	43°30'11,0203"N Y= 1°29'21,6881"O		

Prof (m)		Cote NGF (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Ech.	Outils	Description des sols
0,5	0,03					TARIERE A MAIN	Argile vasarde saturée en eau
							Argile vasarde à passe organique. Présence abondante de racines et residus végétaux fixateurs des matériaux vasards
	0,4						Remblais sablo-graveleux ocre
	0,45						ARRET SONDAGE : Refus sur blocs
1,0							
1,5							
2,0							

Observations

Profondeur investiguée 0,45 m.

Photo



LEXIQUE

Accrétion : Accumulation de sédiments pouvant être d'origine naturelle ou artificielle. L'accrétion naturelle de sédiments est réalisée par dépôts éoliens ou marins sur la plage. L'accrétion artificielle correspond à une accumulation issue de la mise en place d'ouvrages de protection ou le dépôt à l'aide d'engins.

Altimétrie : Technique de mesure des altitudes.

Biseau salé : Zone de transition dans un aquifère côtier où l'eau douce souterraine rencontre l'eau salée de la mer. Cette interface est souvent influencée par des facteurs tels que les marées, la recharge de l'aquifère par les précipitations, et le pompage de l'eau douce pour des usages anthropiques.

Erosion : Ensemble de phénomènes externes qui, à la surface du sol ou à faible profondeur, modifient le relief par enlèvement de matière solide.

Estran : Partie du littoral périodiquement recouverte par la marée.

Littoral : Zone de contact entre l'hydrosphère, l'atmosphère et la lithosphère. Au sens strict, c'est la zone comprise entre les plus hautes et les plus basses mers. La largeur de ce domaine est variable ; il englobe l'arrière-côte dans la terre ferme, le rivage proprement dit et la zone de balancement des marées ou estran, ainsi que l'avant-côte submergée en permanence.

Marée : La marée est la variation de la hauteur du niveau des mers et des océans, causée par la combinaison des forces gravitationnelles dues à la Lune et au Soleil.

Zone polyhaline : catégorie de salinité, s'appliquant le plus souvent aux régions estuariennes. La salinité d'une eau polyhaline se situe entre 16 ou 18 (eau saumâtre) et 30 parties par milliers (eau de mer).

Schorre : (ou pré-salé) étendue naturelle plane à végétation basse située à proximité du bord de mer, inondée par les eaux salées uniquement lors des hautes marées.

Sédimentation : La sédimentation est un processus dans lequel des particules de matière quelconque cessent progressivement de se déplacer et se réunissent en couches.

Slikke : partie de l'estran située en aval des vasières du littoral, inondée à chaque marée haute.

Submersion : La submersion est l'action de recouvrir complètement d'eau, ou d'un autre liquide.

Talweg : ligne suivant le point le plus bas d'une vallée, où les eaux de ruissellement convergent naturellement

Topographie : Science qui permet la mesure puis la représentation sur un plan ou une carte des formes et détails visibles sur le terrain, qu'ils soient naturels ou artificiels.

Trait de côte : Représente le plus souvent la limite des plus hautes mers, mais la définition de cette locution peut varier selon l'usage : zéro hydrographique, zéro NGF, pied de dune, berme...

RESUME

Ce rapport de stage offre une analyse approfondie des études des zones humides littorales, en se concentrant principalement sur le site du Bourdigou. Le rapport détaille les méthodologies employées dans la collecte et l'analyse des données, offrant un aperçu des aspects pratiques et techniques de l'ingénierie côtière. Les principaux résultats révèlent trois priorités majeures : stabiliser le littoral pour lutter contre l'érosion, améliorer la gestion du risque d'inondation, et comprendre le comportement hydrologique de la zone humide pour une gestion durable. Ces connaissances conduisent à la proposition de différents scénarios d'intervention, allant de l'inaction, au démantèlement et au transfert mécanique de sable. Pour définir le meilleur scénario, une analyse multicritère est effectuée, afin de hiérarchiser les solutions correctives.

Ce stage a également fait l'objet de la réhabilitation écologique des berges du Lazaret. Etude pour laquelle des recherches bibliographiques, des prélèvements sur le terrain et de l'analyse en laboratoire ont été effectuées afin de connaître les conditions et espèces les plus favorables à la création des « rives vivantes » sur les berges du Lazaret.

Mots clés : zone humide littorale, restauration écologique, réhabilitation des berges, érosion côtière, risque d'inondation, scénarios de gestion, Spartine maritime, analyse multicritère, renaturation.

SUMMARY

This internship report offers an in-depth analysis of studies on coastal wetland areas, with a major focusing on the Bourdigou site. The report details the methodologies used in data collection and analysis, providing an overview of the practical and technical aspects of coastal engineering. The main findings highlight three major priorities: stabilizing the coastline to combat erosion, improving flood risk management, and understanding the hydrological behavior of the wetland for sustainable management. This knowledge leads to the proposal of different intervention scenarios, ranging from inaction to dismantling and mechanical sand transfer. To define the best scenario, a multi-criteria analysis is conducted to prioritize the corrective solutions.

This internship also included a study of the Lazaret banks. For this study, bibliographic research, field sampling, and laboratory analysis were carried out to identify the most favorable conditions and species for creating "living shores" on the Lazaret banks.

Key words: coastal wetland, renaturation, ecological restoration, coastal erosion, flood risk, management scenarios, Spartina maritima, multicriteria analysis