

ETUDE INTEGREE AVEC

MODELISATION ET MESURES IN SITU DES DEPLACEMENTS SEDIMENTAIRES

DU SYSTEME
LAC MARIN D'HOSSEGOR – PORT ET
CANAUX DE CAPBRETON

EN VUE DE SON DESENSABLEMENT



Date de réalisation	Mai 2012
N° de version	V1
Référence affaire	R73MODSCSU94
Rédacteur(s)	Pierre-Jean Pouyssegur / Isabel Larronde
Relecteur(s)	Séverine Jacquet





SOMMAIRE

\boldsymbol{C}	ONTEX	<i>TE</i>	3
1	PH A	SE 1 - SYNTHESE DE L'EXISTANT	4
	1.1	Introduction	4
	1.2	Contexte général	4
	1.2.1	Situation	
	1.2.2	Faune et flore	9
	1.2.3	Procédures administratives liees au dragage	17
	1.3	Contexte hydrosédimentaire	22
	1.3.1	Fonctionnement hydrodynamique	22
	1.3.2	Fonctionnement sédimentaire	
	1.3.3	Synthèse des campagnes de mesures	
	1.4	Conclusion	31
2	PH A	SE 2 - REALISATION DU MODELE NUMERIQUE	32
	2.1	Introduction	32
	2.2	Acquisition de données	32
	2.2.1	Données existantes utilisables par le modèle	
	2.2.2	Données existantes mais nécessitant une réactualisation	
	2.2.3	Données manquantes	40
	2.3	Elaboration du modèle numérique	46
	2.3.1	Généralités	
	2.3.2	Domaine d'étude	47
	2.4	Validation du modèle numérique	49
	2.4.1	Généralités	49
	2.4.2	Validation hydrodynamique	
	2.4.3	Validation du transport sedimentaire	50
3		SE 3 – EXPLOITATION DU MODELE : ETAT DES LIEUX	
H	YDROS	SEDIMENTAIRE	52
	3.1	Contexte	52
	3.2	Volumes oscillants	52
	3.3	Volumes d'eau dans le lac à maree basse	
	3.4	Evolution de l'ensablement	
	3.5	Si rien n'est fait	
	3.6	Synthèse	
,		·	
4		SE 4 - EXPLOITATION DU MODELE : REALISATION DES SCENARII	
	4.1	Contexte	56
	4.2	Perspectives sedimentaires : Exploitation du modèle numérique	
	4.2.1	IntroScenarii préliminaires	
	4.2.2 4.2.3	Scenarii preliminaires	
	4.3 4.3.1	Approche écologique des amenagements Contexte	
	4.3.1	avantages et inconvénients des aménagements du seuil d'un point de vue écologique	







4.4	Synthèse	76
-	ASE 5 - SYNTHESE : PROPOSITIONS DE GESTION DES STOCKS ENTAIRES	<i>78</i>
5.1	Préconisations pour les travaux de dragage	
5.1.	=	79
5.1.2	2 Préconisations et mesures à mettre en œuvre	80
5.2	Proposition de plan pluriannuel de dragage	83
5.3	Préconisations pour le seuil	85
6 CO	NCLUSION	91
BIBLIO	GRAPHIE	97
LISTE	DES ANNEXES	gg





CONTEXTE

La situation géographique du lac d'Hossegor, ainsi que sa configuration, en font un réel pôle d'intérêt touristique grâce, entre autres, aux activités proposées telles que la baignade, les activités nautiques, les promenades.

Le lac, connecté à l'Océan en 1876, permet le maintien des voies de navigation du port de Capbreton vers l'Atlantique en limitant l'ensablement de la passe du port. Cependant, cette connexion, couplée à la construction d'un seuil sous le pont Notre-Dame en 1960, provoque un ensablement régulier et progressif du lac au gré des marées.

Ce phénomène pouvant, à long terme, porter atteinte à l'attrait touristique de la commune de Soorts-Hossegor par la disparition du lac, mais aussi menacer la pérennité du port de Capbreton, seul port de la côte landaise, la candidature de Rivages Pro Tech a été retenue pour réaliser une étude visant à comprendre la dynamique hydrosédimentaire du lac puis envisager des solutions permettant de limiter son ensablement.

En accord avec le cahier des charges, le présent document comprend une première phase consistant en la réalisation d'une synthèse bibliographique afin de s'approprier la problématique et décrire le fonctionnement hydrodynamique et sédimentaire connu au démarrage de l'étude. Cette étape préliminaire permet également d'évaluer les éléments complémentaires à recueillir pour répondre aux objectifs de l'étude (PHASE 1).

La seconde étape consiste en le développement et la validation d'un modèle numérique hydrosédimentaire de la zone d'étude (PHASE 2).

Ensuite, le modèle est utilisé afin de faire un état des lieux du fonctionnement actuel du système (PHASE 3) puis pour évaluer la pertinence sur le long terme, d'un point de vue hydrosédimentaire, de différents aménagements (PHASE 4). Ces différents aménagements sont également appréhendés sous l'œil écologique grâce à une étude spécifique menée en partenariat avec le bureau d'étude Biotope.

Enfin, au vu des résultats de la phase 4, un programme de gestion à long terme limitant le phénomène d'ensablement du lac est proposé en fin de rapport (PHASE 5).





1 PHASE 1 - SYNTHESE DE L'EXISTANT

1.1 Introduction

Cette première partie a pour objectif de présenter la synthèse bibliographique exhaustive des documents et des études disponibles relatifs aux thématiques hydrosédimentaires et réglementaires du lac. L'ensemble des données existantes au début de l'étude y sont recensées, analysées et synthétisées.

Ainsi, nous allons successivement:

- présenter le lac d'Hossegor dans son contexte général ;
- présenter les outils règlementaires et de gestion s'y rapportant afin d'établir par la suite des mesures de gestion pérennes cohérentes ;
- décrire le fonctionnement hydrodynamique et sédimentaire connu actuellement afin d'évaluer les éléments complémentaires à recueillir pour bâtir et valider le modèle numérique.

1.2 CONTEXTE GENERAL

1.2.1 SITUATION

Le lac d'Hossegor, à cheval sur les communes de Soorts-Hossegor et de Seignosse, répond à la définition de lagune : plan d'eau saumâtre constitué d'eaux salées en provenance de l'océan Atlantique et d'eaux douces en provenance des cours d'eau du Bouret et du Boudigau, ainsi que de la nappe phréatique. De forme allongée et parallèle à la côte landaise (Figure 1), le plan d'eau est entouré par des versants dunaires, présentant une urbanisation discontinue sur ses rives Est et Ouest.

Avec une longueur de 2 300 m et une largeur de 400 m, le lac s'étend sur une superficie de 90 hectares. Il est connecté à l'océan par le canal d'Hossegor, de 1 695 m, puis par le chenal du Boucarot. Ce dernier est également relié au Bouret et au Boudigau par l'intermédiaire du port de Capbreton.



Figure 1 - Carte des environs du lac (Source : Google Maps - 2011)





HISTORIQUE DES ACTIONS

Le lac d'Hossegor est établi dans une dépression correspondant à l'ancien lit de l'Adour, lorsque ce fleuve se jetait à Vieux Boucau (Figure 2) [26].

En 1578, l'Adour est détourné et sa nouvelle embouchure se situe au niveau du Boucau dit « Neuf ». A Hossegor, un étang d'eau douce, alimenté par la nappe phréatique voit le jour. L'écosystème créé est alors comparable à celui des étangs landais existants.

En 1876, du fait de l'ensablement de la passe du port de Capbreton, l'administration décide de relier ce dernier au lac d'Hossegor par un chenal. L'intérêt de ces travaux est de créer, à marée descendante, un effet de « chasse », afin de contrer la sédimentation au niveau de la passe du port. Cet aménagement induit l'entrée d'eaux océaniques dans le lac, qui devient alors un lac marin, c'est-à-dire soumis à l'influence des marées. Son écosystème d'eau douce est remplacé par un écosystème de zone littorale à salinité variable. Cette ouverture du lac vers l'océan a par exemple permis le développement de l'activité ostréicole dans le lac, aujourd'hui renommée.



Figure 2 - Ancien lit de l'Adour (Source : FRANCQ J., 2003)

Le lac, dès lors soumis aux marées, se vide progressivement à marée descendante, jusqu'à sa vidange totale. Toutefois, cette vidange n'est pas en accord avec la politique de développement touristique, du fait de l'assèchement du lac à marée basse. Pour palier ce phénomène, un seuil est construit en 1960, sous le pont Notre-Dame, garantissant un niveau minimal d'eau dans le lac.

D'autres travaux sont ensuite réalisés au fil du temps jusqu'à donner au lac sa configuration actuelle (Figure 3) :

- ➤ entre 1977 et 1981, des travaux de protection des berges contre l'érosion sont réalisés par enrochement,
- > en 1984, un épi courbe est construit, sur le bord Est de l'entrée du lac pour protéger les berges Sud-est du lac de l'érosion,
- > en 1994, une promenade est aménagée autour du lac,
- > en 1999, les perrés sont rénovés.





Figure 3 - Cartographie des travaux du lac (Source : Google Maps - Rivages Pro Tech - 2011)

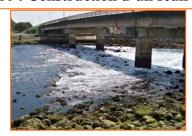
1994 : Construction de la promenade autour du lac

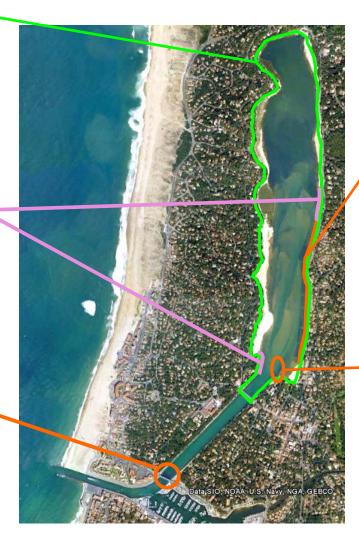


1977-1981 : Travaux d'enrochement des berges

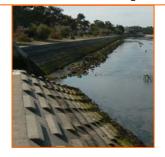


1960: Construction d'un seuil





1999 : Réfection des perrés



1984 : Construction d'un épi courbe







La création du canal reliant le lac d'Hossegor à l'Atlantique en 1876 entraîne une nouvelle dynamique sédimentaire avec un ensablement progressif du plan d'eau. Différentes campagnes de dragage sont alors mises en place dans le but de restituer la profondeur initiale d'eau dans le lac (Figure 5) :

- ➤ entre 1973 et 1983, des campagnes successives de dragage sont effectuées au nord du lac, extrayant 650 000 m³ de matériaux (sables, limons, vases).
- ➤ entre 1985 et 1986, une campagne de dragage de la partie sud du lac est réalisée. Les éléments extraits sont épandus afin d'engraisser les plages du lac et lutter contre l'érosion.
- ➤ en 1992, une nouvelle campagne de dragage a lieu. Elle permet à la fois la création d'un chenal central permettant de canaliser les courants hors des berges sensibles à l'érosion, mais également la suppression des bancs de sable présents dans la partie sud du lac. Le volume déblayé lors de cette campagne est estimé à 250 000 m³. Ce dragage brutal a pour conséquence la formation d'un cordon continu de vase noire au niveau des plages sud-ouest.
- ➤ en 1999/2000 un dragage de 35 000 m³ a été effectué au Nord de l'épi courbe afin de désensabler la zone des parcs à huîtres.

La frise chronologique suivante (Figure 4) permet de résumer l'ensemble des travaux réalisés.

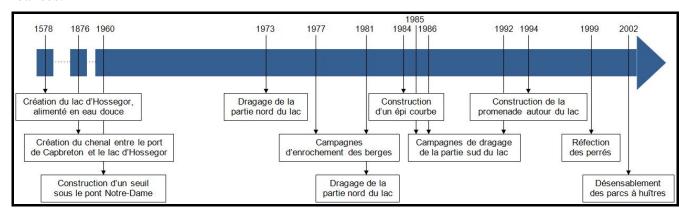


Figure 4 - Frise chronologique des travaux du lac (Source : Rivages Pro Tech - 2011)





1973-1983 : Campagnes de dragage (extraction de 650 000 m³ de sables, limons et vases).

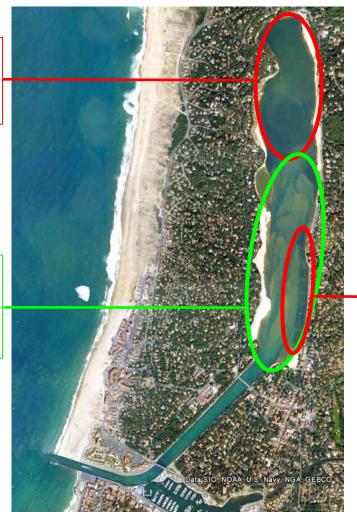


1985-1986 : Première campagne de dragage

(épandage du sable sur les plages).

1992 : Seconde campagne de dragage (extraction de 250 000 m³ de sable.





2000 : Désensablement d'une partie des parcs à huîtres.



Figure 5 - Cartographie des dragages du lac (Source : Google Maps – Rivages Pro Tech - 2011)





1.2.2 FAUNE ET FLORE

La définition d'une gestion pérenne d'un écosystème en terme hydrosédimentaire doit inclure la connaissance du contexte biologique afin de permettre un maintien de son équilibre global. Ainsi, est présenté dans cette partie la connaissance existante sur la faune et la flore du site.

VARIATION DE SALINITE

La teneur en sels dissous de référence pour les eaux marines se situe autour de 35 g/L. D'après les données des prélèvements de surface, réalisés par la DDE en 2004, à différents points du lac (canal d'Hossegor, plage Blanche, parc ostréicole le plus au nord, plage des Hortensias et fond nord du lac) et selon différentes conditions (périodes d'étiage et de hautes eaux, temps sec et pluvieux), on voit apparaître un gradient de salinité de l'eau, variant de 24 à 35 g/L [30], qui induit le développement d'une faune et d'une flore spécifiques [29].

Les deux graphiques suivants (Figure 7) montrent ce phénomène de variation de salinité. Quelles que soient les conditions climatiques, la salinité diminue du sud vers le nord du lac. La plage des Hortensias reste toutefois une exception, du fait de la remontée d'eau douce de la nappe phréatique à cet endroit.

Par temps de pluie, la salinité mesurée en période d'étiage est supérieure à celle obtenue lors des hautes eaux. En effet par forte pluviométrie, lors des hautes eaux, l'eau du lac est diluée par les apports du Bouret et du Boudigau, dont les débits sont importants durant cette période. De plus, en période de hautes eaux, l'apport d'eau de la nappe phréatique, par les points de résurgence situés au nord du lac, est plus important.

Par temps sec, la salinité est équivalente en période d'étiage et de hautes eaux.



Figure 6 - Cartographie des points de prélèvement de mesure de salinité (Source: Google Maps - Rivages Pro Tech - 2011)



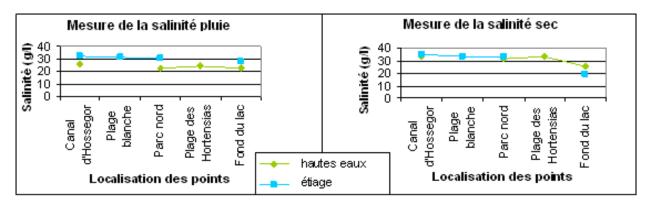


Figure 7 - Evolutions de la salinité par temps de pluie et par temps sec durant les périodes de hautes eaux et d'étiage mesurées en 2004 (Source : Pons M-L, 2005)

ESPECES PRESENTES

Le gradient de salinité, variant entre 24 et 35 mg/L [30], fait du lac d'Hossegor une lagune d'eau salée à saumâtre. Un écosystème adapté à cette zone littorale à salinité variable, s'est ainsi développé.

Il est mis en avant ici les données relatives aux espèces invasives et protégées :

- de l'inventaire faunistique de 1991 réalisé par le bureau d'étude Hydre Environnement qui recense 72 espèces différentes [6];
- de l'inventaire algal de 2001¹ réalisé dans le cadre d'un stage effectué au SIVOM Côte Sud qui recense 19 espèces différentes [24];
- mais aussi de l'inventaire floristique de 2005¹ réalisé dans le cadre d'un stage effectué au Syndicat Mixte de Rivière Bouret-Boudigau qui recense 38 espèces différentes [29].

Trois espèces invasives, contre trente-trois espèces protégées dont plus de la moitié sont des oiseaux, ont été répertoriées².

Les trois cartographies suivantes (Figure 8, Figure 9 et Figure 10) présentent les espèces florales, algales et faunistiques les plus abondantes.

¹ Voir Annexe 1

² Voir Annexe 2





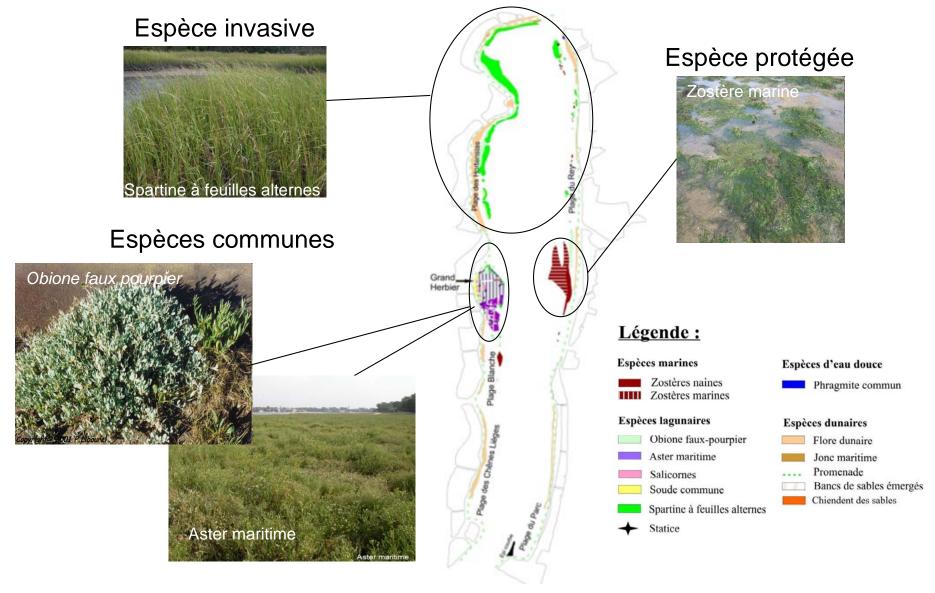


Figure 8 - Cartographie des herbiers du lac (Source: Beugnot N., 2006)





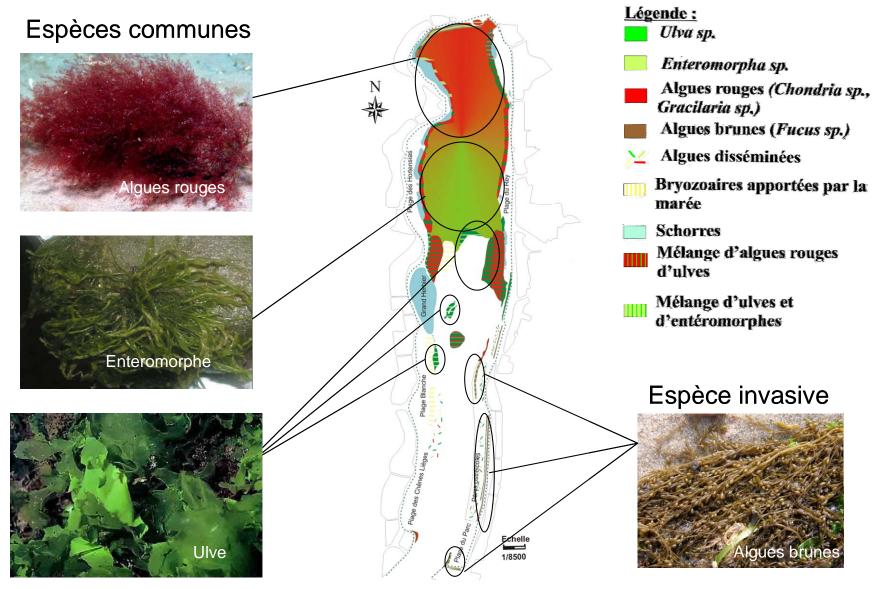


Figure 9 - Cartographie algale du lac (Source: Beugnot N., 2006)





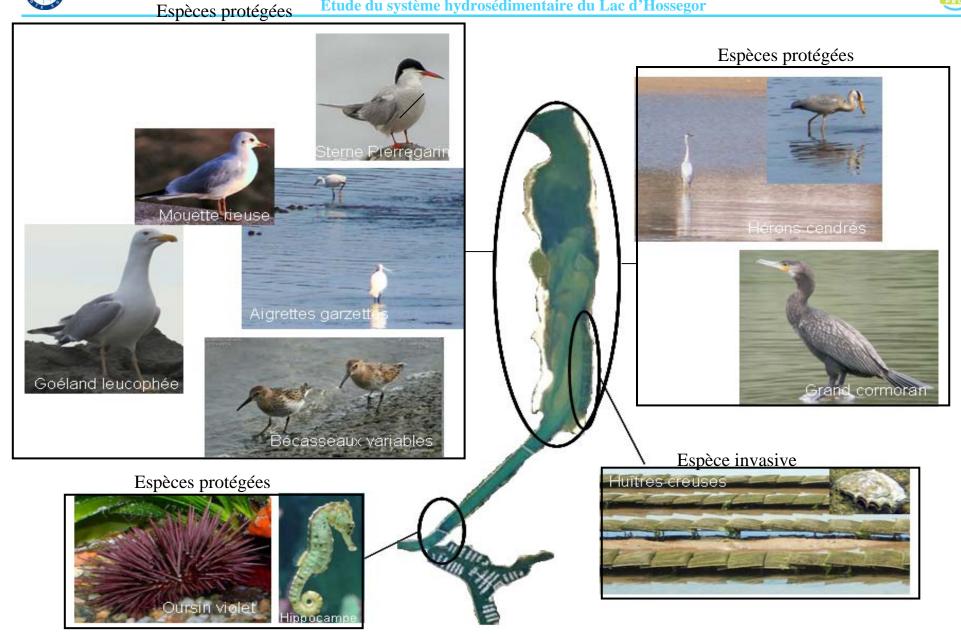


Figure 10 - Cartographie de certaines espèces animales présentes au lac d'Hossegor (Source: Rivages Pro Tech - 2011)





ESPECES RECENSEES INSCRITES DANS LA CONVENTION DE BERNE

Cette convention a pour objet d'assurer la conservation de la flore et de la faune sauvage et de leurs habitats naturels, notamment des espèces et des habitats dont la conservation nécessite la coopération de plusieurs Etats, et de promouvoir une telle coopération [3].

Les Etats signataires doivent prendre les mesures nécessaires au maintien ou à l'adaptation de la population de la flore et de la faune sauvage, au niveau correspondant « aux exigences écologiques, scientifiques et culturelles, tout en tenant compte des exigences économiques et récréationnelles et des besoins des sous-espèces, variétés ou formes menacées sur le plan local ».

Pour ce faire, les pays doivent mettre en œuvre des politiques nationales de conservation de la faune et de la flore sauvage et des habitats naturels. Mais également intégrer cette démarche de conservation dans leur politique nationale d'aménagement, de développement et de lutte contre la pollution ; ainsi qu'encourager l'éducation et la diffusion d'information générale sur la nécessité de conserver des espèces de faune et flore sauvage ainsi que leurs habitats.

Au niveau du lac, un certain nombre d'espèces présentes sont répertoriées dans les annexes de cette convention.

L'aigrette garzette, la sterne pierregarin, le bécasseau variable et l'hippocampe identifiés dans le système lac-canal-port d'Hosssegor et Capbreton sont cités dans cette convention. Les pays signataires à la convention de Berne devront donc assurer l'interdiction de :

- « toute forme de capture intentionnelle, de détérioration et de mise à mort intentionnelle ;
- la détérioration ou la destruction intentionnelle des sites de reproduction ou des aires de repos ;
- la perturbation intentionnelle de la faune sauvage, notamment durant la période de reproduction, de dépendance et d'hibernation, pour autant que la perturbation ait un effet significatif eu égard aux objectifs de la présente convention ;
- la **destruction ou le ramassage intentionnel des œufs** dans la nature ou leur détention, même vides ;

Lors d'éventuels travaux ou aménagements au niveau du lac, il sera donc nécessaire de rester vigilant afin de respecter ces interdictions, en mettant en place des mesures de protection des sites de repos, de reproduction, de dépendance et d'hibernation.

ESPECES RECENSEES INSCRITES DANS LA CONVENTION DE BONN

Elle vise à protéger les espèces migratrices appartenant à la faune sauvage. Le héron cendré, le grand cormoran, l'aigrette garzette, la mouette rieuse, le sterne pierregarin, le goéland leucophée et le bécasseau variable, sont tous présents au niveau du lac et sont répertoriés à l'annexe II de cette convention [10].

Cette annexe énumère les espèces migratrices dont l'état de conservation est défavorable et qui nécessitent la rédaction d'accords interétatiques.

L'état de conservation des espèces citées est considéré comme défavorable lorsque :

- l'étendue de leur aire de répartition est instable ou se réduit ;
- leurs habitats deviennent insuffisants;
- leurs répartitions et leurs effectifs sont inférieurs à leur niveau historique (au dernier recensement favorable à l'espèce).







Un accord, appelé Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique-Eurasie (AEWA), a été signé, entre autres par la France [15].

Une des mesures qui y est définit est **l'identification des sites et habitats des oiseaux** listés, afin d'en assurer la protection, la gestion, la réhabilitation et la restauration.

Une seconde mesure importante de cet accord est l'étude des problèmes, qui se posent ou se poseront, résultants des activités humaines afin de mettre en œuvre des mesures correctives telles que la restauration, la réhabilitation, ou l'instauration de mesures compensatoires en cas de perte d'habitat.

Les espèces identifiées sur le lac d'Hossegor devront donc être suivies et toute modification anthropique devra tenir compte et minimiser les impacts sur ces oiseaux. Un exemple de mesure compensatoire serait la création d'un îlot central permettant de définir un lieu privilégié pour ces espèces.

ESPECES RECENSEES INSCRITES DANS LA DIRECTIVE HABITAT-FAUNE-FLORE

Cette directive [7] a pour but de favoriser, au sein de la communauté européenne, le maintien de la biodiversité à travers la conservation des habitats naturels, en tenant compte des exigences économiques, sociales, culturelles et régionales.

L'article 12 de cette convention impose aux Etats Membres de prendre des mesures de protection stricte des espèces animales (figurant à l'annexe IV point a), dont les patelles sont présentes dans le lac d'Hossegor. Ces mesures doivent être prises dans leur aire de répartition naturelle, telles que l'interdiction de perturbation intentionnelle de cette espèce, notamment durant la période de reproduction, de dépendance, d'hibernation et de migration, mais également la détérioration ou la destruction des sites de reproduction ou des aires de repos.

Tout comme notifié dans la convention de Berne, les sites de repos, de reproduction, de dépendance et d'hibernation doivent être protégés de toute perturbation.

ESPECES RECENSEES INSCRITES DANS L'ARRETE DU 20 DECEMBRE 2004 FIXANT LA LISTE DES ANIMAUX DE LA FAUNE MARINE PROTEGES SUR L'ENSEMBLE DU TERRITOIRE

L'article 1 de cet arrêté interdit, sur tout le territoire métropolitain et en tout temps, « la destruction, l'altération ou la dégradation du milieu particulier des animaux de la faune marine » citée, mais également « la destruction, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle, la naturalisation d'individus de ces espèces [...] » [12].

Les patelles, que l'on retrouve dans le lac d'Hossegor, ne peuvent donc être capturées et leur habitat ne peut être perturbé.

ESPECES RECENSEES INSCRITES DANS LA CONVENTION OSPAR

La convention OSPAR [13] engage les pays signataires à protéger la zone maritime des effets préjudiciables des activités humaines, mais également à prévenir et supprimer les pollutions. Le but, à long terme, est de sauvegarder la santé humaine, de préserver les écosystèmes marins et de rétablir les zones marines qui ont subi des effets préjudiciables, quand cela est possible.

Au titre de l'annexe V, les Etats se doivent de vérifier l'impact des activités humaines sur les écosystèmes et la diversité biologique. Ils doivent également faire en sorte





d'« instaurer des mesures de protection, de conservation, de restauration ou de précaution dans des zones ou lieux spécifiques, ou visant des espèces ou des habitats particuliers ».

Les hippocampes présents dans le lac sont des espèces protégées dans le cadre de cette présente Convention OSPAR. Pour tout aménagement ou travaux sur le lac, une évaluation des impacts sur ces espèces doit être établie. De plus, des mesures de protection de leur habitat doivent être mises en place.

ESPECES RECENSEES INSCRITES DANS LA LISTES ROUGES

Le Comité français de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) a dressé un bilan objectif des espèces de faune et flore présentes sur le territoire ainsi que le degré de menace pesant sur chacune d'entre elles.

Ce bilan est publié sous formes de listes rouges [18][20][21] différentes suivant le type d'espèces s'y trouvant. Au niveau du lac, on retrouve 23 espèces appartenant à une ou plusieurs de ces catégories :

- Pour les mollusques, une espèce appartenant à la catégorie « vulnérable » : la patelle ;
- pour les poissons d'eau douce, des espèces appartenant aux catégories « en danger critique d'extinction » et « préoccupation mineure » : notamment l'anguille ou le mulet ;
- pour les oiseaux nicheurs, des espèces appartenant aux catégories « en danger critique d'extinction », « en danger », « vulnérable », « quasi menacés » et « préoccupation mineure » : notamment le pingouin alca torda ou encore le goéland,
- pour les oiseaux non nicheurs (de passage), des espèces appartenant aux catégories « vulnérables » et « préoccupation mineure » : notamment la barge à queue noire ;
- pour les oiseaux non nicheurs (hivernants), des espèces appartenant aux catégories « quasi menacés », et « préoccupation mineure » : notamment le bécasseau maubèche.

Les inventaires permettent de mieux apprécier les évolutions, positives et négatives, sur les espèces listées. N'ayant pas de valeur règlementaire, ils peuvent servir de supports pour montrer l'intérêt écologique du lac d'Hossegor et déterminer les espèces à surveiller, voir à protéger, lors des opérations d'aménagement.

ESPECES RECENSEES INSCRITES DANS L'ARRETE DU 29 OCTOBRE 2009 FIXANT LA LISTE DES OISEAUX PROTEGES SUR L'ENSEMBLE DU TERRITOIRE ET LES MODALITES DE PROTECTION

Cet arrêté fixe des interdictions visant à protéger, en France métropolitaine, un certain nombre d'oiseaux non domestiques [16]. Il s'applique à 14 espèces présentes sur le lac³.

L'article 3 interdit donc, entre autres :

- la destruction intentionnelle ou l'enlèvement des œufs et des nids :
- la **perturbation intentionnelle des oiseaux,** notamment pendant la période de reproduction et de dépendance, si celle-ci perturbe les cycles biologiques des espèces listées :
- la destruction, l'altération ou la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos des animaux.

³ Voir Annexe 2





Les sites de repos et de reproduction doivent être protégés de toute perturbation. Une étude approfondie de la biodiversité permettrait de localiser les habitats des quatorze espèces identifiées sur le lac, afin de les protéger.

ESPECES RECENSEES INSCRITES DANS L'ARRETE DU 20 JANVIER 1982 RELATIF A LA LISTE DES ESPECES VEGETALES PROTEGEES SUR L'ENSEMBLE DU TERRITOIRE, ET L'ARRETE DU 8 MARS 2002 RELATIF A LA LISTE DES ESPECES VEGETALES PROTEGEES EN REGION AQUITAINE COMPLETANT LA LISTE NATIONALE

L'article 1 de cet arrêté interdit « la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement, le colportage, l'utilisation, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout ou partie des spécimens sauvages » d'espèces végétales menacées afin d'endiguer leur disparition et de permettre la conservation des biotopes correspondants [4].

La liste des espèces à considérer vis-à-vis de cette interdiction a été complétée en région Aquitaine et dans le département des Landes [9].

Cette interdiction s'applique alors à la « linéaire à feuille de thym », « la zostère marine » et le « crithmum maritime » présents sur les bords du lac. Une localisation précise de ces espèces sur le lac permettrait de mettre en place des mesures de protection lors d'aménagement ou travaux.

ESPECES RECENSEES INSCRITES DANS LE LIVRE ROUGE DE LA FLORE MENACEE DE FRANCE

Ce livre rouge [8] dresse un inventaire des espèces menacées en France, en termes de flore. Le but de cet ouvrage est de faire un inventaire des espèces prioritaires, car les plus menacées, tout en intégrant les caractéristiques les plus significatives de ces espèces (description, aires de répartition, état de conservation, ...) ainsi que les principaux facteurs de menaces afin de pouvoir mettre en place plus rapidement des mesures correctives. On y retrouve donc une fiche descriptive par espèce

Le linéaire à feuilles de thym y est représenté car elle est considérée comme rare du fait de sa faible présence sur le territoire.

Cet inventaire permet de mieux apprécier les évolutions, positives et négatives, sur les espèces listées. Ne faisant pas l'objet de contraintes règlementaires, ils peuvent servir de supports pour montrer l'intérêt écologique du lac d'Hossegor et déterminer les espèces à surveiller, voir à protéger, lors des opérations d'aménagement.

1.2.3 Procedures administratives liees au dragage

Le dragage étant un procédé de désensablement administrativement contraignant, la réglementation s'y rapportant est présentée ci-après [14] [23]. Celle-ci est déterminée par l'article R.214-1 du code de l'environnement qui va définir, selon la quantité et la qualité des matériaux à extraire, la procédure à suivre. Le tableau ci-dessous est un récapitulatif de ce classement. Deux paramètres principaux sont à considérer :

- la quantité de sédiments à draguer,

La quantité de sédiments à draguer sera évaluée, dans le cadre de cette étude, à partir des relevés bathymétriques et des résultats de la modélisation hydrosédimentaire.





- la qualité des sédiments à draguer

La qualité des sédiments est, quant à elle, définie en considérant les concentrations de 16 paramètres chimiques, listés dans le tableau suivant (Tableau 1).

Chaque concentration est alors comparée à deux niveaux de qualité (N1 et N2) définis pour chacun des éléments chimiques.

	Concentrations en mg/kg de sédiment sec analysé sur la fraction inférieure à 2mm			
Eléments traces	Niveau N1	Niveau N2		
Arsenic	25	50		
Cadmium	1,2	2,4		
Chrome	90	180		
Cuivre	45	90		
Mercure	0,4	0,8		
Nickel	37	74		
Plomb	100	200		
Zinc	276	552		
Composés traces (Polychlorobiphényles)	Niveau N1	Niveau N2		
PCB congénère 28	0,025	0,05		
PCB congénère 52	0,025	0,05		
PCB congénère 101	0,050	0,10		
PCB congénère 118	0,025	0,05		
PCB congénère 138	0,050	0,10		
PCB congénère 153	0,050	0,10		
PCB congénère 180	0,025	0,05		
PCB totaux	0,500	1,00		

Tableau 1 - Eléments de référence à analyser afin de déterminer la qualité des sédiments (Source : article R.214-1 du code de l'environnement – Rivages Pro Tech)

N'ayant recensé aucune donnée concernant la qualité des sédiments du lac, il est nécessaire d'envisager une campagne de mesure permettant de la mesurer en plusieurs points du système. Les analyses réalisées sur les échantillons prélevés correspondront aux 16 composés imposés par la réglementation.

En croisant les données obtenues concernant la quantité et la qualité de sédiments à draguer, le type de procédure administrative à suivre est alors défini, comme présenté dans le tableau suivant (Tableau 2). Trois situations pourront se présenter :

- les travaux ne nécessitent pas de procédure administrative,
- les travaux sont soumis à déclaration.
- les travaux sont soumis à autorisation.





0.1771	Quantité à draguer (en m³/an)	< 500	≥ 500	≥ 5 000	≥ 50 000	≥ 500 000
Eléments tous < N1 Impact	s sédiments Sur les façades Atlantique, Manche, mer du Nord		Soumis à Décla		Déclaration	Soumis à Autorisation
neutre ou négligeable	Ailleurs ou lorsque le rejet est situé à moins de 1 km d'une zone conchylicole ou de cultures marines	Soumis à Déclaration		Soumis à Autorisation		
Au moins 1 élément N1 mais tous < N2	Sur les façades métropolitaine Atlantique, Manche, mer du Nord et lorsque le rejet est situé à 1 km ou plus d'une zone conchylicole ou de cultures marines	Soumis à Déclaration		Soumis à Autorisation		
	Sur les autres façades ou lorsque le rejet est situé à moins de 1 km d'une zone conchylicole ou de cultures marines	Soumis à I	Déclaration Soumis à Autorisation			isation
	élément > N2 quelque oit le volume		Sot	unis à Autor	isation	

Tableau 2 - Récapitulatif du dossier à monter en fonction de la quantité à draguer et la qualité des sédiments (Source : article R.214-1 du code de l'environnement – Rivages Pro Tech)

Les procédures de déclaration et d'autorisation sont respectivement définies par l'article R.214-32 et R. 214-6 du Code de l'Environnement. Lors de la réalisation d'une installation, d'un ouvrage, de travaux ou d'une activité soumise à déclaration ou autorisation, un dossier doit être établi et remis au préfet pour examen.

Les deux types de procédures, présentées dans la figure suivante (Figure 11) diffèrent suivant les éléments constituant le dossier, le nombre d'exemplaires à remettre, les délais de validation ou encore la prise en compte de l'avis du CODERST (COnseil De l'Environnement et des Risques Sanitaires et Technologiques) et de l'enquête publique.





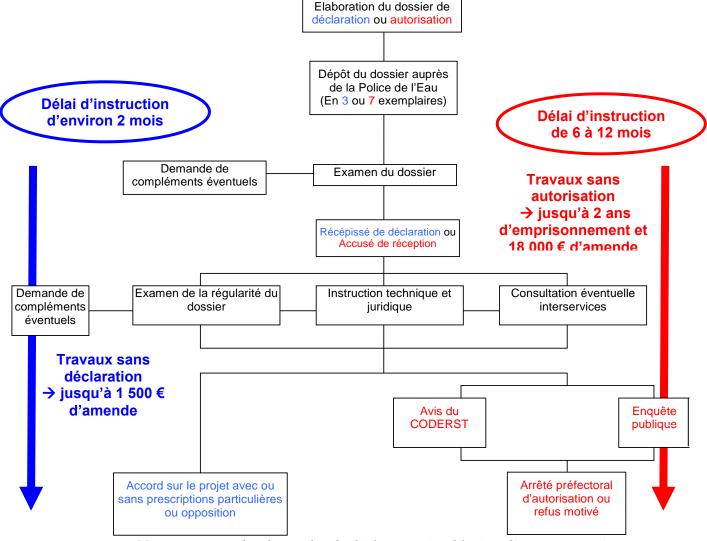


Figure 11 - Instruction des demandes de déclaration (en bleu) et d'autorisation (en rouge) (Source : Rivages Pro Tech)

La première étape des procédures de déclaration et d'autorisation, développée ci-après, est donc l'élaboration du dossier. Elle présente des variantes dans les pièces à fournir suivant qu'il s'agisse de déclaration ou d'autorisation.

Que ce soit pour une demande d'autorisation ou de déclaration, le dossier doit être accompagné des procédures éventuelles comme l'obtention du permis de construire, l'autorisation de passage, les fouilles archéologiques préventives, etc.

PIECES COMMUNES AUX DOSSIERS DE DECLARATION ET D'AUTORISATION

Les dossiers de déclaration et d'autorisation sont constitués d'éléments à rédiger ou à fournir dont certains, communs aux deux types de procédures, sont présentés dans cette partie :

- L'identité de l'exploitant : noms, prénoms et adresses en cas de personnes physiques ; dénomination sociale, raison sociale, siège social, habilitations permettant de signer les documents officiels en cas de personne morale ;
- L'emplacement sur lequel l'installation, l'ouvrage, les travaux ou l'activité doivent être réalisés ;



Etude du système hydrosédimentaire du Lac d'Hossegor



- La nature, la consistance, le volume et l'objet de l'ouvrage, de l'installation, des travaux ou de l'activité envisagés, ainsi que la ou les rubriques de la nomenclature dans lesquelles ils doivent être rangés ;
- Une étude d'incidence :
 - ➤ Comportant l'évaluation des incidences du projet sur un ou plusieurs sites Natura 2000, au regard des objectifs de conservation de ces sites. Le contenu de l'évaluation d'incidence Natura 2000 est défini à l'article R. 414-23 et peut se limiter à la présentation et à l'exposé définis au I de l'article R. 414-23, dès lors que cette première analyse conclut à l'absence d'incidence significative sur tout site Natura 2000 ;
 - ➤ Justifiant, le cas échéant, de la compatibilité du projet avec le schéma directeur ou le schéma d'aménagement et de gestion des eaux et avec les dispositions du plan de gestion des risques d'inondation mentionné à l'article L. 566-7 et de sa contribution à la réalisation des objectifs visés à l'article L. 211-1 ainsi que des objectifs de qualité des eaux prévus par l'article D. 211-10;
 - > Précisant s'il y a lieu les mesures correctives ou compensatoires envisagées ;
- Les éléments graphiques, plans ou cartes utiles à la compréhension des pièces du dossier :
 - ➤ Une carte au 1/200 ème comportant les bâtiments, les terrains voisins et leurs usages, le tracé des égouts ;

PIECES A FOURNIR SPECIFIQUES D'UN DOSSIER DE DECLARATION

La demande de déclaration doit être remise à la sous-préfecture en trois exemplaires. Les éléments propres à ce dossier sont :

- Dans l'étude d'incidence :
 - Les éléments indiquant les incidences du projet sur la ressource en eau, le milieu aquatique, l'écoulement, le niveau et la qualité des eaux, y compris de ruissellement, en fonction des procédés mis en œuvre, des modalités d'exécution des travaux ou de l'activité, du fonctionnement des ouvrages ou installations, de la nature, de l'origine et du volume des eaux utilisées ou affectées et compte tenu des variations saisonnières et climatiques;
- Les moyens de surveillance ou d'évaluation des prélèvements et des déversements prévus ;
- Dans les éléments graphiques, plans ou cartes utiles à la compréhension des pièces du dossier :
 - ➤ Une carte comportant les alentours de l'installation sur un périmètre de 100 m.





PIECES A FOURNIR SPECIFIQUE D'UN DOSSIER D'AUTORISATION

Le dossier de demande d'autorisation doit être remis à la préfecture en sept exemplaires. Les éléments propres à ce dossier sont :

- Dans l'étude d'incidence :
 - > Un diagnostic de l'état initial du lieu et de son environnement ;
 - Les incidences directes et indirectes, temporaires et permanentes, du projet sur la ressource en eau, le milieu aquatique, l'écoulement, le niveau et la qualité des eaux, y compris de ruissellement, en fonction des procédés mis en œuvre, des modalités d'exécution des travaux ou de l'activité, du fonctionnement des ouvrages ou installations, de la nature, de l'origine et du volume des eaux utilisées ou affectées et compte tenu des variations saisonnières et climatiques ;
 - ➤ Une présentation des projets alternatifs et une justification pour avoir retenu le projet en question ;
 - ➤ Un résumé non technique permettant la compréhension du public lors de l'enquête publique ;
- Dans les éléments graphiques, plans ou cartes utiles à la compréhension des pièces du dossier :
 - ➤ Une carte au 1/25000^{ème} pour avoir une vision générale du site et de son environnement ;
 - ➤ Une carte au 1/2500^{ème} comportant les bâtiments et leur affectation, les voies publiques, de chemin de fer, les points d'eau, les canaux et les cours d'eau;

1.3 CONTEXTE HYDROSEDIMENTAIRE

Cette partie a pour objectif de recenser, analyser et synthétiser toutes les données disponibles en 2010 liées à l'hydrodynamique et à la dynamique sédimentaire du site afin d'établir les campagnes de mesures nécessaires pour compléter les données.

1.3.1 FONCTIONNEMENT HYDRODYNAMIQUE

Le fonctionnement hydrodynamique du lac d'Hossegor a évolué au fil du temps, en fonction des aménagements apportés au plan d'eau. Quatre paramètres principaux entrent en jeux pour forcer la dynamique de la zone d'étude. La marée est le forçage prépondérant régissant la dynamique du système Lac-Port-Canaux. Le vent et les vagues régissent quant à eux essentiellement la dynamique extérieure au lac, au niveau de l'Océan. Enfin, l'apport en eau douce de la part des rivières est une composante non négligeable du système global. L'une des résultantes facilement observable de ces différents forçages est la vitesse des courants.

MAREE

Dans le Golf de Gascogne, la marée est de type semi-diurne avec une période moyenne de 12 heures 25 minutes. De part sa connexion avec l'Océan, le lac est soumis aux variations cycliques de niveau d'eau dues à la marée et celles-ci dictent la dynamique globale du système.





Les volumes oscillants entre Lac/Canal/Port et Océan Atlantique évoluent donc en fonction du coefficient de marée [6].

REGIME DES VENTS

Une analyse fréquentielle des vitesses et des directions du vent a été réalisée par Rivages Pro Tech afin de dégager les vents dominants rencontrés sur le site d'étude.

Les données proviennent de la station Météo France de Capbreton. Le jeu de données couvre une période de 4 ans (janvier 2007 à décembre 2010).



Figure 12 - Localisation de la station Météo France de Capbreton (Source: Météo France)

Les résultats de l'analyse des données de vent sont représentés sur la figure suivante pour chaque saison (figure 13).

- Au **printemps**: les vents dominants sont de secteur ouest à nord, 20 % des vents présentent une vitesse supérieure ou égale à 12 m.s⁻¹, 15 % sont compris entre 8 et 12 m.s⁻¹ et 22 % présentent une vitesse faible, inférieure à 8 m.s⁻¹;
- En été: les vents dominants sont de secteur ouest à nord, 22 % des vents présentent une vitesse supérieure ou égale à 12 m.s⁻¹, 36 % sont compris entre 8 et 12m.s⁻¹ et 26 % présentent une vitesse faible, inférieure à 8 m.s⁻¹;
- A **l'automne**: les vents dominants sont de secteur sud ouest à nord, 31 % des vents présentent une vitesse supérieure ou égale à 12 m.s⁻¹, 25 % sont compris entre 8 et 12 m.s⁻¹ et 43 % présentent une vitesse faible, inférieure à 8 m.s⁻¹;
- En **hiver**: les vents dominants sont de secteur ouest et est, 30 % des vents présentent une vitesse supérieure ou égale à 12 m.s⁻¹, 19 % sont compris entre 8 et 12 m.s⁻¹ et 24 % présentent une vitesse faible, inférieure à 8 m.s⁻¹; les vents d'est présentant des vitesses notablement plus faibles que les vents d'ouest;

Le régime de vent à Capbreton est donc largement dominé par des vents de secteur Ouest à Nord-Ouest et une légère variation saisonnière apparaît sur la vitesse de ces vents.





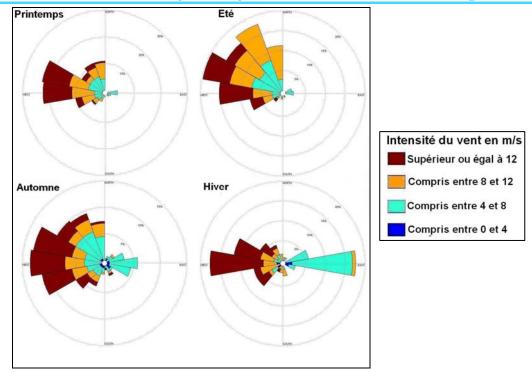


Figure 13 - Roses des vents mesurés entre le 01/01/2007 et le 31/12/2010, réparties par saison (Source: Météo France – Rivages Pro Tech)

VAGUES

Les vagues interviennent dans la dynamique extérieure au lac c'est-à-dire au niveau de l'Océan Atlantique. Elles peuvent générer des courants importants qui sont responsables de la mise en suspension et du transport de sable en zone peu profonde pouvant être apporté dans le lac.

La côte landaise est exposée à la fois aux houles longues provenant de l'Atlantique Nord et aux mers de vent générées dans le Golfe de Gascogne. Les conditions d'agitation sont caractérisées par une hauteur significative moyenne de 1,57 m et une période moyenne de 7,5 s [1]. Une houle longue de secteur ouest/nord-ouest est tout de même largement majoritaire (présente environ 66% du temps).

APPORTS RIVIERES

Les cours d'eau Bouret et Boudigau apportent des volumes d'eau douce dans le lac. La constitution de leurs bassins versants est à dominance sableuse. Le secteur est urbanisé, induisant une imperméabilisation des sols et des volumes et vitesses de ruissellement importants.

Ces cours d'eau contribuent donc aux apports d'eau dans le lac, et par conséquent aux mouvements des masses d'eau, avec des eaux douces, positionnées en surface, qui glissent plus loin au nord du plan d'eau.

Le Bouret est un cours d'eau côtier dont le débit est faible tout au long de l'année. Son débit instantané est calculé au niveau d'Angresse dans le cadre des campagnes de prélèvements du Réseau Complémentaire Départemental (Figure 14). Les valeurs instantanées illustrent des variations saisonnières marquées. Les valeurs extrêmes enregistrées depuis 2008 sont un débit maximum à 2,157 m³/s (mai 2009) et un débit minimum à 0,266 m³/s (septembre 2010).







Figure 14 - Positionnement de la station de suivi hydrométrique sur le Bouret (Source : http://services.landes.org/ressources_eau10/fr_vivre_eau_cours.htm - Google Maps)

Le débit du Boudigau n'est quant à lui malheureusement que très ponctuellement suivi.

La participation des cours d'eau à l'alimentation du lac varie de 10% pour un coefficient de marée de 112 à 30% pour un coefficient de 32 [25]. Ces chiffres sont des approximations basées sur un débit moyen annuel des cours d'eau. Ils varient donc pour chaque situation concrète en fonction des paramètres océano-météorologiques et hydrologiques spécifiques.

Le débit des cours d'eau Bouret et Boudigau est directement lié à la pluviométrie : par temps de pluie, les eaux ruisselées entraînent une augmentation du débit.

Une analyse de la pluviométrie du secteur est donc présentée ci-dessous.

Toutes les données de pluviométrie recueillies proviennent de la station météo située sur la commune d'Hossegor.



Figure 15 - Localisation du pluviomètre Météo France d'Hossegor (Source: Météo France)

La figure suivante présente la pluviométrie mensuelle cumulée moyenne entre janvier 2001 et février 2011. On peut observer que c'est en juillet que les précipitations sont les plus faibles, avec 45,41 mm de pluie moyenne cumulée sur le mois. A l'opposé, le mois de novembre enregistre les précipitations les plus importantes avec 172,08 mm de pluie moyenne cumulée sur le mois. De plus, d'après le graphique suivant, la pluviométrie mensuelle moyenne est de 89,21 mm et la pluviométrie annuelle moyenne cumulée enregistrée entre 2001 et 2011 est de 1 070,56 mm.





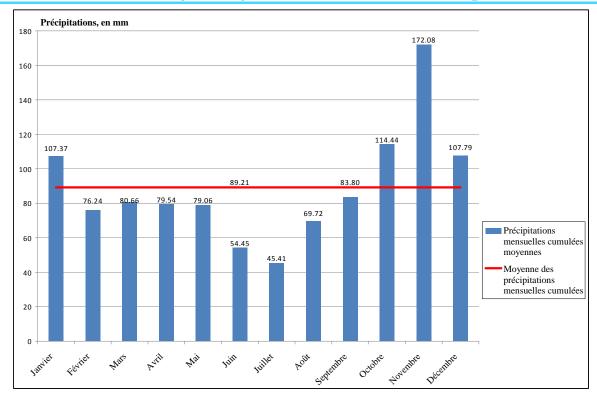


Figure 16 - Précipitations mensuelles moyennes, en mm, mesurées à la station Météo France de Soorts-Hossegor entre janvier 2001 et février 2011 (Source: Météo France)

Une resulante hydrodynamique: la vitesse des courants

Une résultante bien connue et facilement observable de ces différents forçages de la dynamique est la vitesse des courants d'entrée et de sortie du lac.

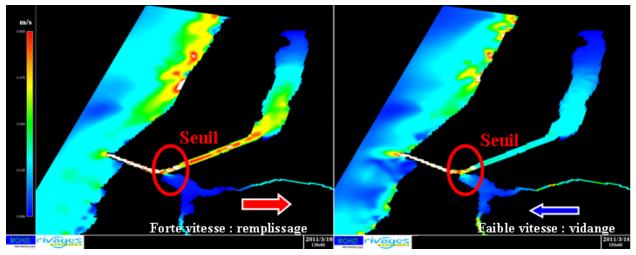


Figure 17 - Simulation des vitesses de courant dans le système laccanal-Bouret-Boudigau à marée montante (à gauche) et descendante (à droite) (Source : Rivages Pro Tech - 2011)

La vitesse des courants à l'entrée du système (embouchure du Boucarot) est régulièrement importante et s'explique par l'étranglement provoqué par le chenal. Ces vitesses peuvent constituer une source d'altération vis à vis de la stabilité des protections de berges et donnent à l'écoulement une capacité de transport sédimentaire importante.





Le remplissage du lac ne répond pas au schéma cyclique de 12 heures calé sur la marée montante (~ 6h) puis la marée descendante (~ 6h), du fait de la présence du seuil sous le pont Notre-Dame. Du fait de la côte de ce dernier, le lac ne commence à se remplir, en moyenne, qu'à partir de basse mer + 2 heures et la vidange se fait ainsi entre pleine mer et basse mer + 2 heures soit sur une durée totale d'environ 8 heures.

Un déséquilibre existe donc entre les vitesses d'entrée et de sortie de l'écoulement du lac (Figure 17) :

- ➤ le remplissage est brutal avec de fortes vitesses et une capacité de transport sédimentaire important,
- la vidange est lente avec de faibles vitesses et un faible transport de matière.

Les vitesses de courant ont tendance à diminuer au fur et à mesure que l'on évolue vers le Nord du lac.

1.3.2 FONCTIONNEMENT SEDIMENTAIRE

La dynamique sédimentaire du lac d'Hossegor est complexe et les flux de sédiments sont dictés par les interactions entre la bathymétrie, la taille (granulométrie) des sédiments mis en jeu et les courants (présentés précédemment). Les changements morphologiques (érosion/comblement) constituent le principal résultat de ces interactions.

COMPARAISON DE BATHYMETRIES

La bathymétrie correspond à la mesure de la profondeur par rapport au zéro hydrographique (zéro des cartes marines). Deux bathymétries du lac d'Hossegor sont disponibles en 2010 (fournies par le SIVOM) : elles datent de 1992 et 2010.

Ces données brutes ont été retravaillées et examinées afin d'estimer les mouvements sédimentaires naturels ayant eu lieu entre 1992 et 2010 (Figure 18).

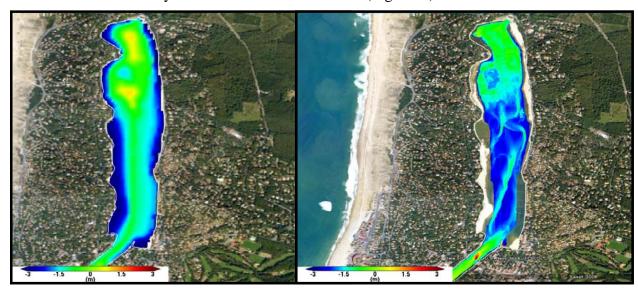


Figure 18 - Bathymétries relevées en 1992 (à gauche) et 2010 (à droite) (Source : SIVOM Côte Sud – Rivages Pro Tech)

D'importants changements morphologiques sont clairement mis en évidence. Le chenal central visible sur la bathymétrie de 1992 a disparu en 2010, et d'imposants bancs de sable sont apparus. Le taux de sédimentation évalué par comparaison des deux bathymétries est estimé à 21 000 m³/an en moyenne.





GRANULOMETRIE

Les paramètres décrivant une particule sont son diamètre et sa densité. La vitesse de sédimentation est fortement dépendante de ces paramètres : par exemple, plus une particule est grosse et lourde, plus elle va se déposer rapidement.

Au niveau du lac d'Hossegor, les eaux douces venant des cours d'eau sont chargées en majorité de vases et limons, sédiments très légers. De plus, ces eaux, moins denses que les eaux salées, vont avoir tendance à glisser en surface et donc se déplacer plus loin vers le Nord du lac à chaque marée montante. Les particules transportées vont alors pouvoir décanter lentement dans cette partie du lac.

A l'opposé, les eaux salées, plus denses et principalement chargées de matériaux plus lourds (sables), vont voir leurs matières en suspension décanter rapidement dès l'entrée du lac. Les sables se retrouvent ainsi principalement dans la partie Sud du lac.

Ce mécanisme est mis en évidence par la cartographie ci-jointe, montrant clairement la distinction entre le nord du lac majoritairement vaseux et le sud exclusivement sableux.

Le SIVOM dispose de plusieurs jeux de données (2003-2004-2005) nécessitants une réactualisation.



Echelle
1/8500

Source: Photos sériennes 2005
Cored Draw
No man 2006.

Figure 19 - Cartographie de la granulométrie du lac d'Hossegor (Source : photos aériennes 2005, Nicolas Beugnot – 2006)

FLUX DE SEDIMENTS

Le lac est alimenté en eaux par deux moyens distincts, l'océan et les cours d'eau, qui apportent des éléments bien différents.

L'océan apporte des sédiments sableux plus ou moins grossiers alors que le Bouret et le Boudigau transportent principalement des sédiments cohésifs (vases et limons).

La quantification des matériaux provenant de l'océan et des cours d'eau a été estimée dans le cadre d'une étude [25] (Figure 20). Les résultats sont exprimés dans le schéma suivant.



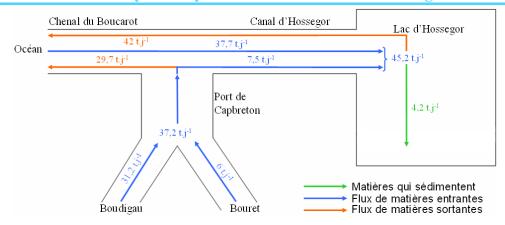


Figure 20 - Estimation des flux de matière en suspension (Source: Dumon J.C., Lapaquellerie Y., Maillet N., et al., 1994 – Université Bordeaux 1)

D'après ces valeurs, près de 10% des matériaux arrivant dans le lac y restent et y sédimentent, ce qui correspondrait, en moyenne, à un taux de sédimentation <u>d'environ 1000</u> m³.an¹ en 1994. Cette estimation ne prenant pas en compte les évènements naturels ou anthropiques ponctuels, elle ne peut être considérée que comme une valeur moyenne à un instant donné.

Or, comme vu précédemment, le taux de sédimentation réel (calculé par comparaison des bathymétries de 1992 et 2010) se situe plutôt autour de 21 000 m³/an en moyenne. Ce différentiel important peut s'expliquer par le fait que la majeure partie des sédiments qui comblent le lac y arrivent lors d'événements de haute énergie (tempêtes, crues des rivières...). Il faudrait pouvoir effectuer des mesures de MES en différents points de la zone lors de tels événements pour le prouver.

UNE RESULTANTE SEDIMENTAIRE: LES CHANGEMENTS MORPHOLOGIQUES

Le volume de matériaux sédimentés dans le lac <u>entre 1992 et 2010</u> à été calculé par Rivages Pro Tech : il s'élève à **380 000 m³**, soit 21 000 m³/an en moyenne.

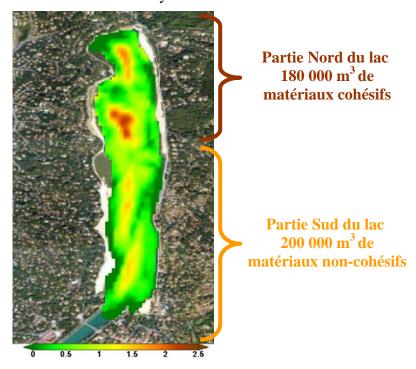


Figure 21 – Changements morphologiques du lac entre 1992 et 2010 (Source : Rivages Pro Tech)







Ce volume se répartit de la façon suivante :

- environ 200 000 m³ de matériaux exclusivement sableux dans une grande première moitié Sud du lac. Les imposants bancs de sable visibles à l'œil nu à marée basse se retrouvent nettement dans ces changements morphologiques.
- environ 180 000 m³ de matériaux cohésifs dans la partie Nord. Le comblement de cette partie du lac, moins visible à l'œil nu, n'en est pas moins spectaculaire. C'est en effet dans cette zone que sont mesurés les comblements les plus importants (jusqu'à 2.5m localement)

Mis à part l'intervention de dragage des parcs à huitres de 2002 (très ponctuel et de faible volume), la période sur laquelle sont calculés ces changements morphologiques (1992-2010) est dépourvue d'intervention humaine (travaux de dragage, aménagements, ...) au niveau du lac.

1.3.3 SYNTHESE DES CAMPAGNES DE MESURES

Afin de réaliser l'étude hydrosédimentaire et en particulier bâtir l'outil de modélisation associé, certaines données ont été collectées lors de campagnes de mesures. Les différentes composantes sur lesquelles Rivages Pro Tech a axé ses campagnes sont listées ci-dessous.

HAUTEUR D'EAU ET VITESSE / DIRECTION DES COURANTS

Des données de hauteurs d'eau et de vitesse / direction de courants de part et d'autre du seuil sont indispensables pour calibrer et valider le modèle numérique. Aucune étude répertoriée ne contenant ce type de données, elles ont été acquises lors d'une campagne spécifique, par des courantomètres appelés ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Ces appareils, mouillés sur le fond, mesurent la hauteur d'eau et le profil de courant dans la colonne d'eau.

APPORT DES RIVIERES

Des campagnes de mesure permettant le suivi de la hauteur d'eau et du débit des deux rivières ont été indispensables afin d'appréhender la dynamique des rivières et les quantités d'eau douce qu'elles peuvent apporter au système.

NATURE DES SEDIMENTS

Des prélèvements et mesures de granulométrie répartis sur l'ensemble du lac, dans le canal et dans le port ont été nécessaires afin d'actualiser la connaissance à ce sujet. De plus, n'ayant recensé aucune donnée concernant la qualité des sédiments du lac, ces analyses granulométriques ont été couplées à des mesures de qualité des sédiments prélevés.

FLUX DE SEDIMENTS

Les flux de sédiments estimés par l'Université de Bordeaux1 [31] datent de 1994. Au vu de la dynamique changeante du lac et de son ensablement rapide, ces valeurs peuvent avoir évolué. Il paraît également intéressant de les compléter par des mesures similaires, dans la mesure du possible, lors d'évènements de haute énergie (tempêtes, crues des rivières...).





Ainsi, des campagnes de mesures pour quantifier les flux de matières en suspension ont été réalisées au niveau :

- de chacun des deux cours d'eau : Bouret et Boudigau,
- du port de Capbreton,
- > du canal d'Hossegor,
- > du chenal du Boucarot,
- du lac d'Hossegor.

1.4 CONCLUSION

Le lac d'Hossegor est un plan d'eau à caractère saumâtre situé sur les communes de Soorts-Hossegor et Seignosse. Il est relié au port de Capbreton par le canal d'Hossegor puis à l'Océan Atlantique par le chenal du Boucarot. L'alimentation du lac se fait, par des masses d'eau en provenance de l'Océan ainsi que par les apports d'eau douce des deux cours d'eau Bouret et Boudigau et de la nappe phréatique.

De nombreux aménagements ont été apportés au lac, au fil du temps, contribuant au bon fonctionnement hydraulique de l'ensemble Lac/Port/Canaux. La configuration actuelle du lac, avec l'étranglement dû au canal à l'entrée du lac et le seuil positionné sous le pont Notre-Dame, induit un comblement spectaculaire du lac, et en particulier un ensablement critique de la partie Sud du lac. Des travaux et la mise en place d'une gestion pérenne du fonctionnement hydrosédimentaire sont nécessaires afin d'éviter le comblement complet du lac d'Hossegor et assurer le maintien de sa biodiversité.

L'état des lieux révèle une faune et une flore caractéristiques des zones littorales à salinité variable. Trois espèces invasives et trente-trois espèces protégées ont été identifiées.

Un recensement précis de la faune et de la flore du lac permettrait d'évaluer la sensibilité des espèces et envisager la mise en place de mesures visant à les protéger lors des éventuels futurs aménagements. En effet, cet inventaire des espèces présentes, avec une localisation des habitats, des sites de repos et des sites de reproduction permettrait aussi de déterminer l'évolution de la faune et de la flore du lac, ainsi que de définir les règlementations en application s'y rapportant.

Enfin, l'inventaire des données se rapportant au fonctionnement hydrosédimentaire du lac a été réalisé afin d'identifier les campagnes de mesures à mettre en place pour recueillir les données nécessaires à la réalisation du modèle numérique.





2 PHASE 2 - REALISATION DU MODELE NUMERIQUE

2.1 Introduction

La diversité des paramètres physiques, chimiques, et bactériologiques à prendre en compte dans le milieu marin est très importante. Le temps nécessaire pour constituer des séries de données suffisamment longues permettant de mettre en évidence des corrélations significatives n'est en général pas compatible avec les contraintes de terrain. La principale de ces incompatibilités est le besoin de considérer un environnement « figé » (absence d'aménagements côtiers supplémentaires, de modifications de la bathymétrie, etc...) pour que les lois de corrélation établies restent applicables.

A côté de la modélisation statistique (ou stochastique) du milieu marin, l'autre grand type d'approche possible est la modélisation dite physique déterministe, qui consiste à discrétiser les équations de l'hydrodynamique sur un espace donné. Les évolutions récentes en termes de capacité de calcul et d'algorithmes permettent aujourd'hui d'envisager des simulations avec temps de calcul réduit sans sacrifier à la précision des résultats.

L'ensemble des paramètres responsables de la dynamique du milieu, et en particulier ici responsables de l'ensablement du Lac marin d'Hossegor, essentiellement dû en première approche à un déséquilibre dynamique entre les vitesses d'entrée et de sortie de l'écoulement dans le lac, peut être ainsi pris en compte de manière réaliste dans toute sa complexité.

Au contraire des modèles statistiques, ces modèles numériques déterministes sont évolutifs, et toute modification du milieu ou de l'environnement peut être incorporée à un modèle pré existant. C'est là tout l'intérêt pour la collectivité de travailler avec un modèle développé sur un logiciel libre de droit : la collectivité en a la propriété et peut le faire évoluer au gré de l'évolution du milieu.

Cette partie a pour ambition de détailler les différentes étapes de la réalisation du modèle numérique :

- ✓ Acquisition des données nécessaires
- ✓ Construction du modèle numérique
- ✓ Validation de la fiabilité du modèle numérique

2.2 ACQUISITION DE DONNEES

La réalisation du modèle numérique induit un besoin de données conséquent. Il peut s'agir de :

- <u>données d'entrée</u> du modèle : elles sont nécessaires à la construction du modèle et à son fonctionnement. Il s'agit par exemple : de données bathymétriques, données de forçages de la dynamique (marée, vent, vagues, débits des cours d'eau), données granulométriques des sédiments, ...







- <u>données de validation</u> du modèle : elles permettent de confronter le modèle à des observations réalisées *in situ*. Il s'agit par exemple : de mesures de courants, de niveaux d'eau, de quantité matière en suspension

La synthèse bibliographique (« Phase 1 ») a permis de faire un état des lieux des données existantes et ainsi de définir les données manquantes ou nécessitant une réactualisation.

L'acquisition de ces données nécessaires au fonctionnement du modèle est décrite ciaprès. Elles apportent également des informations essentielles dans la compréhension du fonctionnement hydro-sédimentaire de la zone d'étude.

2.2.1 Données existantes utilisables par le modèle

LA BATHYMETRIE

La bathymétrie représente la profondeur d'eau référencée par rapport au zéro hydrographique (zéro des cartes marines). L'hydrodynamique en étant très fortement dépendante, elle constitue une donnée d'entrée primordiale du modèle.

Deux bathymétries du lac d'Hossegor ont été fournies par le SIVOM : elles datent de 1992 et 2010.

La plus ancienne, au format papier, correspond au plan d'après dragage du lac en 1992. Elle a été numérisée par Rivages Pro Tech (RPT) afin de la rendre exploitable par le modèle. La plus récente, correspond à la situation bathymétrique du lac relevée en 2010 par un sondeur multifaisceaux sur la zone Lac-Port-Canal du Boucarot.



Figure 22 – Bathymétries relevées en 1992 (à gauche) et 2010 (à droite) (Source : SIVOM Côte Sud – Rivages Pro Tech)

Afin de reproduire correctement la dynamique océanique, des données côtières récentes ont été récupérées. Il s'agit de données relevées par le Casagec aux abords de l'embouchure du Boucarot et de données plus grande échelle relevées par le SHOM.





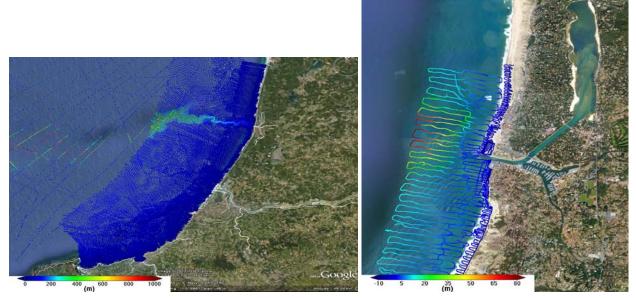


Figure 23 – Bathymétries méso-échelle (à gauche - Source : SHOM) et proche côtière (à droite - Source : Casagec)

2.2.2 Donnees existantes mais necessitant une reactualisation

Rivages Pro Tech a mis en place les campagnes de mesures permettant une réactualisation des données le nécessitant.

LA GRANULOMETRIE ET LA QUALITE DES SEDIMENTS

L'étude du comportement sédimentaire du lac nécessite la connaissance de la répartition granulométrique des sédiments présents sur le fond. Le SIVOM dispose de plusieurs jeux de données (2003-2004-2005) nécessitants une réactualisation. Des prélèvements et mesures de granulométrie répartis sur l'ensemble du lac, dans le canal et dans le port ont ainsi été entrepris en Avril 2011 afin d'affiner ces données existantes.

Depuis une embarcation mise à disposition par le SIVOM Côte Sud, des prélèvements ont été réalisés par RPT à l'aide d'une benne à sédiments en plusieurs points de la zone d'étude. Le plan d'échantillonnage (15 stations de mesures), principalement axé sur le lac, est présenté ci-après.

L'analyse des prélèvements consiste à réaliser :

- pour l'ensemble des stations de mesure : une analyse de la taille des sédiments afin de connaître la répartition granulométrique (argile/limon/sable) de l'échantillon.
- pour 8 des 15 stations de mesures : une analyse qualitative des sédiments concernés (16 micropolluants tracés : éléments métalliques, PCB....). Cette composante qualitative, non prévue dans le cahier des charges initial, a été étudiée à l'initiative de Rivages Pro Tech pour anticiper les besoins de la collectivité lors d'une éventuelle procédure de dragage.







Figure 24 – Plan d'échantillonnage : caractérisation des sédiments du lac d'Hossegor (Avril 2011)



Station de mesure : Granulométrie



Station de mesure : Granulométrie + Qualité

Les résultats de ces analyses sont synthétisés ci-après.

Répartitions granulométriques (en %)

	Argile (< 2 μm)	Limon Fin (2 - 20 µm)	Limon Grossier (20 - 50 µm)	Sable Fin (50 - 200 μm)	Sable Grossier (> 200 μm)	Total
Α	23.2	26	22.5	22.9	5.4	100
В	0.4	0.4	0.1	0.4	98.6	100
С	0.9	1.9	0.6	3.3	93.3	100
D	0.4	0.2	0.4	1.8	97.2	100
E	0.5	0.1	0.6	6.3	92.6	100
F	0.4	0.1	0.5	5.6	93.4	100
G	0.6	0.2	0.2	9.3	89.7	100
H	0.8	0.2	0.1	8.5	90.4	100
	0.7	0.6	0.4	9.2	90.1	100
J	0.4	1.2	0.9	3.8	93.7	100
K	0.3	0.3	1.5	6.6	91.3	100
L	12.1	16.7	21.2	40.9	9.1	100
M	13.4	25.7	22.6	10	28.3	100
N	0.8	0.5	1.3	19.3	78.1	100
0	13.1	18.4	13.4	8.1	47	100

Tableau 3 - Pourcentages de classes de sédiments pour chaque échantillon





Ces résultats ont été cartographiés :

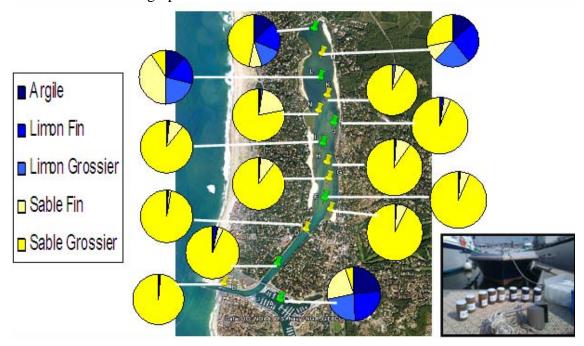


Figure 25 – Répartitions des différentes granulométries rencontrées pour chaque échantillon

Les sédiments présents sur le fond de la zone d'étude sont majoritairement non-cohésifs de type sableux (sable grossier en provenance de l'océan). Dans certaines zones (Port et Nord du lac), des sédiments beaucoup plus fins (principalement en provenance du Bouret et du Boudigau) viennent se mélanger au sable avec lequel ils forment un mélange cohésif compact beaucoup plus noir.

Qualité des sédiments

Sur les 15 stations de mesures granulométriques, 8 échantillons ont fait l'objet de prélèvement afin de déterminer les teneurs en micropolluants de références, listés ci-après. Elles ont ensuite pu être comparées aux niveaux de référence N1 et N2 définis par la réglementation liée au dragage (article R.214-1 du code de l'environnement).

	Α	С	F		J	L	0	Niveau N1	Niveau N2
Eléments tracés									
Arsenic	20,9	3,3	3,3	2,5	2,0	19,3	12,4	25	50
Cadmium	0,27	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,14	0,25	1,2	2,4
Chrome	31,8	1,9	1,8	2,3	1,8	31,8	30,1	90	180
Cuivre	36,3	0,8	0,7	0,8	0,6	20,4	21,1	45	90
Mercure	0,3	0,03	0,03	0,04	0,03	0,3	0,3	0,4	0,8
Nickel	22,5	1,2	1,1	1,4	1,1	20,5	19,1	37	74
Plomb	38,4	1,8	1,3	1,5	1,4	33,7	35,6	100	200
Zinc	163	5,6	5,3	6,4	5,6	117	129	276	552
Composés tracés (Polychlorobiphényles)									
PCB congénère 28	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.025	0.05
PCB congénère 52	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.025	0.05
PCB congénère 101	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.050	0.10
PCB congénère 118	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.025	0.05
PCB congénère 138	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.050	0.10
PCB congénère 153	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.050	0.10
PCB congénère 180	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.025	0.05
PCB totaux	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	0.500	1.00

Tableau 4 - Concentrations en micropolluants (mg/kg de matières sèches) mesurées sur la fraction inférieure à 2mm – Points de mesures (A à O) et niveaux de référence N1 et N2





Tous les points analysés montrent des valeurs inférieures au premier seuil N1 pour l'ensemble des micropolluants : les sédiments de la zone concernée respectent les normes de qualité fixées par le code de l'environnement. Les résultats qualitatifs obtenus sur ces prélèvements sont donc compatibles avec des opérations d'extraction de matériaux.

LA QUANTITE DE MATIERES EN SUSPENSION (MES)

Le lac est alimenté en eaux par deux moyens distincts : l'océan et les cours d'eau, qui apportent des éléments bien différents. L'océan apporte des sédiments sableux plus ou moins grossiers alors que le Bouret et le Boudigau transportent principalement des sédiments cohésifs (vases et limons).

La quantité de matière en suspension constitue une donnée de calibration essentielle du modèle hydro-sédimentaire. Dans une étude menée par l'Université de Bordeaux [31], de nombreuses mesures de MES ont été réalisées au printemps et à l'automne 1994 au niveau du canal du Boucarot mais aussi des deux cours d'eau du Bouret et du Boudigau. En gardant à l'esprit qu'il n'y a eu aucun épisode énergétique (tempête, crues des rivières) pendant la période de mesure, ces données s'avèrent précieuses pour la phase de calibration du modèle. Afin d'affiner ce jeux de données, une campagne de mesure intensive a ainsi été mise en place par RPT au mois de Mars 2011. Les quantités de MES ont en été mesurées toutes les heures pendant tout un cycle de marée :



- ⇒ dans le canal du Boucarot, près de la communication avec l'océan ouvert, afin de caractériser au mieux les MES venant de l'océan, principale source de MES de type sableuse pour le Lac : **Point A**
- ⇒ à l'entrée du Port de Capbreton, afin de caractériser au mieux les MES provenant du Port : **Point B**
- ⇒ dans le canal du Boucarot, près de la communication avec le Lac, afin de caractériser au mieux les MES entrant réellement dans le Lac : **Point C**
- ⇒ dans la partie Sud du Lac, afin de caractériser au mieux les MES piégées dans le Lac : Point D

Figure 26 – Stations de mesure MES – Mars 2011

Les prélèvements ont été réalisés depuis une embarcation mise à disposition par le SIVOM Côte Sud, à l'aide d'une bouteille Niskin permettant le prélèvement d'échantillons d'eau en profondeur. Ces échantillons ont ensuite été analysés en laboratoire selon le protocole normalisé.









Figure 27 – Réalisation de Mesures de MES dans le système Lac-Port-Canaux les 24 et 25 Mars 2011

Les résultats de ces mesures sont synthétisés dans les graphiques ci-dessous. Pour les interpréter, il faut tout d'abord souligner que ces mesures se sont tenues pendant une période hydrodynamiquement calme (Vagues ~ 0.5m; Vent modéré de secteur Sud-Est) mais par une marée d'assez fort coefficient (85).

Une quantité importante de MES est mesurée à l'embouchure du Boucarot (Point A, 25 à 30 mg/L) comparé aux teneurs moyennes d'eaux purement marine (environ 5 mg/L). Ceci est le signe de remise en suspension importante de sédiments à proximité de la côte, sous l'influence des courants côtiers, principalement générés par les vagues.

A la sortie du port (Point B), des eaux d'origines diverses (Rivières, Océan au flot, Lac au jusant) se mélangent et donnent un signal de MES difficile à interpréter.

A l'entrée du lac (Point C), une valeur « résiduelle » de MES (~ 25 mg/L) est mesurée au début du flot, avant que la marée ne passe pas par-dessus le seuil. Puis une valeur beaucoup plus importante (~ 40 mg/L) est mesurée autour de l'étale de marée haute, signature de l'apport de MES dans le lac.

Dans la partie sud du lac (Point D), la valeur de MES résiduelle mesurée au point C en début de flot est retrouvée. L'apport de MES engendré par le flot est également clairement mesuré : un pic de MES est observable juste après l'étale de marée haute puis une décroissance de MES se produit au cours du jusant, signe du dépôt de MES dans le lac.





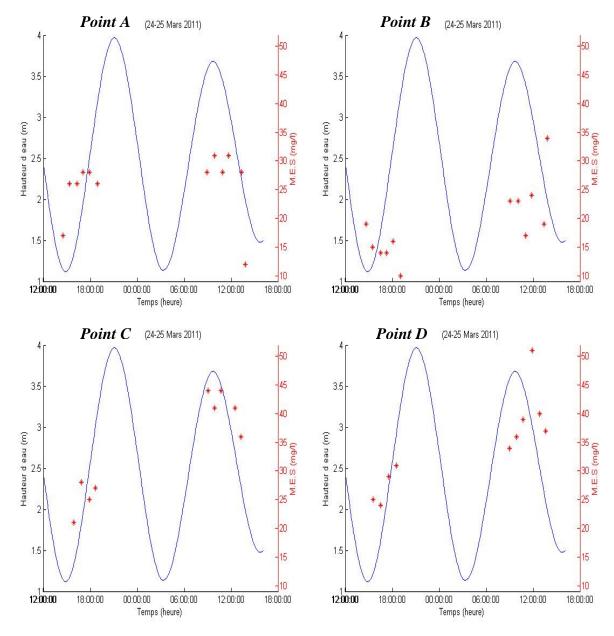


Figure 28 – Résultats des mesures de MES dans le système Lac-Port-Canaux les 24 et 25 Mars 2011

Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles mesurées par l'université de Bordeaux 1 en 1994 [31]. Du fait des conditions hydrométéorologiques très clémentes entre le 15 et le 30 Mars 2011 (période durant laquelle s'est tenue la campagne), ces mesures n'ont malheureusement pas pu être réalisée lors d'un événement de haute énergie (tempête, crue des rivières...).

En parallèle, la quantité de MES provenant des cours d'eau a quotidiennement été mesuré entre le 15 et le 30 Mars 2011 :

- au niveau du pont de l'avenue de la Becasse (Hossegor), afin de caractériser au mieux les MES provenant du Bouret,
- ⇒ au niveau du pont de la Pointe, afin de caractériser au mieux les MES provenant du Boudigau,







Figure 29 - Stations de mesure Bouret et Boudigau - Mars 2011

Les résultats de ces mesures quotidiennes sont synthétisés dans le graphique ci-dessous. Les turbidités mesurées sur ces deux rivières sont importantes, notamment à la suite des événements pluvieux ayant eu lieu pendant la période de mesure. Dans ces conditions, des valeurs de MES en très bon accord avec l'étude menée par l'Université de Bordeaux [31] y sont mesurées (30 à 50 mg/L).

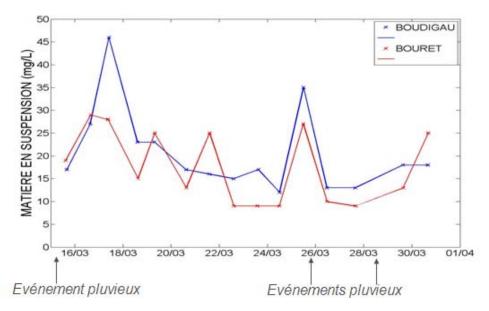


Figure 30 – Mesures de MES quotidiennes sur le Bouret et le Boudigau (15 au 30 Mars 2011)

2.2.3 Donnees manquantes

Rivages Pro Tech a mis en place les campagnes de mesures nécessaires afin d'acquérir les données manquantes. Ces campagnes se sont tenues, dans la mesure du possible, entre le 15 et le 30 Mars 2011.





LES DEBITS DES RIVIERES

A chaque marée, le lac ne reçoit, en moyenne annuelle, que 80% d'eaux marines et 20% d'eaux en provenance du Bouret et du Boudigau [31], l'impact de l'océan variant logiquement avec le coefficient de marée. Mais bien que ces eaux douces en provenance des rivières représentent une partie non négligeable de la dynamique, assez peu de mesures de débits et/ou de hauteur d'eau ont déjà été réalisées (cf. « Phase 1 – Synthèse de l'existant »).

C'est pourquoi un suivi de la hauteur d'eau et du débit des deux rivières pendant la campagne de mesures (15 – 30 Mars 2011) a été indispensable afin d'évaluer leur dynamique et d'appréhender les quantités d'eau douce qu'elles peuvent apporter au système. Dans cette optique, des sondes de niveau ont été installées sur les deux cours d'eau (cf Fig. 29) :

- ⇒ sur le Bouret, au niveau du pont de l'avenue de la Bécasse (Hossegor),
- ⇒ sur le Boudigau, au niveau du pont de la Pointe.





Figure 31 – Mesures de niveaux d'eau sur le Bouret (A) et le Boudigau (B) – 15 au 30 Mars 2011

Ces sondes ont mesuré en continu pendant une durée de 15 jours les variations de niveaux d'eau en ces deux points. Les résultats de ces mesures sont synthétisés dans les graphiques suivants.

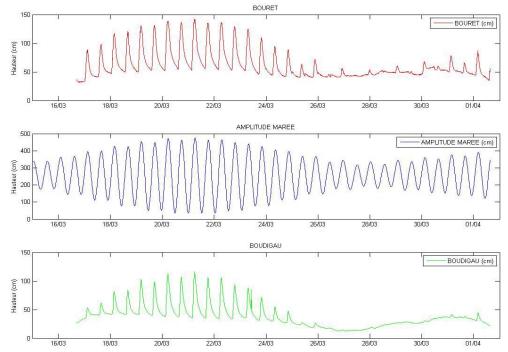


Figure 32 – Mesures de niveaux d'eau au niveau du Bouret (en rouge), du Boudigau (en vert) et de l'océan (en bleu) – 15 au 30 Mars 2011





Malgré la distance importante qui sépare les points de mesure du port de Capbreton (~ 2km pour le Bouret et ~ 4km pour le Boudigau), ces mesures mettent en avant une influence de la marée :

- moyenne à forte pour des coefficients de marée > 60 (mesures avant le 26 / 03 / 2011)
- nulle pour des coefficients de marée < 60 (mesures après le 26 / 03 / 2011)

En parallèle, des mesures ponctuelles de débit (appelées jaugeages) ont été réalisées sur chacun des cours d'eau afin de caractériser les apports associés en eau douce, qui constituent une donnée d'entrée essentielle pour le modèle. Il s'agit d'estimer le débit en mesurant la vitesse des courants en différents points de la section du cours d'eau.



Figure 33 – Jaugeage réalisé par Rivages Pro Tech sur le Bouret - 15 Mars 2011 Les résultats des différents jaugeages réalisés sont synthétisés dans le tableau suivant.

	Débit Bouret (m3/s)	Débit Boudigau (m3/s)
15/03/2011	1.69	-
17/03/2011	1.70	6.34
23/03/2011	1.72	2.36

Tableau 5 - Débits Bouret/Boudigau mesurés par Rivages Pro Tech - Mars 2011

MESURES DE COURANTS ET HAUTEURS D'EAU DANS LE CANAL DU BOUCAROT

Des données de hauteurs d'eau et de vitesse/direction de courants de part et d'autre du seuil sont indispensables afin de calibrer et valider le modèle numérique. Aucune étude répertoriée ne contenant ce type de données (cf. « Phase 1 – Synthèse de l'existant »), une campagne de mesure spécifique a été mise en place en partenariat avec AZTI Tecnalia (centre océanographique basé à San Sebastien).

Elle consiste à mouiller sur le fond un courantomètre ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), en <u>deux</u> endroits stratégiques de la zone d'étude, pendant 15 jours (15 – 30 Mars 2011). Cet appareil mesure en continu le profil de courant sur la verticale ainsi que les variations de niveau d'eau.









Figure 34 – ADCP Aquadopp de Nortek

Figure 35 – Localisations des deux ADCP mouillés sur le fond – 15 au 30 Mars 2011







Figure 36 – Mouillage des deux ADCP dans le canal du Boucarot – 15 Mars 2011

La pose et l'enlèvement des appareils ont été effectués grâce à l'embarcation mise à disposition par le SIVOM Côte Sud. A l'issue de 15 jours de mesures en continu, les appareils ont pu être récupérés sans dommage. Les mesures de courant et de niveau d'eau recueillies se sont avéré d'excellente qualité, comme en témoigne les figures suivantes :

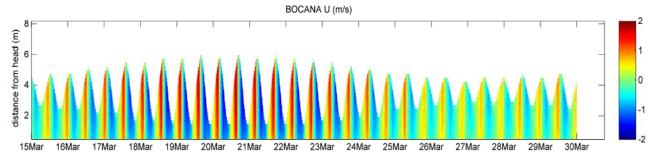


Figure 37 – Vitesse du courant et élévation de la surface libre mesurées à l'embouchure du Boucarot



Etude du système hydrosédimentaire du Lac d'Hossegor



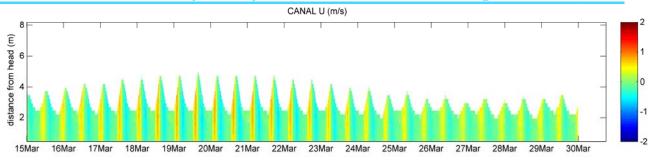


Figure 38 – Vitesse du courant et élévation de la surface libre mesurées à l'entrée du lac

<u>Pour rappel</u>: Dans le Golfe de Gascogne, la marée est de type semi-diurne avec une période moyenne de 12 heures 25 minutes (~ 6h de flot / 6h de jusant). L'amplitude moyenne de la marée est d'environ 3,8 m en vives-eaux, et de 1,8 m en mortes eaux.

Au niveau de l'embouchure du Boucarot, l'élévation de la surface libre suit ces variations tidales classiques du Golfe de Gascogne, plus ou moins importantes suivant le coefficient de marée. Dans cette zone étranglée, il en résulte des vitesses de courants importantes, au flot comme au jusant, de l'ordre de 1m/s (jusqu'à 2 m/s par fort coefficient de marée).

A l'entrée du lac, le régime hydrodynamique est fortement perturbé par la présence du seuil. La marée commence en effet à monter dans le lac seulement à partir du moment où le niveau d'eau dans le Boucarot passe au-dessus du niveau du seuil. Il en résulte que les variations de niveau d'eau dans le lac sont déphasées par rapport à celles à l'embouchure du Boucarot : en moyenne, la phase de flot est réduite à une durée d'environ 4h alors que la phase de jusant est allongée à environ 8h. Egalement, la vitesse des courants est fortement réduite.

A noter que les mesures synthétisées ci-dessus ont apporté deux informations très importantes dans l'optique de la modélisation :

- ✓ il y a une très forte homogénéité des profils de courants sur la verticale aux deux stations de mesure. Ainsi, afin de diminuer le temps de calcul du modèle, il est envisageable de réaliser ce dernier en deux dimensions sans sacrifier la précision de ses résultats.
- ✓ la côte exacte du seuil a pu être dégagée des mesures de niveaux d'eau de l'appareil à l'entrée du lac. En effet, le niveau d'eau dans le lac diminue lentement au cours du jusant, régulièrement jusqu'à la même côte : celle du seuil. D'après les 15 jours de mesures hydrodynamiques entre le 15 et le 30 Mars, la côte du seuil est de : + 0.25m NGF.

Attention, cette côte mesurée est largement supérieure à la côte « théorique » du seuil jusqu'ici rencontrée dans les différentes études (autour de -0.50m NGF).

LES DONNEES CTD

Des données CTD (Conductivity, Température, Depth) sont nécessaires pour valider le transport des propriétés de l'eau (Température, Salinité) du modèle. Aucune étude répertoriée ne contenant ce type de données, plusieurs profils CTD ont été réalisés par RPT en parallèle des prélèvements de MES les 24 et 25 Mars 2011.







Figure 39 – Déploiement de la CTD dans le canal du Boucarot – 24 et 25 Mars 2011

Les principaux résultats de ces mesures sont synthétisés dans la figure suivante. Il s'agit de profils de salinité et seul le premier mètre d'eau sous la surface libre est représenté (zone d'éventuelles stratifications haline dans notre cas).

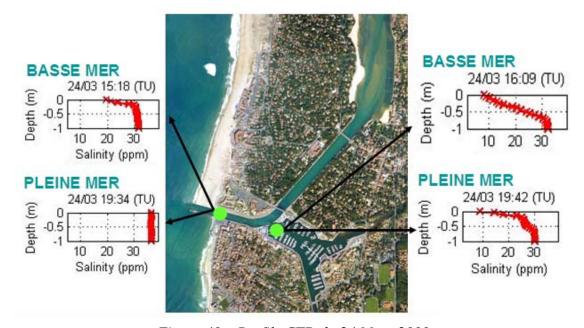


Figure 40 – Profils CTD du 24 Mars 2011

A pleine mer, l'eau de l'embouchure du Boucarot est exclusivement marine, comme en témoigne le profil parfaitement homogène à la salinité de référence de l'eau de mer (~36.5 g/L). Au même instant, les eaux du port sont en grande partie d'origine marine mais une très fine couche d'eau moins salée est repérée à proximité de la surface, signature des eaux du Bouret et du Boudigau qui glissent au dessus des eaux marines plus salées.

A basse mer, la prépondérance d'eaux marines est moins forte. D'une part, la très fine couche d'eaux moins salées repérée à pleine mer dans le port est en train de sortir à l'embouchure du Boucarot. D'autre part, les eaux du port sont beaucoup plus « douces », comme en témoigne l'épaisseur plus importante (~ 1m) de la couche d'eau moins salée.





2.3 ELABORATION DU MODELE NUMERIQUE

2.3.1 GENERALITES

La modélisation numérique consiste à mettre en équations la circulation du milieu marin afin de reproduire cette dynamique dans des simulations, et de pouvoir prévoir ainsi les courants, le transport de matières en suspension, les propagations de pollutions etc....

Pour reproduire la dynamique du milieu marin, le modèle a besoin de recevoir comme données d'entrées l'ensemble des facteurs (appelés forçages, voir figure ci-après) à l'origine de la mise en mouvement des fluides. Il s'agit de :

- ⇒ la marée,
- ⇒ le vent,
- ⇒ les vagues,
- ⇒ les débits des cours d'eau entrants dans la zone d'étude (ici Bouret et Boudigau),
- ⇒ la pression atmosphérique.

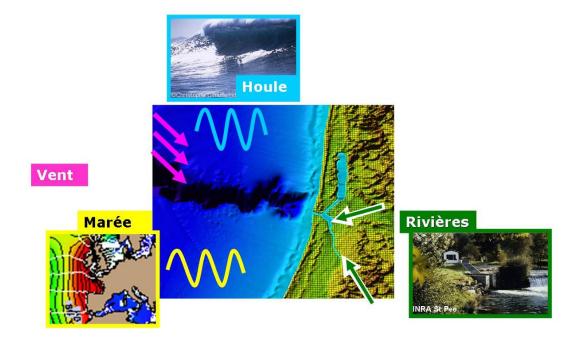


Figure 41 – Schématisation des principaux forçages de la dynamique

LE LOGICIEL

Le logiciel utilisé est le logiciel MOHID, développé par l'Université de Lisbonne. Ce code de calcul à code source ouvert (c'est-à dire <u>libre de droit</u>) est utilisé par une large communauté scientifique à travers le monde et bénéficie ainsi en permanence des apports techniques de ses utilisateurs.

Le code est écrit en langage Fortran et résout les équations mathématiques régissant la dynamique des fluides géophysiques, c'est-à-dire les équations primitives, à l'aide d'une







discrétisation par volumes finis, dans l'approximation de Boussinesq et de l'équilibre hydrostatique. Il permet en outre la prise en compte des composantes baroclines et nonhydrostatiques.

A titre indicatif, ce code de calcul est d'ores et déjà utilisé de manière opérationnelle sur les plages de Barcelone pour fournir des prévisions quotidiennes de la qualité des Eaux de Baignade (Suñer et al, 2008). Il est également utilisé sur la Côte Basque par Rivages Pro Tech dans le cadre du projet européen LOREA piloté par le Conseil Général des Pyrénées Atlantiques, pour des applications de transport sédimentaire et de qualité des eaux de baignade, notamment dans la Baie de Saint Jean de Luz.

2.3.2 DOMAINE D'ETUDE

La mer et l'atmosphère étant des fluides présentant une circulation continue tout autour de la Terre, une difficulté de la modélisation du milieu marin consiste à définir un domaine d'étude présentant des limites forcément artificielles.

Afin de tenir compte des processus se produisant à différents niveaux d'échelles, et de prendre ainsi en compte la circulation générale, une solution technique consiste à mettre en place des modèles de type « gigognes », emboîtés les uns dans les autres avec une résolution spatiale de plus en plus fine.

C'est l'architecture qui est utilisée ici : le principe est de résoudre globalement avec une maille adaptée les processus à l'échelle de la Côte Basque – Côte Landaise, et très finement avec une résolution plus grande les processus locaux lorsqu'on se rapproche du Lac d'Hossegor.

Les forçages d'un modèle local (résolution de l'ordre de 20 m) sont ainsi fournis par un modèle de plus grande emprise (résolution de l'ordre de 100m), lui-même inséré dans un modèle de grande échelle à travers la prise en compte de Conditions aux Limites dynamiques.

Le choix de ces divers domaines permet de concilier une résolution fine des processus côtiers et une perspective de calcul rapide pour l'exploitation de ces modèles.





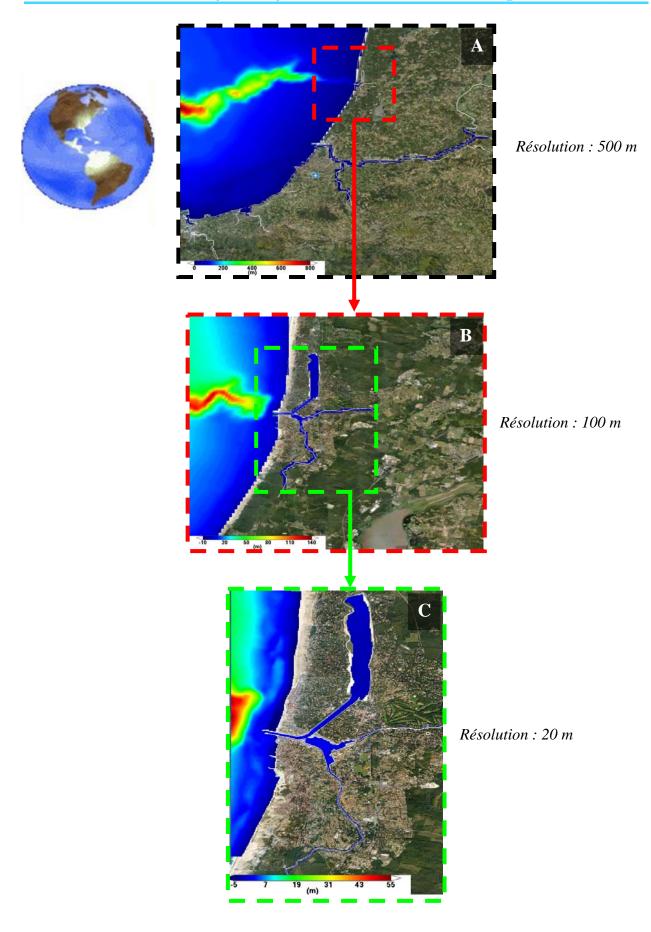


Figure 42 – Emboîtement des modèles (Bathymétries) sur les domaines de la Côte Basque -Landaise puis Hossegor - Capbreton





De cette façon, le zoom local C couvre la totalité de la zone d'étude (Lac-Port-Rivières) avec une très fine résolution (20m), ce qui permet de reproduire et d'étudier précisément la circulation des masses d'eau et le transport sédimentaire à l'intérieur de ce système complexe.

Que le modèle proposé ait une résolution spatiale de l'ordre de 20 m signifie en particulier que chaque point de la bathymétrie réelle du Lac se trouve ainsi systématiquement à une distance inférieure ou égale à 10 m d'un point calculé par le modèle.

La pertinence d'utiliser un maillage variable a été étudiée mais non validée en raison d'une augmentation significative du temps de calcul.

Le modèle local haute résolution (C) a initialement été envisagé comme tridimensionnel (3D). Or, les campagnes de mesure ayant montré une forte homogénéité des courants sur la verticale, nous avons pris la décision de mettre plutôt en place **un modèle local haute résolution bidimensionnel (2D)**. Ce choix permet de gagner en efficacité en diminuant le temps de calcul du modèle sans que sa précision en soit pénalisée. Ainsi, dans l'optique de modélisations hydro-sédimentaires de longues durées (scenarii), des simulations sur des périodes de plusieurs années avec un temps de calcul raisonnable sont envisageables.

2.4 VALIDATION DU MODELE NUMERIQUE

2.4.1 GENERALITES

Tout modèle numérique mis en place se doit d'être calibré et validé à partir de données véritablement mesurées sur le terrain. Il peut s'agir par exemple de : courantologie, niveau d'eau, température, salinité, vagues, matières en suspension, concentration en bactéries...

Certains paramètres utilisés dans le modèle numérique (viscosité turbulente, coefficient de diffusion, coefficient de frottement au fond ...) constituent autant de degrés de liberté du modèle à ajuster de manière spécifique à chaque site. Cette opération de réglage est appelée calage, ou encore calibration du modèle. Elle est indispensable pour obtenir un modèle reproduisant la réalité de manière satisfaisante, tant dans sa dimension hydrodynamique, que dans sa dimension sédimentaire.

La principale difficulté de la calibration réside dans le fait que ce n'est pas un paramètre mais une combinaison de plusieurs paramètres, qui agissent en interaction, qu'il faut ajuster. En se basant sur l'expérience de Rivages Pro Tech et sur la littérature scientifique, ce travail de calibration du modèle s'est réalisé en deux temps. Tout d'abord, le comportement purement hydrodynamique du modèle a été validé (courants et niveaux d'eau). Ensuite, les capacités en termes de transport sédimentaire ont pu être validées (volumes et vitesses d'ensablement du lac, zones de dépôt,...).

2.4.2 VALIDATION HYDRODYNAMIQUE

Afin de procéder à la calibration / validation hydrodynamique du modèle, ce dernier a été activé dans les conditions océano-météorologiques de la campagne de mesures (15-30 Mars 2011). La calibration / validation consiste à confronter les résultats de modélisation aux mesures de :

- ⇒ variations de niveaux de la surface libre
- ⇒ variations des vitesses et direction du courant





Ainsi, après un travail important d'ajustement, un paramétrage du modèle assurant une fiabilité hydrodynamique satisfaisante a finalement été arrêtée.

La figure ci-après donne un exemple de confrontation, pour les variations de niveaux d'eau, entre les observations *in-situ* (en rouge clair) et le comportement du modèle (en rouge foncé). Les variations de niveau d'eau étant le principal moteur de la dynamique au sein de la zone d'étude, l'accord globalement très satisfaisant entre les deux courbes est un gage de fiabilité du modèle.

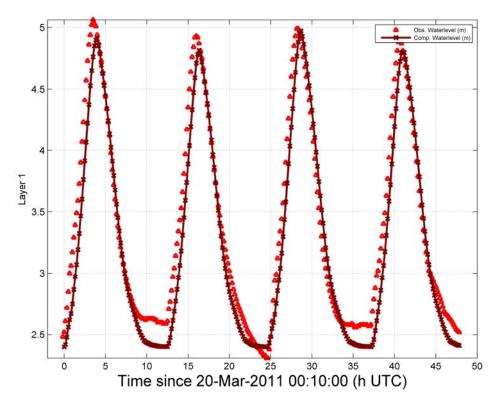


Figure 43 – Exemple de confrontation entre Observations et Modélisation : Niveau d'eau à l'entrée du lac

Les vitesses et directions des courants ont également été étudiées précisément afin de s'assurer de leur reproduction satisfaisante par le modèle.

2.4.3 VALIDATION DU TRANSPORT SEDIMENTAIRE

Afin de procéder à la calibration / validation du transport sédimentaire, des simulations sur de longues durées ont cette fois été envisagées. Un ensemble de forçages dynamiques réalistes ont été dégagés afin de caractériser les événements moyens et les événements de haute énergie pendant la période simulée.

La stratégie consiste alors à faire une simulation des changements morphologiques sur la base de la bathymétrie du lac de 1992 et en utilisant l'ensemble des forçages préalablement établis ; cette simulation représentant les 18 années entre 1992 et 2010. A l'issue de cette simulation, il s'agit de comparer quantitativement les évolutions de bathymétrie modélisées et réellement mesurées sur le terrain.

Après un travail important d'ajustement, un paramétrage du modèle assurant une fiabilité satisfaisante du transport sédimentaire a finalement été arrêtée.





A l'issue de cette étape de calibration, le modèle est capable de reproduire de façon satisfaisante le volume de sable déposé dans le lac sur la période simulée ainsi que l'extension spatiale de la zone touchée par cet ensablement. Le modèle fait en effet une erreur inférieure à 10% sur le volume de sable déposé dans le lac entre 1992 et 2010.

Le modèle est capable de prendre en compte le transport de sédiments exclusivement non-cohésifs (sable). C'est pourquoi le comblement de la partie Nord du lac, qui se fait dans la réalité par des sédiments majoritairement de type cohésifs (vase, limons), n'est pas ici modélisé.

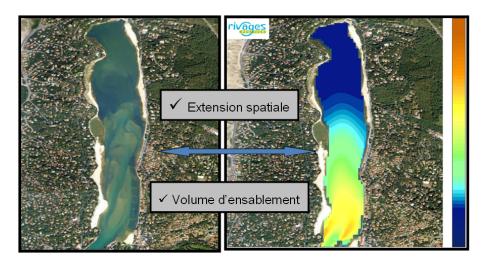


Figure 44 – Exemple de confrontation entre Observations (Image satellite, à gauche) et Modélisation : ensablement du lac en 2010 (après 18ans de simulation, à doite)

Cette stratégie (dates des simulations, forçages dynamiques réalistes) va ensuite pouvoir être utilisée dans la phase d'exploitation du modèle (voir ci-après), par exemple pour la réalisation des scenarii d'aménagements du site afin d'envisager des solutions à long terme pour diminuer voire maîtriser l'ensablement du lac d'Hossegor.



3 PHASE 3 – EXPLOITATION DU MODELE : ETAT DES LIEUX HYDROSEDIMENTAIRE

3.1 CONTEXTE

A l'issue du travail de calibration/validation, le modèle hydrosédimentaire est désormais prêt à être exploité. Il sera utilisé dans la Phase 4 pour la réalisation des scenarii. Mais nous proposons de commencer par l'utiliser pour faire un état des lieux hydrosédimentaire du lac.

3.2 VOLUMES OSCILLANTS

Le régime hydrodynamique du lac étant majoritairement dicté par les variations tidales, il convient de s'intéresser de près au volume oscillant, différence entre le volume d'eau contenu dans le lac à pleine mer et le volume y restant à basse mer (en m³).

Ce volume oscillant, fortement dépendant des différents aménagements et travaux de dragage réalisés, a fortement évolué au cours du temps. Il est bien entendu également fortement dépendant du coefficient de marée.

A partir des bathymétries disponibles (1992 et 2010), les volumes oscillants du lac ont pu être calculés :

Coefficient de marée	110	90	70	38
En 1992	1 447 000	1 124 000	877 000	630 000
En 2010	1 291 000	1 000 000	782 000	562 000

Tableau 6 – *Volumes oscillants du lac* (m³)

Ainsi, le volume oscillant du lac a diminué d'environ 11% entre 1992 et 2010, période de comblement naturel dépourvue d'interventions de dragage (seul un dragage très ponctuel et peu volumineux des parcs à huitres a été réalisé, en 2002).

3.3 VOLUMES D'EAU DANS LE LAC A MAREE BASSE

De la même façon, le volume d'eau contenu dans le lac à marée basse est fortement dépendant des différents aménagements et/ou travaux de dragage réalisés. En revanche, étant défini par la côte du seuil, il est complètement indépendant du coefficient de marée.

A partir des bathymétries disponibles (1992 et 2010), le volume d'eau (m³) dans le lac à marée basse a pu être calculé :

En 1992	648 000
En 2010	317 000

Ainsi, le volume d'eau dans le lac à marée basse a diminué de moitié entre 1992 et 2010, période de comblement naturel dépourvue d'intervention de dragage.





3.4 EVOLUTION DE L'ENSABLEMENT

Entre 1992 et 2010, le lac s'est comblé naturellement à hauteur de 380 000 m³ (cf. « Phase 1 – Synthèse de l'existant ») au gré des marées et des évènements de haute énergie.

Lors de la « Phase 2 - Réalisation du modèle », le modèle a été calibré et validé sur la base de simulations représentant de façon réaliste l'ensablement du lac entre 1992 et 2010. Il a été réalisé la simulation équivalente mais en partant de la situation bathymétrique du lac en 2010, afin d'évaluer de façon réaliste l'ensablement du lac entre 2010 et 2028 si rien n'est fait.

Il ressort de ce travail des tendances importantes. La façon dont le lac s'ensable évolue au cours du temps :

- les volumes déposés annuellement dans le lac semblent légèrement augmenter : +6% sur la période [2010-2028] par rapport à [1992-2010].
- l'ensablement semble progresser vers le Nord : la proportion de sable déposée dans la partie sud du lac diminue, au profit de zones plus au Nord.

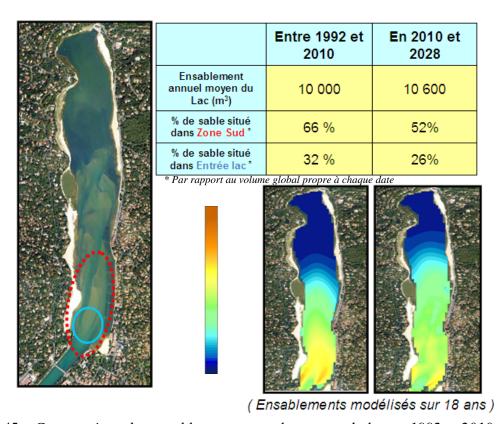


Figure 45 – Comparaison des ensablements annuels moyens du lac en 1992 et 2010 : volumes (précision \pm 10%) et répartitions modélisés

Pour rappel, la modèle est capable de prendre en compte le transport de sédiments exclusivement non-cohésifs (sable). C'est pourquoi le comblement de la partie Nord du lac, qui se fait dans la réalité par des sédiments majoritairement de type cohésifs (vase, limons), n'est pas ici modélisé.





3.5 SI RIEN N'EST FAIT ...

Comme nous allons le voir dans la phase 4, le modèle va permettre de tester des aménagements afin d'appréhender leur effets à long terme sur l'ensablement du lac.

Mais le modèle peut également permettre d'envisager le devenir hydrosédimentaire du lac si aucune action n'est entreprise (absence de dragage, seuil actuel maintenu) : une simulation long terme (18 ans) a ainsi été réalisée en partant de la configuration en 2010. Cette simulation représente donc de façon réaliste l'ensablement du lac entre 2010 et 2028 si rien n'est fait.

La figure suivante représente une estimation de l'évolution de la hauteur d'eau (en cm) dans le lac à marée basse entre 2010 et 2028 si aucune action n'est entreprise : absence de dragage et maintien du seuil actuel. Les zones du lac non soumises à la coloration sont asséchées.

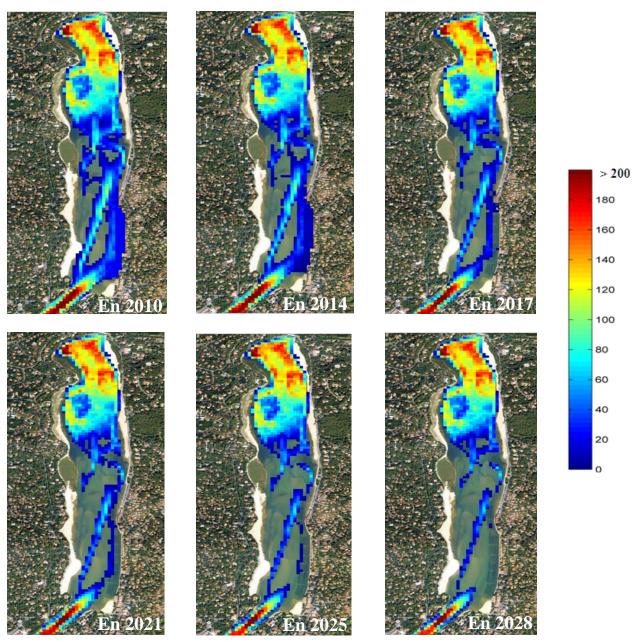


Figure 46 – Modélisation long terme de l'évolution du niveau (cm) dans le lac à marée basse si aucune action n'est entreprise







Le modèle ne prenant pas en compte le transport de sédiments de type cohésifs, la hauteur d'eau modélisée dans la partie Nord du lac n'évolue pas.

Dans le reste du lac, soumis à un comblement sableux, le modèle prévoit un assèchement progressif : les zones émergées à marée basse s'étendent au fils du temps jusqu'a ne plus avoir, à l'horizon 2028, qu'un « bras » d'eau reliant péniblement le canal du Boucarot au Nord du lac. La zone ostréicole (en partie Sud-est du lac) pourrait être confrontée à cet assèchement à marée basse avant 2020.

Dans cette configuration, même si les fonds du lac se rehaussent progressivement, ils restent par contre immergés à marée haute, même par petit coefficient de marée.

3.6 SYNTHESE

Le lac d'Hossegor se trouve dans une situation critique d'un point de vue hydrosédimentaire : un comblement naturel et progressif s'est mis en place depuis 1992, dates des dernières opérations de dragage du lac. Il en résulte une diminution progressive des volumes oscillants et du volume d'eau dans le lac à marée basse, diminué par deux entre 1992 et 2010.

Les projections dans le futur, à l'aide du modèle numérique, augurent d'une évolution encore plus défavorable si aucune action d'aménagement du site n'est envisagée. Dans ce contexte, le modèle va désormais être utilisé afin d'appréhender la pertinence de plusieurs aménagements sur le fonctionnement hydrosédimentaire du lac à long terme.





4 PHASE 4 - EXPLOITATION DU MODELE : REALISATION DES SCENARII

4.1 CONTEXTE

A l'issue du travail de calibration/validation du modèle hydrosédimentaire, ce dernier est, comme nous l'avons vu précédemment, désormais prêt à être exploité.

Plusieurs aménagements du site (configuration du seuil, création d'un piège à sable...) ont été définis en concertation avec la Collectivité puis ont été testés avec le modèle afin d'appréhender l'impact hydrosédimentaire qu'ils induisent à long terme au niveau du lac.

En parallèle, les aménagements envisagés sont appréhendés selon une approche écosystémique sous grâce à une étude spécifique menée en partenariat avec le bureau d'étude « Biotope » relative à la faune et la flore du site.

L'objectif est de proposer la mise en place d'une méthodologie permettant une gestion pérenne du fonctionnement hydrosédimentaire du lac afin de respecter au mieux l'environnement naturel du lac et sa biodiversité.

4.2 PERSPECTIVES SEDIMENTAIRES: EXPLOITATION DU MODELE NUMERIQUE

4.2.1 INTRO

La définition d'un scenario de modélisation consiste à choisir les aménagements que l'on souhaite implémenter dans le modèle afin de tester leur pertinence au regard de l'ensablement du lac. Il peut s'agir principalement de variations du niveau du seuil et de dragages.

A l'origine, trois méthodologies de désensablement devaient contractuellement être testées par le modèle. Comme nous allons le voir, le déroulement du travail nous a amené à réaliser 12 scenarii dont 4 ont fait l'objet d'un avenant au cahier des charges.

4.2.2 SCENARII PRELIMINAIRES

DEFINITION DES SCENARII PRELIMINAIRES

Dans un premier temps, plusieurs scenarii préliminaires ont été envisagés <u>sur la base de la situation bathymétrique du lac en 1992</u>. Ils permettent d'appréhender :

• l'importance du rôle joué par le niveau du seuil sur la quantité de sable déposé dans le lac. Plusieurs niveaux du seuil ont en effet été envisagés :







- $\underline{\text{Diminution}}$ (-0.30m / -0.50m / -1m) à suppression totale du seuil afin de réduire le déséquilibre hydrodynamique entre le flot et le jusant et ainsi évaluer l'impact induit sur le transport sédimentaire.
- <u>Augmentation</u> $(+0.30 \, \text{m} \, / \, + \, 0.50 \, \, \text{m} \, / \, + 1 \, \text{m})$ afin de réduire les volumes oscillants et évaluer l'impact induit sur le transport sédimentaire.
 - l'efficacité d'un éventuel <u>piège à sable</u> disposé à l'entrée du lac afin de tenter d'y localiser autant que possible le dépôt du sédiment.

Le piège à sable envisagé se base sur l'étude préliminaire réalisée par M. Joël Franck en 2004 [32]. L'objectif est de coupler l'élargissement de la section à l'entrée du lac à une augmentation brutale de la profondeur afin de diminuer autant que possible les vitesses du flot dans cette zone et ainsi y favoriser le dépôt des sédiments. La localisation du dépôt de sédiments permettait d'optimiser son extraction, limitant ainsi les impacts éventuels sur une zone réduite du lac.

Les dimensions du dispositif envisagé sont les suivantes :

✓ Longueur : 250 m ✓ Largeur : 150 m ✓ Côte : - 4m NGF *

* : soit 1m de moins que la côte préconisée dans l'étude préliminaire (-3m NGF), afin de tenter d'augmenter la performance du dispositif.

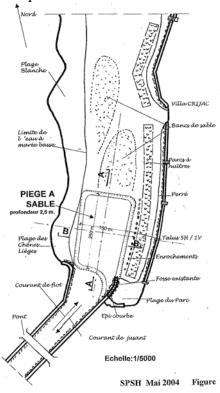


Figure 47 – Schématisation du piège à sable envisagé (Source : SPSH)

Ainsi, les configurations des scenarii préliminaires testés avec le modèle sont synthétisées dans le tableau suivant. Pour rappel, ces scenarii <u>sont basés sur la situation</u> bathymétrique du lac en 1992.

Chacun de ces scenarii est comparé dans la suite du travail à la <u>simulation de référence</u> (Scenario A) de ces scenarii préliminaires : Niveau du seuil actuel / absence de dragage.





	Seuil	Dragage
Simulation de référence : Scenario A	Actuel	Non
Scenario A1	- 0.50 m	Non
Scenario A2	- 1 m	Non
Scenario A3	Supprimé	Non
Scenario A4	+ 0.30 m	Non
Scenario A5	+ 0.50 m	Non
Scenario A6	+ 1 m	Non
Scenario A7	Actuel	Oui : piège à sable
Scenario A8	+ 0.50 m	Oui : piège à sable

Tableau 7 – Scenarii préliminaires testés avec le modèle

REALISATION DES SCENARII PRELIMINAIRES

Chacun des scenarii a fait l'objet de la même simulation long terme (18 ans), basée sur les séquences de forçage réaliste définies lors de la phase 2 (Validation du modèle).

A l'issue de ces simulations, une étude quantitative des ensablements correspondants à chaque scenario est réalisée.

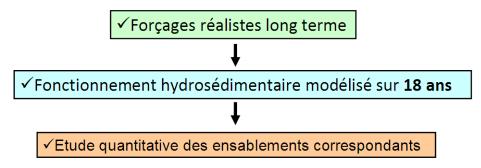


Figure 48 – Schématisation du principe de réalisation des scenarii

Chacun des scenarii étant réalisé avec les mêmes séquences de forçage, l'origine des différences dans les résultats des simulations réside exclusivement dans le type d'aménagement : Niveau du seuil et/ou dragages éventuels.

RESULTATS DES SCENARII PRELIMINAIRES

Les résultats des scenarii préliminaires sont présentés ci-après. L'objectif étant d'évaluer la pertinence des aménagements vis-à-vis de l'ensablement du lac, les résultats sont synthétisés pour chaque scenarii de la façon suivante :

- <u>volumes de sable annuellement déposés dans le lac</u> : en m³ et en % par rapport au scenario de référence.
 - représentation graphique de l'ensablement correspondant.

Diminution à suppression totale du seuil

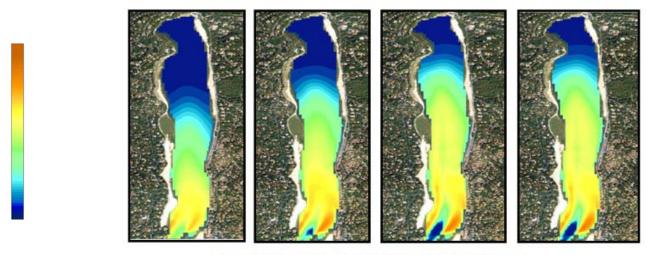
Les résultats correspondants, à l'issue des simulations, sont synthétisés ci-après.



Etude du système hydrosédimentaire du Lac d'Hossegor



Intitulé	Scenario A	Scenario A1	Scenario A2	Scenario A3
Seuil	Actuel	- 0.50 m	- 1 m	Supprimé
Dragage	Non	Non	Non	Non
Ensablement annuel moyen du Lac (m³) ± 10%	10 000	13 800, soit + 39%	16 200, soit + 64%	16 500, soit + 67%



Ensablements modélisés après 18 ans

La diminution du seuil induit l'augmentation des volumes oscillants au niveau du lac et entraine ainsi une augmentation directe de la quantité de sable qui entre dans le lac à chaque marée montante. Or d'après le modèle, le jusant ne permet pas de chasser suffisamment de sable pour contrebalancer cet apport supplémentaire.

Il en résulte des quantités de sable déposées dans le lac qui augmentent au fur et à mesure que le niveau du seuil diminue :

- ightharpoonup 13 800 m³ (+ 39%) pour une diminution du seuil de 0.50 m
- ➤ 16 200 m³ (+ 64%) pour une diminution du seuil de 1 m
- ➤ 16 500 m³ (+ 67%) pour une suppression totale du seuil

Egalement, du fait ce ces volumes oscillants supérieurs, la zone touchée par le dépôt de sable s'étend vers le Nord.

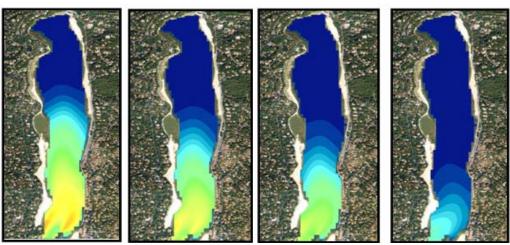
Une diminution ou une suppression du seuil entraîne une augmentation des volumes de sable déposés annuellement dans le lac.

Augmentation du niveau du seuil

Les résultats correspondants, à l'issue des simulations, sont synthétisés ci-après.

Intitulé	Scenario A	Scenario A4	Scenario A5	Scenario A6
Seuil	Actuel	+ 0.30 m	+ 0 .50 m	+ 1 m
Dragage	Non	Non	Non	Non
Ensablement annuel moyen du Lac (m³) ± 10%	10 000	6500, Soit – 39%	4 400, Soit - 59%	900, soit - 90%





Ensablements modélisés après 18 ans

L'augmentation du niveau du seuil induit la diminution des volumes oscillants au niveau du lac et entraine ainsi une diminution directe de la quantité de sable qui entre dans le lac à chaque marée montante et s'y dépose.

- 6 500 m³ (- 39%) pour une augmentation du seuil de 0.30 m
 4 400 m³ (- 59%) pour une augmentation du seuil de 0.50 m
- > 900 m³ (- 90%) pour une augmentation du seuil de 1 m

Egalement, du fait ce ces volumes oscillants inférieurs, la zone touchée par le dépôt de sable est beaucoup plus localisée a l'entrée du lac.

Une augmentation du seuil entraîne une diminution des volumes de sable déposés annuellement dans le lac.

Une étude complémentaire est toutefois à entreprendre afin d'évaluer l'impact que cela peut avoir sur l'équilibre sédimentaire du canal du Boucarot et du port de Capbreton. Cela n'a pas pu se faire de façon satisfaisante, vis-à-vis de l'aspect sédimentaire, dans le cadre de ce travail car la résolution du modèle développé est adaptée au lac. Il faudrait entreprendre un travail supplémentaire afin de raffiner le modèle sur le Boucarot puis valider son comportement sédimentaire.

En revanche, un travail préliminaire a été effectué avec le modèle existant afin d'évaluer les changements purement hydrodynamiques (vitesses des courants) induits par un rehaussement du seuil de 0.50m.

Travail préliminaire : changements hydrodynamique induit par un rehaussement du seuil <u>de 0.50m</u>

- Phasage de la marée

Comme nous l'avons vu, la présence du seuil induit un déséquilibre des phases de marée en son amont. Les temps moyens de flot et de jusant ont été calculés pour la côte actuelle du seuil et pour une éventuelle côte rehaussée de 0.50 m :

	Durée du flot	Durée du jusant
Golfe de Gascogne	~ 6h 15min	~ 6h 15min
Lac, avec seuil actuel	~ 4 h	~ 8h 30min
Lac, avec seuil actuel rehaussé de 0.50m	~ 3h 30min	~ 8h







Le rehaussement du seuil de 0.50 m entraîne une augmentation du déséquilibre flot/jusant de l'ordre de 30 minutes à chaque cycle de marée.

- Volumes oscillants

Egalement, les volumes oscillants du lac ont été calculés dans l'hypothèse d'un rehaussement du seuil de 0.50m afin de les comparer à ceux d'aujourd'hui, et à ceux de 1992 :

Coefficient de marée	110	90	70	38
En 1992	1 447 000	1 124 000	877 000	630 000
En 2010	1 291 000	1 000 000	782 000	562 000
En 2010, si seuil rehaussé de 0.50m	1 016 000	728 000	508 000	288 000

Dans l'état bathymétrique du lac en 2010, un rehaussement du seuil de 0.50 m induit une diminution des volumes oscillants de 23 à 50%, suivant le coefficient de marée.

- Volumes d'eau dans le lac à marée basse

A partie des bathymétries disponibles (1992 et 2010), le volume d'eau dans le lac à marée basse a pu être calculé :

En 1992	648 000
En 2010	317 000
En 2010, si seuil rehaussé de 0.50m	592 000

Ainsi, dans l'état bathymétrique du lac en 2010, un rehaussement du seuil de 0.50m induit une multiplication par deux du volume d'eau dans le lac à marée basse et se rapproche ainsi du volume qu'il y avait en 1992.

- Vitesse des courants en aval du seuil

Le modèle a été utilisé afin de tenter d'apporter des informations sur l'impact qu'induirait le rehaussement du seuil (+0.50m) sur la vitesse des courants en aval du seuil. Pour cela, les vitesses de flot et de jusant, en plusieurs points du Boucarot, ont été calculées pour différents coefficients de marée à l'aide du modèle.





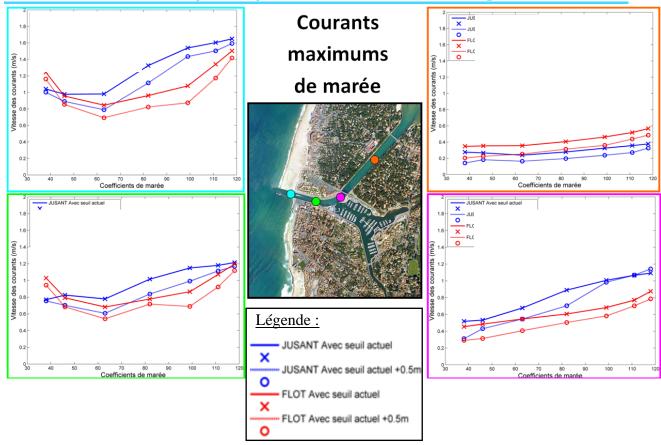


Figure 49 – Courants maximums de marée calculés par le modèle

Les vitesses de flot et de jusant augmentent clairement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du lac et que l'on s'approche de l'embouchure du Boucarot. L'effet perturbateur du seuil dans la dynamique locale est évident.

De façon générale, le rehaussement du seuil semble entrainer une diminution des vitesses des courants variant entre 10 et 30 %, suivant le coefficient de marée et l'endroit considéré. Comme attendu, les vitesses de jusant sont affectées par ce rehaussement mais les vitesses de flot le sont également et dans des proportions équivalentes.

L'équilibre sédimentaire du canal du Boucarot résulte de la différence entre la quantité de sable qui s'y dépose au flot et la quantité de sable qui en est chassé au jusant. Les vitesses de jusant sont diminuées par le rehaussement du seuil donc le pouvoir de chasse de cette zone en est certainement affecté. Mais, dans l'hypothèse d'un rehaussement du seuil, nous avons vu que les volumes oscillants sont diminués, ce qui induit probablement une quantité moindre de sable qui entre dans le système (et donc le Boucarot) à chaque marée.

Afin de tenter de chiffrer ce pouvoir de chasse au niveau du Boucarot, nous avons calculé, en chaque point et pour chaque coefficient de marée, la différence entre les vitesses de flot et les vitesses de jusant. Cette différence, ci-après dénommée « vitesse résiduelle » peut permettre de sa faire une idée de la capacité de la zone étudiée à se combler (vitesse résiduelle > 0 *i.e* prédominance du flot) ou à chasser (vitesse résiduelle < 0 *i.e* prédominance du jusant).





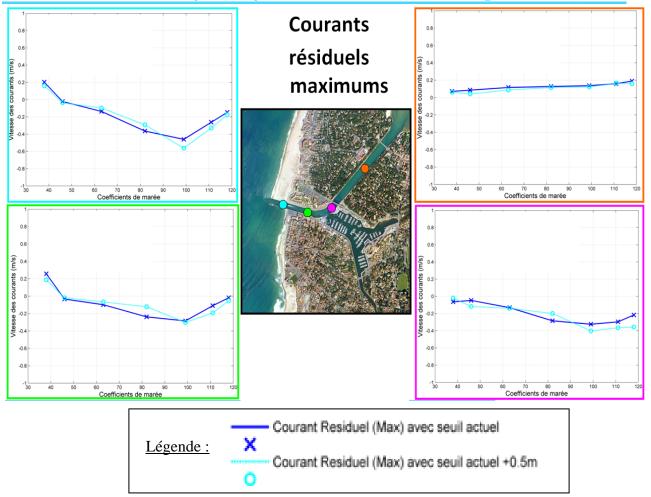


Figure 50 – Courants résiduels de marée calculés par le modèle

Sur le point en amont du seuil, on retrouve bien le signe d'une capacité de comblement prononcée (vitesse résiduelle > 0, quel que soit le coefficient de marée), caractéristique du lac.

En aval du seuil, on retrouve le signe d'une capacité de chasse des sédiments vers l'océan (vitesse résiduelle < 0, à part pour faibles coefficients de marée), caractéristique du Boucarot. En première approche, le rehaussement du seuil semble avoir un impact faible à négligeable sur cette capacité de chasse : en chaque point, les vitesses résiduelles semblent en effet globalement bien conservées. Un pouvoir de chasse supérieur est même entrevu en aval immédiat du seuil par forts coefficients de marée.

Ces résultats laissent entrevoir la possibilité que ce rehaussement du seuil puisse avoir un impact négligeable sur la dynamique de chasse du Boucarot. Bien entendu, dans le cas où cet aménagement intéresse la Collectivité, ces considérations très préliminaires nécessiteraient d'être approfondies. Cela pourrait se faire en raffinant la résolution du modèle existant sur la zone du Boucarot et du port de Capbreton.





Création d'un piège à sable avec le seuil actuel

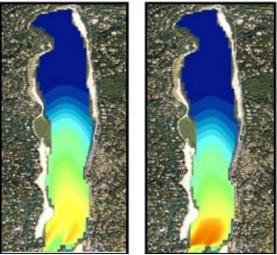
Les résultats correspondants, à l'issue des simulations, sont synthétisés ci-après.



X	$\gamma_{\mathcal{C}_{\chi}}$
	•

Zone Piège

Intitulé	Scenario A	Scenario A7
Seuil	Actuel	Actuel
Dragage	Non	Oui : piège à sable
Ensablement annuel moyen du Lac (m³) ± 10%	10 000	10 000
% de sable déposé dans la zone du piège	32 %	45 %



Ensablements modélisés après 18 ans

D'après le modèle, la création du piège à sable à l'entrée du lac permet bien d'y favoriser le dépôt de sable mais peut-être pas dans les proportions espérées.

En effet, avec le niveau actuel du seuil, environ 45% du volume total de sable déposé dans le lac se déposerait dans le piège ; contre 32% en l'absence du piège (situation actuelle – Scenario A).

• Création d'un piège à sable couplée à une augmentation du seuil de 0.50 m

Afin d'évaluer la pertinence du piège à sable pour un autre niveau du seuil, nous avons pris l'initiative de réaliser le scenario A8 (Seuil + 0.50 m / Piège à sable) afin de le comparer au scenario A5 (Seuil + 0.50 m / Absence de piège à sable).

Les résultats correspondants, à l'issue des simulations, sont synthétisés ci-après.







Zone Piège

Intitulé	Scenario A5	Scenario A8
Seuil	+ 0 .50 m	+ 0 .50 m
Dragage	Non	Oui : piège à sable
Ensablement annuel moyen du Lac (m³) ± 10%	4 400	4 400
% de sable déposé dans la zone du piège	48 %	60 %



Ensablements modélisés après 18 ans

D'après le modèle, avec le niveau du seuil augmenté de 0.50 m, environ 60% du volume total de sable déposé dans le lac se déposerait dans le piège (Scenario A8); contre 48% en l'absence du piège (Scenario A5).

BILAN DES SCENARII PRELIMINAIRES

Ces scenarii préliminaires permettent de mettre en lumière le rôle primordial joué par le niveau du seuil, par l'intermédiaire des volumes oscillants, sur la quantité de sable qui entre et se dépose dans le lac à chaque cycle de marée.

Le graphique suivant synthétise les volumes de sable déposés dans le lac au cours du temps pour les différents niveaux de seuil envisagées.





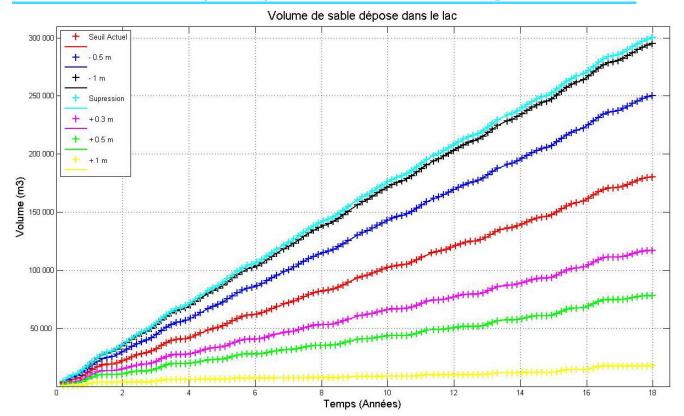


Figure 51 – Volumes de sable déposés dans le lac au cours du temps pour les différents niveaux de seuil envisagés

La réduction du niveau du seuil induit directement l'augmentation des volumes oscillants. Mais, ces scenarii préliminaires semblent montrer que, contrairement à ce qu'on peut penser en première approche, cela entraîne une augmentation des volumes de sable déposés dans le lac. Ceci s'expliquerait par le fait que le jusant ne permet pas de chasser suffisamment de sable pour contrebalancer l'apport supplémentaire de MES lié à l'augmentation du volume oscillant.

Inversement, l'augmentation du niveau du seuil induit la diminution des volumes oscillants qui semble limiter considérablement les quantités de sable qui entrent et se déposent dans le lac. Cette perspective de rehaussement du niveau du seuil, dans des proportions raisonnables (+0.30 à +0.50m), est ainsi à considérer mais une étude complémentaire est à entreprendre afin d'évaluer l'impact que cela peut avoir sur l'équilibre sédimentaire du canal du Boucarot et sur le comblement du port de Capbreton.

4.2.3 SCENARII

DEFINITION DES SCENARII

Ensuite, plusieurs scenarii ont pu être envisagés <u>sur la base de la situation</u> <u>bathymétrique du lac en 2010</u> afin d'évaluer la pertinence de différents travaux au vue de la situation actuelle du lac.

Ils permettent de définir, au vu des résultats préliminaires, les aménagements que la Collectivité souhaite tester avec le modèle.





La Collectivité souhaitant évaluer la capacité du système actuel à revenir vers un état hydrodynamique plus « naturel », tel qu'il était avant la construction du seuil en 1960, quatre scenarii ont été choisis en concertation avec la Collectivité dans cette optique. Il s'agit de :

- ✓ <u>diminuer</u> (-0.50 m) voire <u>supprimer</u> le seuil
- ✓ entreprendre des travaux de dragage afin d'enlever le stock de sable excédentaire dans le lac pour lui redonner sa capacité « respiratoire » naturelle. Ainsi, deux opérations de dragage ont été envisagées :
 - curage de <u>200 000 m³</u> dans la partie sud du lac : création du piège à sable et reprofilage des berges du lac autour du piège.
 - curage de 500 000 m³ dans la totalité du lac, répartis de la façon suivante :
 - Création du piège à sable et reprofilage des berges précédent (200 000 m³)
 - Approfondissement du reste du lac, à hauteur de 300 000 m³ uniformément répartis

La figure suivante permet de visualiser la bathymétrie du lac en 2010 et dans les deux cas d'opérations de dragages préalablement envisagées :

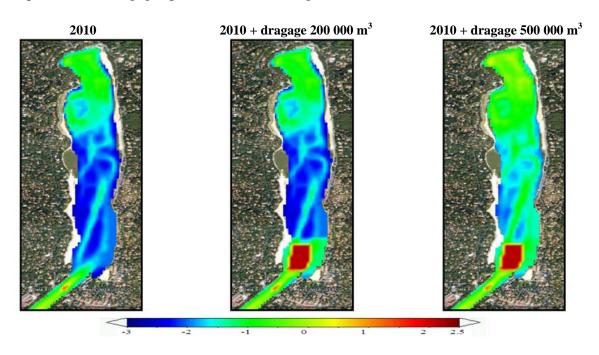


Figure 52 – Situation bathymétrique du lac (référencée en CM) en 2010 et dans les deux cas d'opérations de dragages

Ainsi, les configurations des scenarii testés avec le modèle sont synthétisées dans le tableau suivant. Pour rappel, ces scenarii <u>sont basés sur la situation bathymétrique du lac en 2010.</u>

Chacun de ces scenarii est comparé dans la suite du travail à la <u>simulation de référence</u> (Scenario B) de ces scenarii : Niveau du seuil actuel / absence de dragage.





	Seuil	Dragage
Simulation de référence : Scenario B	Actuel	Non
Scenario B1	- 0.50 m	Oui, Lac : 200 000 m ³
Scenario B2	Supprimé	Oui, Lac : 200 000 m ³
Scenario B3	- 0.50 m	Oui, Lac: 500 000 m ³
Scenario B4	Supprimé	Oui, Lac: 500 000 m ³

REALISATION DES SCENARII

Comme pour les scenarii préliminaires, chacun des scenarii a fait l'objet de la même simulation long terme (18 ans), basée sur les séquences de forçage réaliste définies lors de la phase 2 (Validation du modèle).

A l'issue de ces simulations, une étude quantitative des ensablements correspondant à chaque scenario est réalisée.

RESULTATS DES SCENARII

Les résultats des scenarii sont présentés ci-après. Comme pour les scenarii préliminaires, l'objectif étant d'évaluer la pertinence des aménagements vis-à-vis de l'ensablement du lac, les résultats sont synthétisés pour chaque scenarii de la façon suivante :

- volumes de sable annuellement déposés dans le lac : en m³ et en % par rapport au scenario de référence.
 - représentation graphique de l'ensablement correspondant

• Cas de l'opération de dragage de 200 000 m³

Dans ce cas, un curage de 200 000 m³ est effectué dans la partie sud du lac afin d'y créer le piège à sable et de reprofiler des berges du lac autour du piège.

A cet état bathymétrique du lac, deux configurations du seuil sont testées avec le modèle :

- ✓ Diminution de 0.50 m
- ✓ Suppression totale





Les résultats correspondants, à l'issue des simulations, sont synthétisés ci-après.

Zone Piège

Intitulé	Scenario B	Scenario B1	Scenario B2
Seuil	Actuel	- 0.50 m	Supprimé
Dragage	Non	Oui, Lac: 200 000 m ³	Oui, Lac: 200 000 m ³
Ensablement annuel moyen du Lac (m³) ± 10%	10 600	12 000, Soit + 13%	12 500, Soit + 18%
% de sable déposé dans la zone du piège	26 %	42 %	44 %





Ensablements modélisés après 18 ans

Dans le cas de l'opération de dragage de 200 000 m³ envisagée, la diminution du seuil induit une légère augmentation des volumes oscillants au niveau du lac et entraine ainsi une légère augmentation de la quantité de sable qui entre dans le lac à chaque marée montante. D'après le modèle, le jusant ne permettant pas de chasser suffisamment de sable pour contrebalancer cet apport supplémentaire, il en résulte des quantités de sable déposées dans le lac qui augmentent au fur et à mesure que le niveau du seuil diminue :

- > 12 000 m³ (+ 13%) pour une diminution du seuil de 0.50 m
- ≥ 12 500 m³ (+ 18%) pour une suppression totale du seuil

Remarque:

Pour un même niveau de seuil, ces résultats sont inférieurs aux résultats obtenus lors des scenarii préliminaires. Ceci s'explique par le fait qu'ils sont basés sur la situation du lac en 2010 alors que les scenarii préliminaires l'étaient sur la situation du lac en 1992. Les volumes oscillants étant inférieurs en 2010, les volumes de sable déposés dans le lac le sont également.

Une diminution ou une suppression du seuil couplée à un dragage de 200 000 m³ semble totalement inappropriées vis-à-vis de l'ensablement du lac.

Cas de l'opération de dragage de 500 000 m³

Dans ce cas, un curage de 500 000 m³ est effectué sur la totalité du lac : 200 000 m³ sont enlevés dans la partie Sud du lac afin de créer le piège à sable et 300 000 m³ sont enlevés sur le reste du lac afin d'augmenter son pouvoir oscillant.





A cet état bathymétrique du lac, deux configurations du seuil sont testées avec le modèle :

- ✓ Diminution de 0.50 m
- ✓ Suppression totale

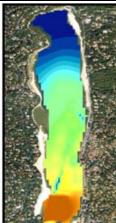
Les résultats correspondants sont synthétisés ci-après.

	O	

Zone Piège

Intitulé	Scenario B	Scenario B3	Scenario B4
Seuil	Actuel	- 0.50 m	Supprimé
Dragage	Non	Oui, Lac: 500 000 m ³	Oui, Lac: 500 000 m ³
Ensablement annuel moyen du Lac (m³) ± 10%	10 600	15 300, Soit + 44%	17 200, Soit + 62%
% de sable déposé dans la zone du piège	26 %	38 %	37 %





Ensablements modélisés après 18 ans

Dans le cas de l'opération de dragage de 500 000 m³ envisagée, la diminution du seuil induit une forte augmentation des volumes oscillants au niveau du lac et entraine ainsi une augmentation importante de la quantité de sable qui entre dans le lac à chaque marée montante. D'après le modèle, le jusant ne permettant pas de chasser suffisamment de sable pour contrebalancer cet apport supplémentaire, il en résulte des quantités de sable déposées dans le lac qui augmentent au fur et à mesure que le niveau du seuil diminue :

- \triangleright 15 300 m³ (+44%) pour une diminution du seuil de 0.50 m
- > 17 200 m³ (+62%) pour une suppression totale du seuil

Remarque:

Pour un même niveau de seuil, ces résultats sont proches des résultats obtenus lors des scenarii préliminaires. Ceci s'explique par le fait qu'ils sont basés sur la situation du lac en « 2010 + dragage 500 000 m³ » qui est assez proche, en termes de volumes oscillants, de la situation du lac en 1992 (sur laquelle sont basés les scenarii préliminaires).

Scenario supplémentaire

Un dernier scenario a finalement été envisagé. Il se base sur le constat que la partie amont du canal d'Hossegor (entre le pont Notre-Dame et l'entrée du lac) est ensablé de façon importante.





D'après la bathymétrie relevée en 2010, cette partie du canal est en effet ensablée d'environ 1m, sur toute sa surface, par rapport au Boucarot en aval.

Ainsi, dans l'optique des tests précédents sur la capacité du système à revenir à un état antérieur, cette partie du canal limite considérablement le pouvoir oscillant du système global.

C'est pourquoi un nouveau scenario a été envisagé. Il combine :

- surpression totale du seuil
- dragage du lac à hauteur de 500 000 m³
- dragage de l'excédent de sable dans la partie amont du canal d'Hossegor, estimé à 70 000 m³

Cela permet, en favorisant au maximum les échanges entre le lac et l'océan, de s'approcher autant que possible de la « capacité respiratoire » maximale du lac.

L'ensemble des scenarii de cette phase sont synthétisés dans le tableau suivant. Les scenarii B1 à B4 ont déjà été réalisés. Il reste à évaluer la performance hydrosédimentaire du système dans la configuration du scenario B5.

	Seuil	Dragage
Simulation de référence : Scenario B	Actuel	Non
Scenario B1	- 0.50 m	Oui, Lac: 200 000 m ³
Scenario B2	Supprimé	Oui, Lac : 200 000 m ³
Scenario B3	- 0.50 m	Oui, Lac: 500 000 m ³
Scenario B4	Supprimé	Oui, Lac: 500 000 m ³
Scenario B5	Supprimé	Oui, Lac: 500 000 m ³ Et Canal amont: 70 000 m ³

Tableau 8 – Scenarii testés avec le modèle

Les résultats du scenario B5 sont exposés ci-après. Ils sont comparés au scenario de référence (B) et au scenario B4.

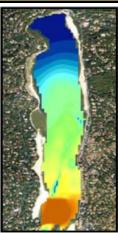


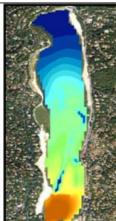


Zone Piège

Intitulé	Scenario B	Scenario B4	Scenario B5
Seuil	Actuel	Supprimé	Supprimé
Dragage	Non	Oui, Lac: 500 000 m ³	Oui, Lac: 500 000 m ³ Et Canal: 70 000 m ³
Ensablement annuel moyen du Lac (m³) ± 10%	10 600	17 200, Soit + 62%	13 800, Soit + 30%
% de sable déposé dans la zone du piège	26 %	37 %	41 %







Ensablements modélisés après 18 ans

La suppression du seuil couplée à des travaux de dragage du lac (500 000 m³) et du canal (70 000 m³) induisent une augmentation importante des volumes oscillants, supérieurs à ceux du scenario B4 (pas de dragage du canal). Mais il en résulte un volume de sable déposé annuellement dans le lac inférieur (13 800 m³) au scenario B4 (17 200 m³). Ceci est le signe clair que le dragage du canal permet d'augmenter la chasse de sédiments au jusant en dehors du lac.

Toutefois, cette quantité de sable déposée annuellement dans le lac (B5 : $13\,800\,\text{m}^3$) reste supérieure à celle dans la configuration actuelle du lac (B : $10\,600\,\text{m}^3$) : $+\,30\%$.

Une diminution ou une suppression du seuil couplée à un dragage de 500 000 m³ semble donc totalement inapproprié vis-à-vis de l'ensablement du lac.

HAUTEUR D'EAU DANS LE LAC A MAREE BASSE

Dans l'optique du chapitre suivant qui appréhende ces différents scenarii sous l'œil écologique, la hauteur d'eau dans le lac à marée basse a été calculée pour chacun de ces scenarii. Cette hauteur d'eau est directement définie par l'état bathymétrique du lac et le niveau du seuil.

Cas de l'opération de dragage de 200 000 m³

A cet état bathymétrique du lac, deux configurations du seuil sont envisagées:

- ✓ Diminution de 0.50 m
- ✓ Suppression totale





Pour faciliter la comparaison, les hauteurs d'eau dans le lac à marée basse dans les configurations suivantes sont également affichées :

- Configuration actuelle : situation bathymétrique et niveau du seuil en 2010
- Dragage de 200 000 m³ et maintien du seuil actuel

Les hauteurs d'eau (en cm) dans le lac à marée basse dans ces configurations sont présentées ci dessous. Les zones du lac non soumises à la coloration sont asséchées.

Dans le cas de la suppression totale du seuil, le niveau d'eau dans le lac est calculé pour une marée basse moyenne (coefficient 70).

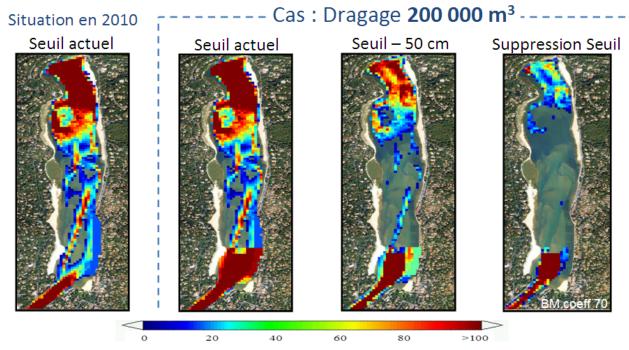


Figure 53 – Niveaux d'eau dans le lac à marée basse en 2010 et dans le cas de l'opération de dragage de 200 000m³(pour plusieurs niveaux du seuil)

L'opération de dragage de 200 000 m³ est en grande partie axée sur la création du piège à sable : l'approfondissement généré se cantonne donc exclusivement à cette zone. Dans ce contexte, il reste un stock sédimentaire très largement excédentaire dans le lac, qui est complètement incompatible avec un abaissement du seuil.

En effet, dans le cas de cette opération de dragage de 200 000 m³, la diminution ou la suppression du seuil induit directement un assèchement très important du lac à marée basse.

Cas de l'opération de dragage de 500 000 m³

A cet état bathymétrique du lac, deux configurations du seuil sont envisagées:

- ✓ Diminution de 0.50 m
- ✓ Suppression totale





Pour faciliter la comparaison, les hauteurs d'eau dans le lac à marée basse dans les configurations suivantes sont également affichées :

- Configuration actuelle : situation bathymétrique et niveau du seuil en 2010
- Dragage de 500 000 m³ et maintien du seuil actuel

Les hauteurs d'eau (en cm) dans le lac à marée basse dans ces configurations sont présentées ci dessous. Les zones du lac non soumises à la coloration sont asséchées.

Dans le cas de la suppression totale du seuil, le niveau d'eau dans le lac est calculé pour une marée basse moyenne (coefficient 70).

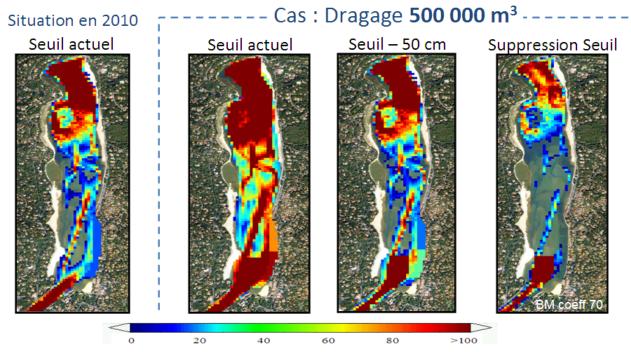


Figure 54 – Niveaux d'eau dans le lac à marée basse en 2010 et dans le cas de l'opération de dragage de 500 000 m³ (pour plusieurs niveaux du seuil)

Pour rappel, l'opération de dragage de 500 000 m³ se décompose en deux parties :

- Création du piège à sable et reprofilage des berges (200 000 m³)
- Approfondissement du reste du lac, à hauteur de 300 000 m³. Cela revient à enlever une hauteur de sédiments de 50 cm sur toute cette surface du lac.

L'approfondissement généré par cette opération de dragage est donc cette fois généralisé à l'ensemble du lac.

Il en résulte des hauteurs d'eau dans le lac à marée basse dans le cas du scenario B3 (diminution du seuil de 0.50 m) assez proche de ce qu'elles sont en 2010 (seuil actuel).

Par contre, dans le cas du scenario B4 (suppression totale du seuil), le lac se retrouve de nouveau en grande partie asséché à marée basse car il reste un stock sédimentaire dans le lac qui est incompatible avec la suppression du seuil.

Pour pouvoir supprimer le seuil tout en gardant légèrement le lac en eaux à marée basse, il faudrait enlever une quantité de sédiments bien supérieure à 500 000 m³ : de l'ordre du double.





4.3 APPROCHE ECOLOGIQUE DES AMENAGEMENTS

4.3.1 CONTEXTE

Dans le cadre de cette étude hydrosédimentaire du lac d'Hossegor, au vue de la richesse de la biodiversité ressortie en PHASE 1 (« Synthèse de l'existant ») Rivages Pro Tech a sollicité le bureau d'étude Biotope pour réaliser une expertise écologique du lac.

L'objectif est de caractériser l'état initial du site d'un point de vue environnemental (espèces faunistiques et floristiques) puis de proposer par la suite des mesures et des modalités d'interventions, lors d'éventuels dragages, qui soient respectueuses des contraintes et des enjeux liés aux milieux naturels. Les résultats les plus importants de cette partie de l'étude sont présentés dans la phase 5 (« Synthèse – Propositions de gestion des stocks sédimentaires»).

Egalement, les avantages et inconvénients des différents aménagements du seuil ont été appréhendés par cette étude sous l'œil écologique. Les principaux résultats de cette partie sont présentés ci-dessous.

4.3.2 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES AMENAGEMENTS DU SEUIL D'UN POINT DE VUE ECOLOGIQUE

Au cours du diagnostic réalisé par Biotope, les avantages et inconvénients, vis-à-vis de la biodiversité, des aménagements suivants ont été envisagés :

- <u>Suppression</u> totale du seuil (Scenario S1)
- Abaissement du seuil de 0.50 m (Scenario S2)
- Rehaussement du seuil de 0.50 m (Scenario S3)
- Mise en place d'un <u>dispositif amovible</u> au niveau du seuil (Scenario S4). Ce scenario d'aménagement, n'a pas pu être testé par la modélisation, mais est une piste d'aménagement intéressante pour le seuil. Les grandes lignes de son principe de fonctionnement sont présentées dans la Phase 5 («Synthèse Propositions de gestion des stocks sédimentaires »).

Les principales informations relatives à cet aspect écologique sont synthétisées dans le tableau suivant.



Etude du système hydrosédimentaire du Lac d'Hossegor



	Avantages	Inconvénients	Solutions envisageables
S1 Suppression du seuil	Restauration d'une dynamique naturelle du fonctionnement hydrosédimentaire favorable à la faune et la flore aquatique	Risque de mise à sec de certains secteurs du fait de l'abaissement du niveau de l'eau. Hécessité de coupler l'intervention à d'important travaux de dragage fortement impactant pour la faune et la flore du lac.	Possibilité d'effectuer les dragages sur les 10 ans prévus avant suppression du seuil.
S2 Abaissement du seuil	Restauration d'une dynamique hydrosédimentaire plus naturelle qu'en l'état actuel favorable à la faune et la flore aquatique	Risque d'exondation de certains herbiers à forte valeurs patrimoniale (herbiers à zostères) pouvant entrainer la disparition de zones à zostères marines (espèce protégée en Aquitaine).	Déplacements des herbiers sur les parties basses de l'estran en parallèle des travaux. Technique risquée et relativement traumatisante pour la flore en fonction des conditions de réalisation.
S3 Rehaussement du seuil	Augmentation potentielle des secteurs en eau pouvant être favorable aux herbiers à zostères	Impact potentiel sur la continuité biologique mais négligeable au vue des modalisations hydraulique (heau minimum sur le seuil lors de faibles coefficient suffisante 0,3 à 0,4 m).	Aménager des zones favorables à l'expansion des herbiers à zostères par bouturage/transplantation
S4 Création d'un ouvrage de régulation au niveau du seuil	Régulation des volumes sédimentaires excédentaires beaucoup moins impactant qu'un dragage si réalisé en « douceur » (faibles volumes étalés dans le temps)	Difficile d'appréhender le fonctionnement hydrosédimentaire du lac en présence de l'ouvrage. Risque important pour le maintien de la biodiversité de la fosse située en amont immédiat du seuil (à évaluer en fonction des modélisations hydrosédimentaires au niveau du chenal)	Accompagner la régulation des volumes par des dragages localisés de faible intensité en limitant l'impact sur les herbiers.

Tableau 9 – Avantages/inconvénients des aménagements envisagés d'un point de vue écologique (Source : Biotope - 2011)

De façon générale, diminuer (-0.50 m) voire supprimer le seuil permet d'aller vers une dynamique hydrodynamique plus naturelle (réduction du déséquilibre flot/jusant) favorable à la faune et à la flore aquatique. Mais, au vu des stocks sédimentaires très largement excédentaires dans le lac, cet abaissement du niveau du seuil n'est aujourd'hui pas envisageable (risque d'exondation de certains herbiers à forte valeur patrimoniale). Pour qu'il le soit, de très lourds travaux de dragages, respectueux de la richesse de la biodiversité locale, devraient préalablement être réalisés. Egalement, des déplacements des herbiers sur les parties basses de l'estran (technique risquée) seraient à envisager. Enfin, une suppression totale du seuil mettrait complètement en péril la biodiversité et les activités de plongée dans la fosse située en amont immédiat du seuil.

Un rehaussement du seuil (+0.50 m) présente par contre l'avantage d'augmenter les secteurs en eau favorables aux herbiers sensibles et protégés. La connexion hydraulique au dessus du seuil à marée haute, entre le lac et l'océan, est certe faible (0.30 à 0.40 m par petit coefficient de marée) mais l'impact potentiel sur la continuité biologique apparaît comme négligeable.

La création d'un ouvrage amovible au niveau du seuil (dont le principe est présenté en Phase 5), en permettant une régulation des échanges sédimentaires entre le lac et l'océan, pourrait permettre de réduire à long terme les opérations de dragage au niveau du lac qui sont souvent traumatisantes pour la biodiversité local.

4.4 SYNTHESE

Après avoir étudié les différents aménagements envisageables, vis-à-vis de la composante purement hydrosédimentaire par le biais de la modélisation, puis vis-à-vis de la







composante purement écologique par le biais du diagnostic mené par Biotope, une synthèse des différents résultats est réalisable.

Le lac d'Hossegor est, depuis la construction du seuil sous le pont de Notre-Dame en 1960, dans une situation de déséquilibre hydrosédimentaire entre le flot et le jusant qui lui est propre.

Si on peut penser en première approche que ce déséquilibre est la cause principale de son ensablement massif, rien dans nos mesures ou travaux de modélisation réalisés permet de le démontrer, bien au contraire. Ce phénomène de comblement d'une zone connectée à l'océan, bien connu sous le nom de « tidal inlet », apparaît en effet comme complètement naturel. Le travail de modélisation montre même que la présence du seuil, en retardant l'entrée du flot dans le lac, permet certainement de réduire la quantité de sable qui entre dans le lac et s'y dépose à chaque marée.

D'après les mesures et le travail de modélisation, le lac est aujourd'hui (en 2010), dans une configuration qui induit le dépôt annuel de 10 600 m³ de sable dans le lac. Les dernières opérations de dragage datant de 1992, le lac se retrouve aujourd'hui hôte de volumes excédentaires de sédiments (sables + vases) très importants.

Tout d'abord, la modélisation a permis de tester la capacité du système actuel à revenir à une configuration antérieure à 1960 où l'absence de seuil induit une « respiration » plus naturelle du lac au gré des marées. Deux résultats permettent de penser que ce n'est pas la bonne voie.

- le lac semble avoir atteint un niveau de comblement incompatible avec cette configuration historique dépourvue de seuil puisqu'il faudrait entreprendre des dragages pharaoniques du lac (> 1 000 000 m³) avant de pouvoir envisager la suppression totale du seuil. Au vue de l'impact traumatisant pour la biodiversité locale et du coût pour la collectivité de telles opérations, cela paraît complètement inapproprié.
- tant bien même le système parviendrait à revenir à cet état historique dépourvu de seuil, le taux d'ensablement annuel du lac serait, d'après les résultats de modélisation, supérieur (environ +30%) à ce qu'il est avec le seuil aujourd'hui.

Ensuite, la modélisation a permis d'appréhender l'efficacité d'un léger rehaussement du seuil vis-à-vis de l'ensablement du lac : ensablement annuel du lac réduit de 40 à 60 % pour un rehaussement de 0.30 à 0.50m. Ce rehaussement induisant un impact négligeable sur la continuité écologique entre le lac et l'océan, il apparaît comme étant une solution potentiellement très intéressante vis-à-vis de l'ensablement du lac. Toutefois, l'impact induit sur la dynamique hydrosédimentaire en aval du seuil (Boucarot – Port de Capbreton) doit être étudié afin d'évaluer la pertinence de cet aménagement vis-à-vis du système global. Un travail préliminaire a été réalisé dans ce sens dans le cadre de cette étude mais il faudrait entreprendre un travail supplémentaire important afin de raffiner le modèle sur le Boucarot et valider son comportement sédimentaire.

La création d'un ouvrage amovible au niveau du seuil (dont le principe est présenté en Phase 5), en permettant une régulation des échanges sédimentaires entre le lac et l'océan, pourrait permettre de réduire à long terme les opérations de dragage au niveau du lac qui sont souvent traumatisantes pour la biodiversité locale. Cette configuration éventuelle du seuil n'a pas pu être testée avec le modèle du fait de son état non figé.





5 PHASE 5 - SYNTHESE : PROPOSITIONS DE GESTION DES STOCKS SEDIMENTAIRES

5.1 Preconisations pour les travaux de dragage

Dans le cadre de l'expertise écologique du lac d'Hossegor réalisée par le bureau d'étude « Biotope », des visites de terrain ont été menées entre les mois de septembre et décembre 2011.

Tableau 10 : Liste des visites et expertises de terrain (Source : Biotope – 2011)

Expertise	Date et durée	Conditions météorologiques		
Expertise des habitats	14 et 15 septembre 2011 Toute la journée	nuageux		
naturels et de la flore	24 septembre Toute la journée	Variable		
	14 septembre 2011 03h30 marée descendante	Nuageux + Vent d'Ouest faible		
	18 septembre 2011 03h30 marée basse	Nuageux avec averses sans vent		
Expertise pour l'avifaune	19 septembre 2011 03h30 marée haute	Nuageux + Vent de Nord-Ouest fort		
	24 septembre 2011 03h30 marée montante	Variable Ensoleillé avec averses passagères sans vent		
	06 octobre 2011 03h30 marée haute	Nuageux + Vent d'Ouest faible		
	27 octobre 2011 03h30 marée descendante	Nuageux + Vent de Sud faible		
	04 octobre 2011 03h30 marée montante	Nuageux + Vent de Sud fort		
Expertise pour la faune marine (hippocampes)	24 et 25 septembre Toute la journée	Variable		

Les observations de terrain ont permis de caractériser la richesse écologique du lac et la sensibilité vis-à-vis du projet, des habitats et des espèces présentes. De façon générale, ce diagnostic a permis de mettre en évidence la sensibilité élevée du Lac d'Hossegor vis-à-vis :

- de l'avifaune (Laridés, oiseaux plongeurs, oiseaux de pleine mer)
- des milieux naturels (herbiers atlantiques à zostère marine, herbiers atlantique à zostères naine, vasières et bancs de sables sans végétation, lagunes)
- des espèces faunistiques et floristiques patrimoniales (Zostère marine, Hippocampe moucheté, Hippocampe à museau court).

Les enjeux environnementaux, ainsi que les contraintes qui leur sont liées ont ensuite pu être hiérarchisés. Puis des préconisations sur les modalités d'intervention et mesures de







protection à prendre pour limiter l'impact des travaux de dragage sur le milieu naturel ont été proposées. Les préconisations liées aux scénarii envisagés ont été précédemment présentées.

Nous synthétisons donc ci-après les enjeux liés à la biodiversité puis les préconisations générales associées pour les travaux de dragage.

5.1.1 ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX LIES AU PROJET

POUR LA FLORE ET LES HABITATS

L'expertise des habitats naturels et de la flore a permis de mettre en évidence une sensibilité forte de la flore et de certains habitats vis-à-vis du projet :

- Les « herbiers atlantiques à zostère marine », les « herbiers atlantiques à zostères naines » et les « vasières et bancs de sables sans végétation » ont une sensibilité très forte vis-à-vis du projet du fait des possibilités de dégradation ou de disparition.
- Les habitats « Lagunes » ont une sensibilité forte vis-à-vis du projet du fait de la possibilité de modification temporaire du fonctionnement écologique
- Les « groupements à salicornes pérennes », les « végétations à Salicorne rameuse » et « les végétations à Salicornes fragiles» ont une sensibilité moyenne du fait de leurs proximités avec le milieu aquatique marin.

Parmi la flore patrimoniale seules les stations à zostère marine sont sujettes à un risque de destruction par les travaux de dragage. Les stations à Criste marine, Silène de Porto et Jonc maritime sont sujettes à un risque de destruction lors de l'installation du chantier.

POUR L'AVIFAUNE

L'expertise avifaunistique a permis d'identifier la sensibilité des cortèges et des habitats d'espèces vis-à-vis du projet.

Concernant les Cortèges :

- Les Laridés (habitats favorables et effectifs élevés), les Oiseaux plongeurs (habitats favorables et diversité d'espèces et fréquentation régulière), et les Oiseaux de pleine mer (habitats favorables trop restreints mais statut local de rareté « peu fréquent ») ont une sensibilité forte vis- à vis du projet.
- Les Oiseaux de surface et les Limicoles (niveau de patrimonialité moyen) ont une sensibilité moyenne vis- à vis du projet.

Concernant les habitats d'espèces :

- Les bancs de sables et eaux peu profondes, les eaux profondes, le chenal en eaux profondes et le parc ostréicoles (utilisés par les Laridés, les Limicoles, les Oiseaux de pleine mer, les Oiseaux de surface et les Oiseaux plongeurs) ont une sensibilité forte vis- à vis du projet.
- Les estrans, zones vaseuses et prés salés (utilisés par les Laridés, les Limicoles, les Echassiers, les Oiseaux d'eaux de surface et les Passereaux en halte migratoire) ont une sensibilité moyenne vis- à vis du projet.





POUR LA FAUNE AQUATIQUE

Il est délicat d'énoncer et de synthétiser une sensibilité environnementale vis-à- vis du projet pour la faune aquatique à partir des éléments existants. Le manque de connaissances sur la biologie des espèces et leurs utilisations du lac (dynamique des populations, localisation des habitats préférentiels, etc.) sont clairement un facteur limitant pour une identification précise des enjeux et la définition de mesures pertinentes associées permettant de limiter l'impact des travaux sur ces espèces. Une identification précise des sensibilités et des enjeux nécessiterait la mise en place d'un suivi approfondi à forte consonance scientifique (protocole de prospection et de suivi des populations pointus, suivi sur un cycle biologique complet répété sur plusieurs années, etc.). Les expertises réalisées dans le cadre du présent rapport sont donc à considérer comme une première approche synthétique de l'utilisation du lac par les hippocampes qui prend souvent la forme d'hypothèses.

Les dragages ont une incidence directe sur les hippocampes par destruction d'habitats (herbiers et zones de débris sédimentaires). Outre l'aspect protection vis-à-vis des prédateurs offert par les herbiers, c'est également des secteurs favorables pour la nutrition qui disparaissent puisque les herbiers et les zones vaseuses sont des milieux à forte productivité (la quantité de matières organiques produites est importante ce qui est favorable au développement de la flore et de la faune).

5.1.2 Preconisations et mesures a mettre en œuvre

PRECONISATIONS GENERALES

Période d'intervention favorable

La période favorable pour la mise en œuvre des travaux correspond à la période hivernale (de fin novembre à fin mars). En théorie, les hippocampes sont moins nombreux au sein du lac durant cette période. Pour ce qui est de la végétation, cette dernière n'effectue pas (ou peu) de phase de croissance durant cette période. La diminution probable du nombre d'individu des deux espèces d'hippocampes et le caractère végétatif de la végétation en période hivernale justifie une intervention.

Tableau 11 : Période la plus favorable pour les travaux (Source : Biotope – 2011)

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Période favorable pour les travaux												
Période sensible pour la végétation (1)												
Période favorable à la présence des hippocampes (2)												

⁽¹⁾ Les herbiers à zostères (naine et marine) fleurissent entre juin et octobre en fonction des conditions de températures et de salinités.

⁽²⁾ Le terme favorable induit qu'une présence des hippocampes dans le lac en dehors de ces périodes est possible. La biologie de l'espèce est relativement mal connue et il est n'est pas possible en l'état des connaissances actuelles d'émettre un avis définitif statuant de l'absence de l'espèce au sein de l'aire d'étude en période hivernale.

Le code couleur par ligne correspond à la sensibilité des espèces et des habitats en fonction de la saison. Les teintes claires correspondent à des sensibilités faibles. A l'inverse, les teintes foncées correspondent à des sensibilités fortes.





Méthode de dragage à privilégier

Deux techniques de dragage existent, le dragage par pelle hydraulique et le dragage par aspiration. Pour les zones vaseuses (partie Est et Nord du lac), l'utilisation d'une pelle mécanique est à privilégier. Cette technique à l'avantage de générer moins de mise en suspension des sédiments fins et permet ainsi de limiter la turbidité du milieu. Sur les parties sableuses (partie sud du lac) un dragage par aspiration est possible à l'aide d'une drague « suceuse ». Cependant cette technique a l'inconvénient de générer beaucoup de matière en suspension (et favorise par conséquent la turbidité du milieu) et induit des volumes de sédiments conséquent qu'il est nécessaire de stocker si un relargage immédiat en mer n'est pas possible.

PRECONISATIONS AVANT TRAVAUX

Mise en protection des stations de Zostères marines

La Zostère Marine est une espèce protégée au niveau régional au titre de l'Arrêté du 8 mars 2002 relatif aux espèces végétales protégées en région Aquitaine. Par conséquent toute action susceptible de nuire (destruction, coupe, mutilation, arrachage, cueillette, vente etc.) est interdite en tout temps et en tout lieu à l'échelle régionale.

Si une destruction des herbiers était inévitable dans le cadre des travaux, un dossier de dérogations autorisant la destruction des individus présents et/ou la mise en place de mesures favorables au maintien de l'espèce (déplacement des stations existantes, plantation de nouvelles stations etc.) est indispensable.

Une non-intervention sur les mailles au sein desquelles sont présentes les zostères marines est préconisée.

PRECONISATIONS PENDANT TRAVAUX

Limiter les risques pollutions diffuses et accidentelles

Le stockage des carburants et huiles utilisés pour les engins mécaniques devra être situé dans un endroit sécurisé et étanche afin d'empêcher tout déversement accidentel de ces derniers dans le milieu naturel. Les engins devront être équipés en permanence de kit de sécurité permettant de contrôler rapidement et efficacement toutes pollutions accidentelles. De plus il conviendra d'être particulièrement vigilant lors du ravitaillement des engins.

Limiter au maximum les phénomènes de turbidité

Afin de limiter les phénomènes de turbidité et les risques qu'ils induisent sur les herbiers (limitation de la photosynthèse susceptible de perturber le cycle naturel de la plante voir d'entrainer sa mort), l'utilisation de filets anti-MES autour du périmètre dragué est nécessaire. Ces derniers devront avoir un maillage très fin afin (proche de 60 microns). Ils devront être pourvus d'une ouverture sur la partie inférieure afin de laisser une échappatoire aux différentes espèces faunistiques présentes dont les hippocampes (une ouverture de 20 cm entre le fond et la partie inférieure du filet est suffisante). Ils devront également être couplés à des mesures de la turbidité de part et d'autres du filet.





Les travaux devront également être réalisés tant que possible sur les périodes de calme correspondant aux étales de pleine et basse mer afin de limiter la dispersion des éléments fins mis en suspension.

Limiter le dérangement des espèces avifaunistiques

L'intégralité de la partie en eau du lac est utilisée par l'avifaune (Laridés, Oiseaux plongeurs, Oiseaux de pleine mer, Oiseaux d'eau de surface, Limicoles, Echassiers, Oiseaux nicheurs etc.). La sensibilité de ces cortèges et des espèces qui les composent sont fortes vis-àvis du projet de dragage qui détruit directement des zones d'habitats d'espèces et favorise le dérangement du fait de l'utilisation d'engins mécaniques.

La création d'une zone refuge toujours entourée d'eau même à marée basse est une mesure favorable pour l'avifaune. L'emplacement idéal de l'ile se situe dans la partie médiane du lac au niveau du banc actuellement existant (mailles 9, 10, 11 et 12). De plus, la localisation dans l'espace et dans le temps doit permettre à l'avifaune de se réfugier loin des zones d'extractions et du dérangement induit par les travaux. Par ailleurs il peut être utile de mettre en place des panneaux de sensibilisation à l'attention des riverains et des différents utilisateurs du lac pour informer ces derniers sur l'utilisation du lac par certaines espèces et leurs sensibilités aux dérangements.

Des périodes d'intervention courtes, en particulier pour la partie sud, sont préconisées afin de limiter le dérangement de l'avifaune.

Déplacer les hippocampes potentiellement présents au niveau des casiers à huitres

Lors d'un réaménagement potentiel du parc ostréicole situé sur la rive Est, il pourrait être nécessaire d'effectuer un déplacement des hippocampes éventuellement présents. Ce déplacement devra être réalisé de manière à être le moins traumatisant possible.

Les individus observés devront être capturés manuellement (à la main ou à l'épuisette) et placés dans un bac d'eau de mer prélevé dans le milieu (afin de respecter les différents paramètres physico-chimiques chimiques du milieu dont la salinité et la température).

Le déplacement des individus et leur remise à l'eau devront être réalisés au maximum une heure après leur capture. La remise à l'eau s'effectuera en douceur (en pleine eau et sans chute) dans un milieu favorable situé dans un endroit exempt de toute perturbation inhérente aux travaux de dragage.

PRECONISATIONS APRES TRAVAUX

Suivi annuel de la recolonisation des herbiers

Un suivi de la recolonisation des herbiers (en quadra ou transects) sur les zones connues devra être mis en œuvre pour évaluer la reprise de la végétation (végétation pionnière notamment).

Ce suivi aura une valorisation scientifique et pourra représenter un argument de communication.

Enfin, la possibilité voir nécessité de laisser des herbiers non impactés à proximité des zones de travaux permettra d'évaluer la dynamique de recolonisation de ces derniers.





Actions de communication

Des actions de communication pourront être envisagées comme notamment :

- L'information de la population riveraine et des touristes sur la biodiversité présente au sein du lac (panneau de communication à l'entrée des plages par exemple).
- L'information du public sur la sensibilité des différentes espèces aux dérangements (avifaune, faune marine) ainsi que sur la sensibilité de leurs habitats (herbiers à zostères).

5.2 Proposition de Plan Pluriannuel de Dragage

Afin de limiter l'impact des travaux sur le milieu naturel, un phasage raisonné des dragages est nécessaire. Ces derniers devront être localisés dans l'espace et le volume annuel de sédiments extraits devra être limité.

La superficie du lac fait près de 90 hectares. La mise en place d'un maillage de carrés de 300 m x 300 m permet de couvrir l'ensemble du lac sur 10 ans de travaux (par exemple 10 ans à raison de 50 000 m³/an pour un volume total de 500 00 m³).

Deux grandes phases ont été identifiées :

- Dans un premier temps il est envisagé de draguer la partie amont du canal à hauteur de 40 000 m³ en 1 année (maille A9) ainsi que la partie sud du lac pour un volume correspondant de 200 000 m³ en 2 à 3 ans (premier tiers correspondant aux mailles A6 à B8).

La création d'un « piège à sables » est pressenti à cet endroit, ce qui induit un surcreusement des secteurs situés de chaque coté du chenal.

Le délai de dragage des 240 000 m³ est modulable en fonction du coût des travaux et du budget de la collectivité, des nuisances engendrées (aussi bien pour les riverains que pour l'avifaune par exemple) et des capacités de dragage.

- Dans un second temps il est envisagé de draguer la partie nord du lac (deux derniers tiers correspondant aux mailles A1 à B3) pour un volume correspondant de 250 000 m³ en 5 ans.

Du fait notamment des nombreux herbiers présents dans la partie nord du lac, le volume maximum de sédiments pouvant annuellement être extraits est limité à 50 000m³.

Ce plan de dragage permet de préserver les mailles 4 et 5 où ont été recensées des zostères marines.





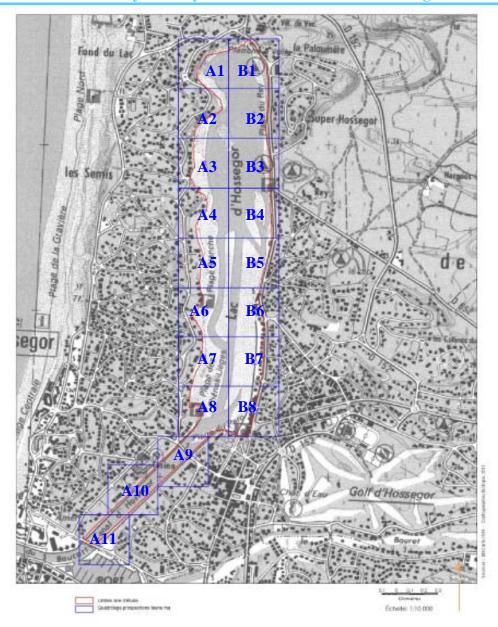


Figure 55 : Maillage du lac d'Hossegor et périmètre d'étude (Source : Biotope - 2011)

La mise en œuvre de ce plan de dragage associé aux mesures de protection préconisées précédemment ne permet pas de garantir l'innocuité des travaux mais limite néanmoins de manière significative l'impact potentiel des travaux sur la faune et la flore du lac.

Au vu de la qualité des sédiments, évaluée grâce aux mesures réalisées lors des campagnes de terrain, et des volumes d'extraction préconisés (volume total < 500 000m³), un dossier de déclaration de travaux devra être établi puis remis au préfet pour examen.

Une étude sur le devenir des sédiments extraits devra également être menée. Elle pourra s'appuyer sur les analyses de qualité et de granulométrie réalisées dans le cadre de la présente étude. Suivant le mode de gestion des sédiments choisi, des procédures administratives et réglementaires plus ou moins contraignantes devront être menées.





5.3 Preconisations pour le seuil

En parallèle ce ces interventions de dragage, la configuration du seuil situé sous le pont Notre-Dame est une composante essentielle du fonctionnement hydrosédimentaire du système global. Dans l'optique d'une gestion plus maitrisée de l'ensablement du lac, Rivages Pro Tech propose ci-après un plan d'action vis-à-vis de la configuration du seuil. Il découle des différents résultats et connaissances acquis au cours de l'étude.

Le niveau du seuil est une clé prépondérante du fonctionnement hydrosédimentaire du système global : les volumes oscillants ainsi que le phasage de la marée en son amont en découlent directement. Or, deux enjeux majeurs dépendent directement de ces volumes oscillants :

- <u>l'ensablement du lac d'Hossegor</u>. Nous avons vu que, de façon générale, l'augmentation des volumes oscillants est nuisible à l'ensablement du lac puisque cela a tendance à augmenter la quantité de sable qui entre et se dépose dans le lac à chaque marée. Inversement, la diminution des volumes oscillants, dans des proportions raisonnables, semble être largement bénéfique à l'ensablement du lac.
- <u>l'équilibre sédimentaire de la passe du port de Capbreton (Canal du Boucarot)</u>. La connexion entre le lac et l'océan Atlantique a été établie en 1876 afin d'utiliser le pouvoir oscillant du lac pour créer un effet de chasse au jusant permettant de favoriser le transport de sédiment vers l'océan et ainsi dégager la passe du port. Il est évident que la construction du seuil sous le pont Notre-Dame en 1960 a largement diminué les volumes oscillants et la chasse qui en découle devant le port. Pourtant, celle-ci est encore efficace aujourd'hui, comme en témoigne la navigabilité de la passe et la bathymétrie relevée en 2010. Mais, diminuer de nouveau ces volumes oscillants semble être, en première approche, inapproprié vis-à-vis de cette composante.

Ces deux enjeux ayant des préconisations opposées en ce qui concerne les volumes oscillants par le biais du niveau du seuil, la prudence est requise pour les éventuels aménagements du seuil.

Comme nous l'avons vu précédemment, il est clair, d'après les résultats de modélisation, qu'une diminution du niveau du seuil est à exclure complètement des perspectives d'aménagement, à ce jour.

Il y a alors à notre sens 3 possibilités d'aménagement du seuil, présentées ci-après.

MAINTIEN DU SEUIL ACTUEL

Le fonctionnement avec ce niveau du seuil est désormais bien connu et maitrisé. Cela permet d'avoir une chasse satisfaisante au niveau du Boucarot mais induit un comblement assez prononcé du lac d'Hossegor. C'est la solution la plus économique à court terme mais des dragages réguliers du lac seront à envisager périodiquement.



AUGMENTATION DU SEUIL EN FIXE : +0.30 A + 0.50 M

Cet aménagement peu couteux (ajout d'enrochements) apparaît comme étant une solution potentiellement très intéressante vis-à-vis de l'ensablement du lac. Mais, une étude complémentaire préalable est à entreprendre afin d'évaluer l'impact que cela peut avoir sur l'équilibre sédimentaire du canal du Boucarot et sur le comblement du port de Capbreton.

MSIE EN PLACE D'UN SEUIL AMOVIBLE

Cet aménagement a pour objectif d'<u>optimiser l'utilisation des volumes oscillants</u>. Les grandes lignes de son principe et de son fonctionnement sont présentées ci-après mais il est évident qu'il doit faire l'objet d'une étude spécifique poussée (faisabilité, dimensionnement,...).

Le principe est d'augmenter la vitesse des courants au jusant tout en maintenant la vitesse des courants au flot. Les volumes oscillants sont conservés : il s'agit d'optimiser leur utilisation.

Pour cela, l'ouvrage actuel du seuil doit être implémenté :

- d'un dispositif amovible au-dessus, sur toute sa largeur, capable de s'élever d'une hauteur H à la demande (par exemple 0.50m) et de retenir la lame d'eau correspondante.
- d'un système de vannes en pied d'ouvrage, capable de s'ouvrir/se fermer à la demande afin de permettre ponctuellement de transporter de l'eau par ces conduites.

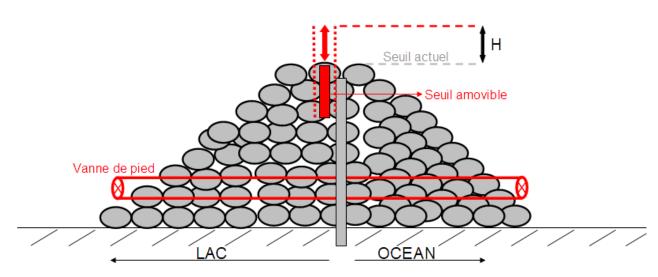


Figure 56 – Ebauche du dispositif de seuil amovible, vue en coupe

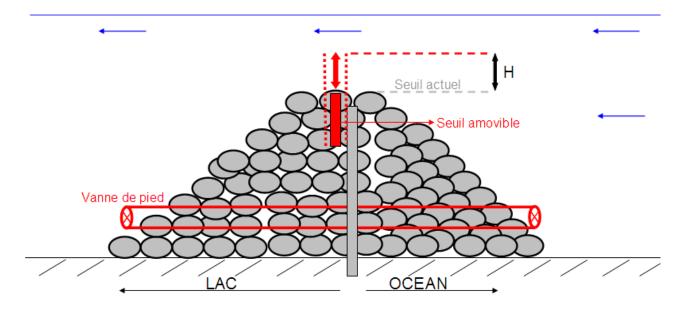
Les grandes lignes de son fonctionnement, asservi sur des sondes de niveau en amont et en aval du seuil, sont décrites ci-dessous.





✓ Sur l'ensemble de la marée montante, le système est dans la configuration :

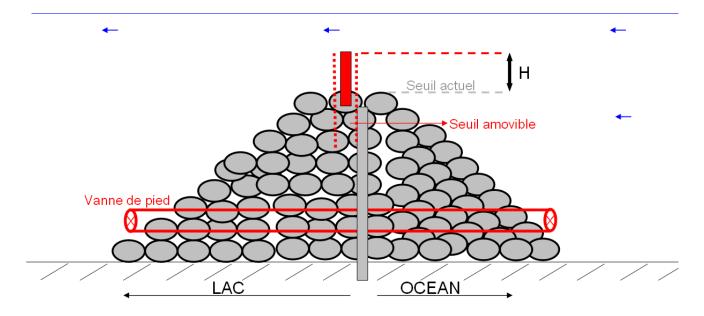
Seuil amovible = Position basse Vannes = fermées



Ainsi, le lac se remplit exactement de la même façon qu'il e fait aujourd'hui avec le seuil actuel.

✓ A l'étale de marée haute, le seuil amovible passe en position haute. Les vannes restent fermées.

Seuil amovible = Position haute Vannes = fermées

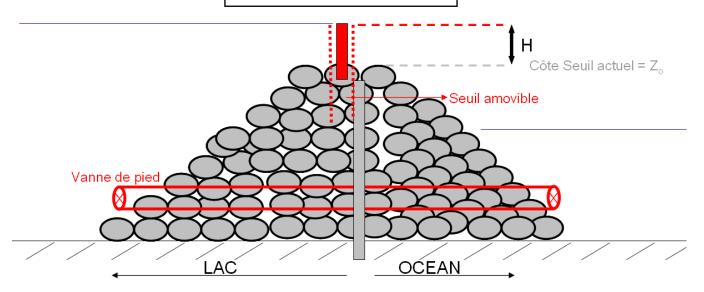






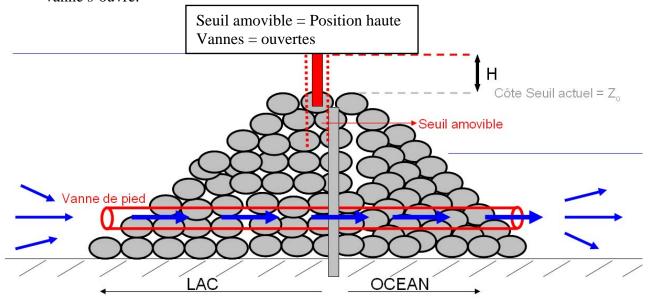
✓ Pendant une grande partie de la marée descendante, le système reste dans cette configuration :

Seuil amovible = Position haute Vannes = fermées



Cela permet de garder la lame d'eau de hauteur H « en attente ». Elle va être vidée assez brutalement du lac à un instant proche de la marée basse, à préciser, par exemple « marée basse -1h ».

✓ A « marée basse – 1h », le seuil amovible reste en position haute mais le système de vanne s'ouvre.

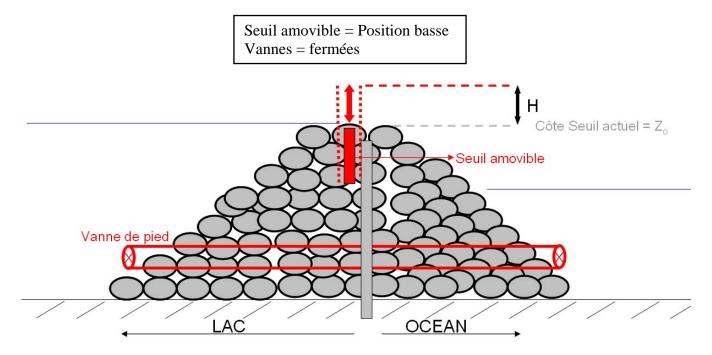


Cela permet, en vidant assez brutalement le lac de cette lame d'eau de hauteur H, de générer des forts courants de jusant qui favorisent le transport de sédiments à l'extérieur du lac et du Boucarot.





✓ Lorsque le niveau d'eau dans le lac est descendu de la hauteur H et a donc atteint la côte actuelle du seuil fixe, le seuil amovible repasse en position basse et les vannes se referment. En attente, de la prochaine marée montante...



Dans la mesure où les volumes oscillants sont conservés, un tel dispositif ne peut avoir qu'un effet bénéfique sur l'ensablement du lac. Parallèlement, la vitesse des courants au moment de l'ouverture des vannes étant élevée, la chasse au niveau du Boucarot s'en trouve améliorée.

Cette solution technique semble ainsi être la plus appropriée vis-à-vis de la dynamique sédimentaire du système global puisque elle pourrait permettre de répondre conjointement aux problématiques de comblement d'Hossegor et de Capbreton.

Egalement, ce dispositif pourrait permettre :

- d'isoler le lac en cas d'événements fortement énergétiques (tempête, crue des rivières) susceptibles d'amener une quantité très importante de sédiments dans le lac.
- d'isoler le lac en cas de risque de contamination bactériologique des bassins versants du Bouret et du Boudigau.
- de pouvoir imposer ponctuellement une hauteur d'eau donnée dans le lac, modulable en fonction des activités proposées sur le lac d'Hossegor.

En revanche, les limitations du dispositif sont les suivantes :

- son coût d'étude, de construction et de mise en œuvre.
- la mise en péril directe de la biodiversité de la fosse située en amont du seuil.
- les risques de déstabilisation des perrés du canal face à l'importance des courants de jusant.

C'est pourquoi, si cette solution est envisagée, elle doit faire l'objet d'une étude spécifique poussée (faisabilité, dimensionnement,...).







« CALENDRIER »

Rivages Pro Tech propose, suivant les souhaits et possibilités de la Collectivité, deux stratégies distinctes :

- considérer que le seuil actuel est déjà un bon compromis entre les deux problématiques de comblement du lac et de la passe du port. Ainsi, il convient de maintenir le seuil actuel.
- étudier la pertinence du rehaussement fixe du seuil et/ou du seuil amovible en entreprenant les études supplémentaires correspondantes. A court terme, le seuil peut ainsi être maintenu dans son état actuel pendant que ces études sont réalisées. Puis, à moyen terme, en fonction des résultats des études, la pertinence de ces aménagements vis-à-vis du système global (Lac et passe du port) pourra être évaluée et le seuil pourra éventuellement être reconfiguré en conséquence.





6 CONCLUSION

Le lac d'Hossegor est un plan d'eau saumâtre présentant une dynamique sédimentaire complexe et non intuitive. En effet, la configuration du lac (en amont d'un canal où se situe un seuil puis relié à l'océan par un chenal) nous avait amené à envisager en première approche que le déséquilibre des vitesses et des volumes sédimentaires conduisant à l'ensablement du lac était lié à la présence du seuil.

Toutefois, l'étude approfondie du fonctionnement hydrosédimentaire a permis de révéler que l'ensablement constaté est un phénomène naturel bien connu sous le nom de « tidal inlet », répondant au comblement d'une zone connectée à l'océan. La modélisation a permis de démontrer que la présence du seuil, en retardant l'entrée du flot dans le lac, permet certainement de réduire la quantité de sable qui entre dans le lac et s'y dépose à chaque marée.

Les sources d'apport de sédiments sont principalement l'océan et les deux cours d'eau, Bouret et Boudigau. Les eaux douces venant des cours d'eau transportent des sédiments très légers ayant tendance à se déposer lentement et à être ainsi charriés jusqu'au nord du lac. Les sables transportés par les eaux salées de l'océan sont plus denses et décantent rapidement dès l'entrée du lac, zone où l'élargissement provoque un ralentissement brutal des vitesses de courant. Ainsi, le nord du lac est majoritairement vaseux alors que la partie sud exclusivement sableuse.

Le modèle développé dans le cadre de cette étude prend compte du transport de sédiment noncohésif (sable) : le comblement de la partie nord du lac lié aux sédiments cohésif (vases) n'est donc pas considéré. Les données de calibration existantes étant faibles et/ou anciennes, des campagnes de terrain ont été organisées afin de mesurer :

- La granulométrie et la qualité des sédiments
- La quantité de matière en suspension en différents points du secteur d'étude
- Les débits des rivières
- Les vitesses des courants et la hauteur d'eau dans le canal et le chenal du Boucarot
- Les données de conductivité, température et profondeur

Le volume de sédiments accumulé dans le lac entre 1992 et 2010 est de 380 000 m³ dont 180 000 m³ de sédiments cohésifs dans la partie nord et 200 000 m³ de sédiments non-cohésifs dans la partie sud. D'après les mesures bathymétriques, le dépôt annuel de sédiments sableux dans le lac est actuellement de 10 600 m³. Le lac est voué à s'assécher si aucun procédé de désensablement n'est mis en œuvre. Il est donc indispensable de définir rapidement les moyens de gestion des stocks sableux à mettre en place à court terme et long terme.

Une fois le modèle calibré et validé, le fonctionnement hydrosédimentaire du lac a pu être assimilé et différentes scénarii préliminaires d'aménagements choisis par les élus et le syndicat ont été testés, sur la base de la bathymétrie de 1992 :

- Diminution à suppression du seuil
- Augmentation du niveau du seuil
- Création d'un piège à sable avec maintien du seuil actuel
- Création d'un piège à sable avec augmentation du seuil de +0,50 m

Ces scénarii ont permis d'appréhender l'importance primordiale du rôle joué par le niveau du seuil par l'intermédiaire des volumes oscillants sur la quantité de sable se déposant dans le lac à chaque marée. Une réduction du seuil induit une augmentation des volumes oscillants entrainant







une augmentation des volumes de sable déposés dans le lac du fait du manque de chasse au jusant. Inversement l'augmentation du seuil limite la quantité de sable se déposant dans le lac.

L'efficacité limitée d'un éventuel piège à sable dans la partie sud du lac, s'il est envisagé seul, a également pu être démontrée. Le piège à sable doit être associé à un dispositif limitant le volume de sable entrant dans le lac.

Quatre scénarii ont ensuite été choisis par la collectivité pour évaluer la pertinence des travaux, sur la base de la bathymétrie de 2010 :

- Diminution de 0,5 m du niveau du seuil associée à un dragage de 200 000m³
- Diminution de 0,5 m du niveau du seuil associée à un dragage de 500 000m³
- Suppression du seuil associée à un dragage de 200 000m³
- Suppression du seuil associée à un dragage de 500 000m³

Ces scénarii ont permis de démontrer que la suppression du seuil n'est pas envisageable car nécessiterait préalablement des dragages pharaoniques de l'ordre de 1 000 000 m³ pour maintenir un niveau d'eau correct dans le lac à marée basse. Ces dragages engendreraient un impact traumatisant pour la biodiversité locale et présenteraient un coût des travaux très important pour la collectivité. De plus, la suppression du seuil augmenterait considérablement le taux d'ensablement annuel du lac. Cette hypothèse d'aménagement n'est donc pas viable.

La diminution du niveau du seuil entrainerait également une augmentation du taux d'ensablement annuel du lac, et par conséquent ne répond pas au souhait de la collectivité.

L'ensemble des scénarii d'aménagement étudiés visant à diminuer le niveau du seuil ne sont pas pertinents puisqu'ils ne permettent pas d'aboutir à une meilleure gestion des stocks sableux.

Au vu du fonctionnement hydrosédimentaire du lac mis en évidence par la modélisation, trois aménagements du seuil nous semblent potentiellement viables, aussi bien du point de vue sédimentaire qu'écologique :

- Le maintien du seuil actuel,
- L'augmentation du niveau du seuil de 0,50 m maximum (faible coût)
- La mise en place d'un seuil amovible (optimisation de l'utilisation des volumes oscillants / coût important).

Ces aménagements doivent faire l'objet d'études spécifiques notamment pour évaluer leur impact potentiel sur l'ensablement du chenal du Boucarot et du port de Capbreton ou encore pour définir leur dimensionnement exact.

L'aménagement du seuil choisi devra être couplé à un plan de dragage tenant compte des préconisations issues de l'expertise écologique afin de préserver la biodiversité présente. En effet, le lac d'Hossegor abrite de nombreuses espèces protégées comme la zostère marine dont la destruction est strictement interdite. L'expertise écologique menée sur le lac a permis de définir la période d'intervention et la technique de dragage à favoriser, les mesures de protection à mettre en œuvre telles que la mise en place de filets anti-MES ou encore des moyens limitant les risques de pollution hydrocarbure. Suite aux travaux, des suivis de recolonisation des herbiers devront être mis en place afin d'évaluer la dynamique de reprise de la végétation.

Le plan de dragage préconisé, tenant compte de l'ensemble des conclusions issues de cette étude comporte deux phases :

- Une extraction de 240 000 m³ extraits en 2 à 4 ans et répartis comme suit : 40 000 m³ dans le canal amont et 200 000 m³ dans la partie sud du lac,
- Une extraction de 250 000 m³ dans la partie nord du lac en 5 ans.







L'aménagement du seuil et le plan de dragage présenté ci-dessus permettront de préserver le patrimoine naturel et culturel unique que représente le lac. Des actions de communication présentant ce plan de sauvetage et appuyant sur la présence certaines espèces et habitats remarquables pourront permettre d'informer et de sensibiliser les riverains, usagers et touristes sur la richesse de la biodiversité locale.





LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Carte des environs du lac (Source : Google Maps - 2011)
Figure 2 - Ancien lit de l'Adour (Source : FRANCQ J., 2003)
Figure 3 - Cartographie des travaux du lac (Source : Google Maps - Rivages Pro Tech - 2011) . 6
Figure 4 - Frise chronologique des travaux du lac (Source : Rivages Pro Tech - 2011)
Figure 5 - Cartographie des dragages du lac (Source : Google Maps – Rivages Pro Tech - 2011)
Figure 6 - Cartographie des points de prélèvement de mesure de salinité (Source: Google Maps -
Rivages Pro Tech - 2011)
Figure 7 - Evolutions de la salinité par temps de pluie et par temps sec durant les périodes de
hautes eaux et d'étiage mesurées en 2004 (Source : Pons M-L, 2005)
Figure 8 - Cartographie des herbiers du lac (Source: Beugnot N., 2006)
Figure 9 - Cartographie algale du lac (Source: Beugnot N., 2006)
Figure 10 - Cartographie de certaines espèces animales présentes au lac d'Hossegor (Source:
Rivages Pro Tech - 2011)
Figure 11 - Instruction des demandes de déclaration (en bleu) et d'autorisation (en rouge)
(Source : Rivages Pro Tech) 20
Figure 12 - Localisation de la station Météo France de Capbreton (Source: Météo France) 23
Figure 13 - Roses des vents mesurés entre le 01/01/2007 et le 31/12/2010, réparties par saison
(Source: Météo France – Rivages Pro Tech) 24
Figure 14 - Positionnement de la station de suivi hydrométrique sur le Bouret (Source :
http://services.landes.org/ressources_eau10/fr_vivre_eau_cours.htm - Google Maps)
Figure 15 - Localisation du pluviomètre Météo France d'Hossegor (Source: Météo France) 25 Figure 16 - Précipitations mensuelles moyennes, en mm, mesurées à la station Météo France de
Soorts-Hossegor entre janvier 2001 et février 2011 (Source: Météo France)
Figure 17 - Simulation des vitesses de courant dans le système lac-canal-Bouret-Boudigau à
marée montante (à gauche) et descendante (à droite) (Source : Rivages Pro Tech - 2011) 26
Figure 18 - Bathymétries relevées en 1992 (à gauche) et 2010 (à droite) (Source : SIVOM Côte
Sud – Rivages Pro Tech)
Figure 19 - Cartographie de la granulométrie du lac d'Hossegor (Source : photos aériennes
2005, Nicolas Beugnot – 2006)
Figure 20 - Estimation des flux de matière en suspension (Source: Dumon J.C., Lapaquellerie
Y., Maillet N., et al., 1994 – Université Bordeaux 1)
Figure 21 – Changements morphologiques du lac entre 1992 et 2010 (Source : Rivages Pro
Tech)
Figure 22 – Bathymétries relevées en 1992 (à gauche) et 2010 (à droite) (Source : SIVOM Côte
Sud – Rivages Pro Tech)
Figure 23 – Bathymétries méso-échelle (à gauche - Source : SHOM)
Figure 24 – Plan d'échantillonnage : caractérisation des sédiments du lac d'Hossegor (Avril
2011)
Figure 25 – Répartitions des différentes granulométries rencontrées pour chaque échantillon . 36
Figure 26 – Stations de mesure MES – Mars 2011
Figure 27 – Réalisation de Mesures de MES dans le système Lac-Port-Canaux les 24 et 25 Mars
2011
Figure 28 – Résultats des mesures de MES dans le système Lac-Port-Canaux les 24 et 25 Mars
2011
Figure 29 – Stations de mesure Bouret et Boudigau – Mars 2011
Figure 30 – Mesures de MES quotidiennes sur le Bouret et le Boudigau (15 au 30 Mars 2011) 40
Figure 31 – Mesures de niveaux d'eau sur le Bouret (A) et le Boudigau (B) – 15 au 30 Mars
201141



Etude du système hydrosédimentaire du Lac d'Hossegor



Figure 32 – Mesures de niveaux d'eau au niveau du Bouret (en rouge), du Boudigau (en vert	et (
de l'océan (en bleu) – 15 au 30 Mars 2011	. 41
Figure 33 – Jaugeage réalisé par Rivages Pro Tech sur le Bouret - 15 Mars 2011	. 42
Figure 34 – ADCP Aquadopp de Nortek	
Figure 35 – Localisations des deux ADCP mouillés sur le fond – 15 au 30 Mars 2011	. 43
Figure 36 – Mouillage des deux ADCP dans le canal du Boucarot – 15 Mars 2011	. 43
Figure 37 – Vitesse du courant et élévation de la surface libre mesurées à l'embouchure du	
Boucarot	
Figure 38 – Vitesse du courant et élévation de la surface libre mesurées à l'entrée du lac	. 44
Figure 39 – Déploiement de la CTD dans le canal du Boucarot – 24 et 25 Mars 2011	. 45
Figure 40 – Profils CTD du 24 Mars 2011	. 45
Figure 41 – Schématisation des principaux forçages de la dynamique	. 46
Figure 42 – Emboîtement des modèles (Bathymétries) sur les domaines de la Côte Basque -	
Landaise puis Hossegor - Capbreton	. 48
Figure 43 – Exemple de confrontation entre Observations et Modélisation : Niveau d'eau à	
l'entrée du lac	. 50
Figure 44 – Exemple de confrontation entre Observations (Image satellite, à gauche) et	
Modélisation : ensablement du lac en 2010 (après 18ans de simulation, à doite)	
Figure 45 – Comparaison des ensablements annuels moyens du lac en 1992 et 2010 : volumes	S
(précision ± 10%) et répartitions modélisés	
Figure 46 – Modélisation long terme de l'évolution du niveau (cm) dans le lac à marée basse	
aucune action n'est entreprise	
Figure 47 – Schématisation du piège à sable envisagé (Source : SPSH)	
Figure 48 – Schématisation du principe de réalisation des scenarii	
Figure 49 – Courants maximums de marée calculés par le modèle	
Figure 50 – Courants résiduels de marée calculés par le modèle	
Figure 51 – Volumes de sable déposés dans le lac au cours du temps pour les différents niveau	
de seuil envisagés	. 66
Figure 52 – Situation bathymétrique du lac (référencée en CM) en 2010 et dans les deux cas	
d'opérations de dragages	
Figure 53 – Niveaux d'eau dans le lac à marée basse en 2010 et dans le cas de l'opération de	
dragage de 200 000m³(pour plusieurs niveaux du seuil)	. 73
Figure 54 – Niveaux d'eau dans le lac à marée basse en 2010 et dans le cas de l'opération de	
dragage de 500 000 m³ (pour plusieurs niveaux du seuil)	
Figure 55 : Maillage du lac d'Hossegor et périmètre d'étude (Source : Biotope - 2011)	
Figure 56 – Fhauche du dispositif de seuil amovible, vue en coupe	86





LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Eléments de référence à analyser afin de déterminer la qualité des sédiments (Sou	ırce
: article R.214-1 du code de l'environnement – Rivages Pro Tech)	. 18
Tableau 2 - Récapitulatif du dossier à monter en fonction de la quantité à draguer et la qualité	5
des sédiments (Source : article R.214-1 du code de l'environnement – Rivages Pro Tech)	. 19
Tableau 3 - Pourcentages de classes de sédiments pour chaque échantillon	. 35
Tableau 4 - Concentrations en micropolluants (mg/kg de matières sèches) mesurées sur la	
fraction inférieure à 2mm – Points de mesures (A à O) et niveaux de référence N1 et N2	. 36
Tableau 5 - Débits Bouret/Boudigau mesurés par Rivages Pro Tech – Mars 2011	. 42
Tableau 6 – Volumes oscillants du lac	. 52
Tableau 7 – Scenarii préliminaires testés avec le modèle	. 58
Tableau 8 – Scenarii testés avec le modèle	.71
Tableau 9 – Avantages/inconvénients des aménagements envisagés d'un point de vue	
écologique (Source : Biotope - 2011)	. 76
Tableau 10 : Liste des visites et expertises de terrain (Source : Biotope – 2011)	. 78
Tableau 11 : Période la plus favorable pour les travaux (Source : Biotope – 2011)	. 80





BIBLIOGRAPHIE

- 1. Abadie S., Butel R., Dupuis H. et al., 2005. Paramètres statistiques de la houle au large de la côte sud-aquitaine, Rapport final d'étude, 8p.
- 2. Anonyme, 1967. Inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique Floristique de la Région Aquitaine, Lac d'Hossegor, 1966-1967, 3p.
- 3. Anonyme, 1979. Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (Convention de Berne), 68p.
- 4. Anonyme, 1982. Arrêté du 20 janvier 1982, relatif à la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire, 1p.
- 5. Anonyme, 1985. Inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique Floristique de la Région Aquitaine, Dunes Littorales entre Contis et la Barre de l'Adour, 1965-1985, 3p.
- 6. Anonyme, 1991. Étude environnementale préalable au dragage du lac d'Hossegor, Hydre Environnement, 39 p.
- 7. Anonyme, 1992. Directive du Conseil du 21 mai 1992 (92/43/CEE), concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvage, 66p.
- 8. Anonyme, 1995. Livre rouge de la flore menacée de France, tome 1 : espèces prioritaires, 621p.
- Anonyme, 2002. Arrêté du 8 mars 2002, relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Aquitaine complétant la liste nationale, 4p.
- 10. Anonyme, 2003. Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (Convention de Bonn), 18p.
- 11. Anonyme, 2004. Hossegor, 4 itinéraires découvertes, Office de tourisme d'Hossegor, septembre, 20p.
- 12. Anonyme, 2005. Arrêté du 20 décembre 2004 fixant la liste des animaux de la faune marine protégés sur l'ensemble du territoire, version consolidée au 8 novembre 2005, 2p.
- 13. Anonyme, 2006. Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est (Convention OSPAR), texte tel qu'amendé le 24 juillet 1998 et actualisé le 9 mai 2002, 7 février 2005 et 18 mai 2006, 44p.
- 14. Anonyme, 2007. Code de l'Environnement, Livre II : Milieux Physiques, publié par le décret n° 2007-397 du 22 mars 2007, articles R.214-1 et suivants.
- 15. Anonyme, 2008. Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique-Eurasie (AEWA), 68p.
- 16. Anonyme, 2009. Arrêté du 29 octobre 2009, fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection, 21p.
- 17. Anonyme, 2009. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux 2010-2015 vers le bon état des milieux aquatiques (DCE), Comité de Bassin Adour Garonne, 440p.
- 18. Anonyme, 2010. Liste rouge des poissons d'eau douce de France métropolitaine, 12p.
- 19. Anonyme, 2010. Loi n°86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral (Loi littoral) Version consolidée au 01 décembre 2010, 9p.
- 20. Anonyme, 2011. Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine, 14p.







- 21. Anonyme, 2011. Liste rouge des oiseaux non nicheurs de France métropolitaine (de passage et/ou hivernants), 28p.
- 22. Beugnot N., 2006. Suivi d'un éco-socio-système original : le lac marin d'Hossegor, Mémoire de Master Dynamique spatiale, Gestion des Territoires et Développement, Université Paul Valéry à Montpellier, 125p.
- 23. Dereviankina E., 2010. Fiche pratique: Les travaux de dragage, 2p.
- 24. Dourthe R., 2001. Lac marin d'Hossegor: Implantation des herbiers autour du lac, Mémoire de BTS Gestion et Protection de la Nature, 36p.
- 25. Dumon J.C., Lapaquellerie Y., Maillet N., et al., 1994. Rapport sur l'étude des facteurs d'envasement du lac marin d'Hossegor, CNRS, 32p.
- 26. FRANCQ J., 2003. Le lac marin d'Hossegor un écosystème original, Société de propriétaires à Soorts-Hossegor, 32 p.
- 27. Jegou S., 2004. Suivi du Lac Marin de Hossegor, Mémoire de Master 1 Dynamiques des Ecosystèmes Aquatiques, U.F.R Sciences et Techniques de la Côte Basque, U.P.P.A, 25 p.
- 28. Libier M., 2002. L'herbier du lac marin d'Hossegor, Syndicat Mixte de Rivière Bouret-Boudigau, Saint Vincent de Tyrosse, 20 p.
- 29. Pons M-L, 2005. Etude d'un écosystème original : le lac marin d'Hossegor, Mémoire de Master 1 Dynamiques des Ecosystèmes Aquatiques, U.F.R Sciences et Techniques de la Côte Basque, U.P.P.A, 27p.
- 30. Trut G., Dalloyau S., Auby I., 2009. Caractérisation de la qualité biologique des Masses d'Eau Côtières : Cartographie des herbiers à Zostera noltii et Zostera marina du lac d'Hossegor, Ifremer, 21p.
- 31. Dumon J.C., Lapaquellerie Y., Maillet N., et al., 1994. Rapport sur l'étude des facteurs d'envasement du lac marin d'Hossegor, Université Bordeaux 1, 27p.
- 32. FRANCQ J., 2004. Etude préliminaire d'un piège à sable à l'entrée du lac marin d'Hossegor, Société de propriétaires à Soorts-Hossegor, 13 p.





LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 - Inventaires faunistique, algale et floristique

Annexe 2 - Recensement des espèces invasives et protégées avec leurs règlementations respectives

Annexe 3 – Rapport de l'expertise écologique menée par Biotope





Annexe 1 : Inventaires faunistique, algale et floristique





LA FAUNE (Hydre Environnement, 1991)

1. Invertébrés :

2. - Cnidaires

Anémone Anemonia sulcata

3. - Crustacés

Balanes *Balanus sp.*, *Chtamalus stellatus* Crabe de roche *Pachygraptus marmoratus*

Crabe vert Carcinus maenas

Crevette rose Palaemon sp.

Gammare Gammarus locusta

- Annélides

Arénicole Arenicola marina

Néréides Nephtys cirrosa, Nereis diversicolor, Eurydice pulchra, Ophelia

Spertule Serpula vermicularis

- Mollusques

Lamellibranches

Coque Cardium edule

Couteau Solen marginatus

Huître creuse Crassostrea gigas

Moule Mytilus edulis

Palourde Tapes decussatus

Pétoncle Chlamys varia

Scrobicularia piperata

Telline Tellina tenuis

Gastéropodes

Bigorneau Littorina littorae

Gibbule Gibbula sp.

Hydrobie Hydrobia ulvae

Lièvre de mer Aplysia limacina

Nasse Nassa reticulata

Patelle Patella sp.

Céphalopodes

Seiche Sepia officinalis

- Echinodermes

Etoiles de mer Marthasterias glacialis, Asterias rubens

Oursin Paracentrotus lividus

- Némertes

- Sipunculiens

Sipunculus nudus

4. Poissons:

Baliste Balistes cardinensis

Bar Dicentrarchus labrax

Chinchard Trachurus trachurus



Etude du système hydrosédimentaire du Lac d'Hossegor



Daurade et autres sparidés Sparus aurata, Lithognatus mormyrus, Pagrus pagrus, Spondyliosoma cantharus

Gobbie Gobius niger

Hippocampa hyppocampa

Lançon Hyperophys lanceolatus

Mulets Chelon labosus, Lisa aurata, L. ramada, L. saliens, Mugil trachurus

Plie *Pleuronectes platessa*

Rouget surmulet Mullus barbatus

Sole Solea solea

5. Oiseaux:

- De mer

Goéland argenté *Larus argentatus* Goéland brun *Larus fuscus graellsii* Grand cormoran *Phalacrocorax carbo* Mouette rieuse *Larus ridibundus*

Petit pingouin Alca torda

- De zone humide

Aigrette garzette Egretta garzetta

- <u>Protection au titre de l'annexe 1 de la Directive Oiseaux du 02/04/79</u>

Barge à queue noire Limosa limosa

Barge rousse Limosa lapponica

Bécasseau maubèche Calidris canutus

Bécasseau variable Calidris alpina

Bécassine des marais Gallinago gallinago

Chevalier gambette Tringa tonanus

Chevalier guignette Actitis hypoleucos

Grand gravelot Chadarius hiaticula

Gravelot à collier interrompu Chadarius

alexandrinus

Grèbe castagneux Tachybaptus ruficollis

Héron cendré Ardea cinerea

Huîtrier pie Haemotapus ostralegus

Martin pêcheur Alcedo atthis

Petit gravelot Chadarius dubius

Pluvier argenté Pluvialis squatarola

Diverses espèces d'anatidés (canards)

LES ALGUES (Allard, 2001)

- Chlorophycées (Algues vertes)

6. Blidingia minima

Chaetomorpha sp.

Codium fragile

Enteromorpha clathrata

Enteromorpha compressa

Enteromorpha crinita

Ulva rigida





- Rhodophycées (Algues rouges)

7. Bostrychia scorpioides

Ceramium flabelligerum

Ceramium rubrum

Chondria tenuissima

Gigartina acicularis

Gigartina teedii

Gracilaria multipartita

Gracilaria verrucosa

Pterocladia capilacea

- Phéophycées (Algues brunes)

8. Fucus spiralis

Fucus vesiculosus

Sargassum muticum

LA FLORE

Espèces marines

Zostère marine Zostera marina L.

Zostère naine Zostera noltii H.

Espèces lagunaires

Aster maritime Aster tripolium L.

Obione faux-pourpier ou arroche pourpier Obione portulaccoides Moq.

Salicornes Salicornia herbacea L., Salicornia fructicosa L., Salicornia perennis (Gouan)

Soude commune Salsola soda L.

Spartine à feuilles alternes Spartina alterniflora Lois.

Statice ou lavande de mer Statice limonium L.

Espèces d'eau douce

Phragmite commun Phragmites communis Trin.

Espèces dunaires

Anthémide bicolore Anthemis mixta L.

Armoise de Lloyd Artemisia campestris L.

Bette maritime betta maritima L.

Cakilier maritime ou roquette de mer Cakile maritima Scop.

Ciste à feuilles de sauge cistus salvifolius L.

Criste marine Crithmum maritimum L.

Erodium à feuilles de cigüe Erodium cicutarium L'Hérit.

Euphorbe maritime Euphorbia paralias L.

Gaillet des sables Galium arenarium Loisel.

Jone maritime Juneus maritimus Lam.

Linaire à feuilles de thym *Linaria thymifolia* DC.

Liseron des sables Convovulus soldanella L.

Lotier corniculé Lotus corniculatus L.

Moutarde giroflée Sinapsis Cheiranthus Koch.



Etude du système hydrosédimentaire du Lac d'Hossegor



Panicaut de mer *Eryngium maritimum* L. Porcelle enracinée *Hypochoeris radicata* L. Pourpier de mer *Arenaria peploides* L. Renouée maritime *Polygonum maritimum* L. Silène de Porto *Silene portensis* L. Silène de Thore *Silene thorei* Duf. Troscart maritime *Triglochin maritimum* L.

Les graminées

Canche blanchâtre *Corynephorus canescens* (L.) P. Beauv. Chiendent des sables *Agropyrium junceiforme* A et D. Love Fétuque basque *Festuca vasconcensis* (Markgr.-Dann.) Auquier et Kerguelen Fétuque junciforme *Festuca dumetorum* L. Lagure ovale *Lagurus ovatus* L. Laîche des sables *Carex arenaria* L. Vulpin à une seule glume *Vulpia fasciculata* (Forsk.) Samp.





Annexe 2 : Recensement des espèces invasives et protégées avec leurs règlementations respectives



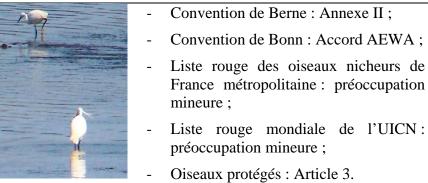


Espèces	Photos	Règlementations		
Huître creuse Crassostrea	LA FAUNE	Espèce invasive.		
gigas		Espece invasive.		
Patelle Patella sp. Patella ferruginea Gmelin,		Directive Habitats-Faune-Flore: Annexe IV; Faune marine protégée : Article 1 ;		
1791	_	Liste rouge des mollusques de France métropolitaine : vulnérable.		
Bar commun ou louvine Dicentrarchus labrax		Liste rouge mondiale de l'UICN : préoccupation mineure.		
Daurade royale et autres sparidés Sparus aurata, Lithognatus mormyrus, Pagrus pagrus, Spondyliosoma cantharus		Liste rouge mondiale de l'UICN: en danger.		
Hippocampe Hippocampus hyppocampus		Convension OSPAR : Annexe V.		
Mulet ou muge Chelon labrosus, Liza aurata, Liza ramada, Liza saliens		Liste rouge des poissons d'eau douce de France métropolitaine : préoccupation mineure ;		
	_	Liste rouge mondiale de l'UICN: préoccupation mineure.		
Plie ou carrelet Pleuronectes platessa		Liste rouge mondiale de l'UICN : préoccupation mineure.		
Eperlan Osmerus eperlanus		Liste rouge mondiale de l'UICN : préoccupation mineure.		
Anguille Anguilla anguilla		Liste rouge des poissons d'eau douce de France métropolitaine : en danger critique d'extinction ;		
	-	Liste rouge mondiale de l'UICN: en danger critique d'extinction.		





Etude du s	système hydrosédimen	taire du Lac d'Hossegor
Espèces	Photos	Règlementations
Goéland argenté Larus		- Convention de Bonn: Accord AEWA;
argentatus		- Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine: préoccupation mineure;
		- Liste rouge mondiale de l'UICN : préoccupation mineure ;
		- Oiseaux protégés: Article 3.
Goéland brun Larus fuscus		- Convention de Berne: Annexe III;
graellsii	(- Convention de Bonn: Accord AEWA;
		- Oiseaux protégés: Article 3.
Grand cormoran		- Convention de Berne : Annexe III ;
Phalacrocorax carbo		- Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine : préoccupation mineure ;
		- Liste rouge mondiale de l'UICN : préoccupation mineure ;
		- Oiseaux protégés : Article 3.
Mouette rieuse Larus		- Convention de Berne : Annexe III ;
ridibundus		- Convention de Bonn : Accord AEWA ;
		- Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine : préoccupation mineure ;
		- Liste rouge mondiale de l'UICN : préoccupation mineure ;
		- Oiseaux protégés : Article 3.
Aigrette garzette Egretta		- Convention de Berne : Annexe II ;
garzetta		- Convention de Bonn : Accord AEWA ;







Etude du s	ystème hydrosédimen	taire du Lac d'Hossegor
Espèces	Photos	Règlementations
Petit pingouin Alca torda		 Convention de Berne : Annexe III ; Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine : en danger critique d'extinction ; Oiseaux protégés : Article 3 ; Vertébrés menacés d'extinction.
Barge à queue noire <i>Limosa</i> limosa		 Convention de Berne : Annexe III ; Convention de Bonn : Annexe II, Accord AEWA ; Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine : vulnérable ;
	\$ Section 11 and 12	- Liste rouge des oiseaux non nicheurs de France métropolitaine (de passage) : vulnérable ;
		 Liste rouge des oiseaux non nicheurs de France métropolitaine (hivernants) : quasi menacés ;
		- Liste rouge mondiale de l'UICN : quasi menacée.
Chevalier gambette <i>Tringa</i>		- Convention de Berne: Annexe III ;
totanus		- Convention de Bonn: Annexe II, Accord AEWA;
		 Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine : préoccupation mineure ;
		 Liste rouge des oiseaux non nicheurs de France métropolitaine (de passage) : préoccupation mineure;
		- Liste rouge mondiale de l'UICN : préoccupation mineure.
Barge rousse <i>Limosa</i>		- Convention de Berne: Annexe III;
lapponica		- Convention de Bonn: Annexe II, Accord AEWA;

108

Liste rouge des oiseaux non nicheurs de France métropolitaine (hivernants) :

Liste rouge mondiale de l'UICN (2008)

préoccupation mineure;

: préoccupation mineure.





Espèces	Photos	Règlementations
Bécasseau maubèche Calidris canutus	The same	Convention de Berne: Annexe III ;
	-	Convention de Bonn: Annexe II, Accord AEWA;
		Liste rouge des oiseaux non nicheurs de France métropolitaine (hivernants) : quasi menacée ;
	-	Liste rouge mondiale de l'UICN: préoccupation mineure.
Bécasseau variable Calidris alpina	-	Convention de Berne: Annexe II;
		Convention de Bonn: Annexe II, Accord AEWA;
		Liste rouge des oiseaux non nicheurs de France métropolitaine (hivernants) : préoccupation mineure ;
		Liste rouge mondiale de l'UICN: préoccupation mineure ;
		Oiseaux protégés : Article 3.
Bécassine des marais Gallinago gallinago	-	Convention de Berne : Annexe III ;
	-	Convention de Bonn: Annexe II, Accord AEWA;
		Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine : en danger ;
		Liste rouge mondiale de l'UICN : préoccupation mineure.
Chevalier guignette <i>Tringa</i> hypoleucos	1	Convention de Berne : Annexe II, Annexe III ;
		Convention de Bonn : Annexe II, Accord AEWA;
		Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine : préoccupation mineure ;
	-	Liste rouge mondiale de l'UICN:

préoccupation mineure ;

Oiseaux protégés : Article 3.





Espèces

Photos

Règlementations

Grand gravelot *Charadrius* hiaticula



- Convention de Berne: Annexe II;

- Convention de Bonn: Annexe II, Accord AEWA;
- Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine : vulnérable ;
- Liste rouge des oiseaux non nicheurs de France métropolitaine (hivernants): préoccupation mineure;
- Liste rouge mondiale de l'UICN : préoccupation mineure ;
- Oiseaux protégés: Article 3.

Gravelot à collier interrompu *Charadrius* alexandrinus



- Convention de Berne: Annexe II;
- Convention de Bonn: Annexe II, Accord AEWA;
- Liste rouge mondiale de l'UICN : préoccupation mineure ;
- Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine: quasi menacée;
- Oiseaux protégés : Article 3.

Grèbe castagneux Tachybaptus ruficollis



- Convention de Berne: Annexe II;
- Convention de Bonn: Accord AEWA;
- Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine : préoccupation mineure ;
- Liste rouge mondiale de l'UICN : préoccupation mineure ;
- Oiseaux protégés : Article 3.

Héron cendré Ardea cinerea



- Convention de Berne: Annexe III:
- Convention de Bonn: Accord AEWA;
- Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine : préoccupation mineure ;
- Liste rouge mondiale de l'UICN : préoccupation mineure ;
- Oiseaux protégés : Article 3.





Espèces	Photos	Règlementations
Huîtrier pie Haematopus ostralegus		- Convention de Berne: Annexe III;
		- Convention de Bonn: Accord AEWA;
		- Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine : préoccupation mineure ;
		- Liste rouge des oiseaux non nicheurs de France métropolitaine (hivernants) : préoccupation mineure ;
		- Liste rouge mondiale de l'UICN : préoccupation mineure.
Martin pêcheur Alcedo		- Convention de Berne: Annexe II;
atthis		- Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine : préoccupation mineure ;
		- Liste rouge mondiale de l'UICN : préoccupation mineure ;
		- Oiseaux protégés : Article 3.
Petit gravelot Charadrius	. 6.5. al:	- Convention de Berne: Annexe II;
dubius		- Convention de Bonn: Annexe II, Accord AEWA;
		- Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine : préoccupation mineure ;
		- Liste rouge mondiale de l'UICN : préoccupation mineure ;
		- Oiseaux protégés : Article 3.
Pluvier argenté <i>Pluvialis</i> squatarola		- Convention de Berne: Annexe III;
		- Convention de Bonn: Annexe II, Accord AEWA;
		- Liste rouge des oiseaux non nicheurs de France métropolitaine (hivernants) : préoccupation mineure
		- Liste rouge mondiale de l'UICN : préoccupation mineure ;
Différentes espèces d'anatidae (canards)		- Certaines sont règlementées que ce soit au niveau communautaire, au niveau international ou au niveau national



Etude du système hydrosédimentaire du Lac d'Hossegor



Photos	Règlementations
	- Espèce invasive
	- Espèce invasive
	- Espèces végétales en région Aquitaine : Article 1
	 Espèces végétales en région Aquitaine : Article 4
	 Espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire : Article 1 Livre rouge de la flore menacée de France - Tome I : espèces prioritaires (1995) : Rare
	Photos



