HAL
open science

La submersion marine et ses impacts environnementaux et sociaux dans le Bassin d'Arcachon : est-il possible, acceptable et avantageux de gérer ce risque par la dépoldérisation ?

Lydie Goeldner-Gianella, Frédéric Bertrand

To cite this version:

Lydie Goeldner-Gianella, Frédéric Bertrand. La submersion marine et ses impacts environnementaux et sociaux dans le Bassin d'Arcachon : est-il possible, acceptable et avantageux de gérer ce risque par la dépoldérisation ?. [Rapport de recherche] BARCASUB. 2013. hal-01217356

HAL Id: hal-01217356

https://hal.science/hal-01217356v1

Submitted on 19 Oct 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

BARCASUB : "La SUBmersion marine et ses impacts environnementaux et sociaux dans le Bassin d'ARCAchon (France) : est-il possible, acceptable et avantageux de gérer ce risque par la dépoldérisation ?"

BARCASUB : "Coastal flooding and its environmental and social impacts in the Arcachon Basin (France) : is it possible, acceptable and beneficial to manage this risk through depolderisation ?"

RAPPORT DE SYNTHÈSE

N° de contrat : n°L.9-0006635
Date de notification du contrat : 16/12/2009
Date de remise du rapport final : juillet 2013

Responsable scientifique du projet :
Laboratoire UMR 8586 PRODIG (Pôle de Recherche pour l'Organisation et la Diffusion de l'Information Géographique), Institut de Géographie - 191, rue Saint Jacques, 75005 Paris.
Co-responsables du projet : Lydie GOELDNER-GIANELLA et Frédéric BERTRAND

Autres partenaires scientifiques bénéficiaires :

Partenaires gestionnaires :

I. PROBLÉMATIQUE SCIENTIFIQUE ET CONTEXTE LOCAL

A. Problématique du programme BARCASUB

La tempête Xynthia de février 2010 a rappelé la vulnérabilité des côtes basses du littoral atlantique français à l'aléa submersion marine, comme ce fut déjà le cas de la tempête Klaus en 2009, sur le littoral landais notamment, ou des tempêtes de 2008 et 1999. La question de la récurrence des submersions et de la maîtrise de leurs impacts est désormais posée, au regard du changement climatique et du mouvement de littoralisation. L'acceptation sociale d'une gestion du risque de submersion paraît souhaitable compte tenu des dernières prévisions du GIEC et des incertitudes relatives à l'augmentation de la tempétuosité en Atlantique Nord. En l'occurence, en dépit de leur situation abritée, les polders de la rive Est du bassin d'Arcachon sont régulièrement submergés et connaissent des ruptures de leurs digues - que l'on peut qualifier de "dépoldérisation accidentelle" (ce fut le cas entre 1782 et 1826 à Graveyron et au Teich et dans les décennies 1990 et 2000 à Graveyron et Malprat). Ainsi, si le bassin d'Arcachon est une zone particulièrement appropriée pour l'étude du risque de submersion, il l'est également pour une réflexion sur le choix de la dépoldérisation comme mode de gestion de ce risque : outre les dépoldérisations accidentelles qui ont été maintenues, une dépoldérisation a été volontairement réalisée dans la comune de La Teste-de-Buch. Nous entendons par dépoldérisation la réouverture des polders à la mer, au moyen de procédés variés utilisant des écluses, des brèches ou des démantèlements de digues. Le bassin d'Arcachon constitue une zone test particulièrement appropriée pour l'étude de la dépoldérisation, alors que ce mode de gestion est encore peu pris en considération dans les politiques nationales. En effet, à la différence de nos voisins européens, il a fallu attendre la stratégie nationale d'adaptation au changement climatique, puis les propositions du Grenelle de la Mer en 2009, pour voir apparaître les premières recommandations relatives au repli stratégique et à l'élaboration de plans de retrait associés à des sites-pilotes. Mais la dépoldérisation n'était pas encore clairement évoquée dans ces plans, pas plus que dans l'ouvrage du Ministère de l'Ecologie publié en 2010 sur la gestion du trait de côte en France - ouvrage qui ne la mentionnait pas comme méthode souple de défense face à la mer. Ultérieurement, le Plan Submersions Rapides (2011) a consisté, tout au contraire, en des financements pour des renforcements d'ouvrages de protection, telles les digues. Ce n'est donc que tout récemment qu'un intérêt pour la dépoldérisation s'est indirectement manifesté dans la "Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte : vers la relocalisation des activités et des biens" (DGALN, 2012). En effet, celle-ci expose que "*le trait de côte est mobile et ne peut pas et ne doit pas être fixé partout*". La stratégie recommande entre autres de "*recourir à des techniques souples de gestion du trait de côte pour les secteurs à densité moyenne ou à dominante agricole*" et de "*restaurer les écosystèmes côtiers (telles les zones humides) qui constituent des espaces de dissipation de l'énergie marine*". On peut comprendre, par là, qu'une réflexion sur la dépoldérisation est désormais envisageable, un programme ayant été récemment financé autour de l'expérimentation de la relocalisation des activités et des biens (APR MEDDE, 2012). Le programme BARCASUB, déposé en 2009, s'inscrit pleinement dans cette ligne, quand bien même ses préconisations concernent la restauration de milieux naturels et la relocalisation d'activités extensives sans impacts cruciaux sur les populations.

Ce programme associe cinq équipes scientifiques (les UMR PRODIG, EPOC, LGP, le BRGM et l'EA PRISM) et quatre partenaires gestionnaires, et s'inscrit dans les axes 2 et 3 de l'APR Liteau 2009. Son objectif est de répondre à la question suivante : comment scientifiques et gestionnaires peuvent-ils amener les élus et la population du Bassin d'Arcachon, de plus en plus sensibilisés au risque de submersion marine, à s'approprier la pertinence d'une gestion de ce risque par la dépoldérisation, alors que celle-ci est traditionnellement perçue comme un facteur aggravant la vulnérabilité ? Ce programme vise également à montrer que gérer ce risque par la dépoldérisation permettrait non seulement de répondre aux impacts négatifs des submersions marines, mais aussi d'assurer une grande diversité de fonctions et de services : défense douce contre la mer, conservation de la biodiversité, diversification paysagère, tourisme et loisirs de nature. Les différents gestionnaires impliqués dans le programme considèrent ces questions comme essentielles. Il s'agit du Conservatoire du Littoral dont trois propriétés - les polders de Certes, Graveyron et Malprat - ont été intégrées au programme, du SIBA (Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon) qui exerce ses compétences dans les communes du bassin et sur le DPM, du Conseil Général de Gironde, gestionnaire des sites du CELRL et déjà promoteur de la dépoldérisation dans la Gironde, et du Conseil Régional qui soutient des études scientifiques et des travaux de restauration et protection du littoral.

Quatre sites, de caractéristiques voisines, tant aux plans physique et patrimonial que territorial et socio-économique, ont été retenus. Parmi eux, le polder de Graveyron (135 ha) à Audenge est le seul à avoir bénéficié d'un premier suivi scientifique sur le risque de submersion, ses impacts écologiques et la perception de sa dépoldérisation accidentelle par les promeneurs qui le fréquentent assidument (Goeldner-Gianella *et al.,* 2003). Le polder de Malprat (140 ha) à Biganos, dont le schorre se reconstitue beaucoup plus rapidement qu'à Graveyron malgré une dépoldérisation accidentelle plus récente, est pour sa part un terrain privilégié d'étude des impacts physiques et écologiques de la dépoldérisation, et notamment des effets ambivalents de l'envahissement de la Spartine. Au contraire des deux précédents, le Domaine de Certes (350 ha), également propriété du CEL est resté intégralement endigué. Le site est géré pour l'accueil des oiseaux, tout en étant ouvert au public et en comprenant quelques activités agricoles extensives (Baron-Yellès, 2002). Les marais non endigués de Lanton, situés au nord de Certes, présentent l'intérêt d'être restés soumis aux marées, alors que le schorre a fortement régressé dans d'autres secteurs du bassin depuis les années 1960 (Soriano-Sierra, 1992). Si les marais de Lanton sont situés dans une zone relativement abritée, ils offrent néanmoins un

cadre de comparaison pour étudier l'efficacité de la protection contre la mer induite par une rive naturelle en la comparant à celle de rives endiguées ou dépoldérisées. La comparaison des sites a été conduite à travers la caractérisation des impacts prévisibles d'une submersion marine et des enjeux concernés, tant sur le plan physique que socio-économique.

Cette étude comparée vise aussi à mettre en exergue les avantages d'une submersion contrôlée des marais endigués (dépoldérisation) par rapport à une submersion naturelle, quand bien même leurs impacts bio-physiques peuvent paraître similaires. En effet, des études récentes ont montré l'intérêt multiple de la dépoldérisation selon les divers acteurs européens qui la mettent en œuvre, qu'il s'agisse de protecteurs de l'environnement, d'aménageurs, d'ingénieurs de la défense côtière ou de collectivités territoriales (Ledoux *et al.,* 2005 ; Goeldner-Gianella, 2013). Au plan défensif, le programme BARCASUB permettra de réfléchir au rôle de la végétation dans l'atténuation de la houle ainsi qu'à celui de la Spartine anglaise dans la biodiversité des polders rendus à la mer. Les Britanniques sont les initiateurs et les praticiens les plus avancés, en Europe, de l'utilisation des schorres dans la défense douce face à la mer, sur la base de leur capacité d'atténuation de la houle (Pethick, 2002) : 60 % des sites dépoldérisés en Europe se localisent au Royaume-Uni. Mais des travaux scientifiques montrent que le rôle protecteur du schorre ne fonctionne que dans des contextes géomorphologique et biogéographique particuliers, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des sites dépoldérisés (French, 2006 ; Wolters *et al.,* 2005 ; Shepard *et al.,* 2011), et qu'il demande à être validé en période de tempête (Niemeyer et Kaiser, 2001). Sur le plan écologique, les scientifiques devront s'assurer des possibilités de restauration de l'ensemble du spectre floristique des marais atlantiques et non uniquement de *Spartina anglica,* plante invasive déjà largement répandue dans le nord du bassin d'Arcachon (Le Nindre *et al.,* 2004 ; Pedreros *et al.,* 2005). Au plan économique et patrimonial, il serait utile de réfléchir à l'évolution possible de l'agriculture et du tourisme de nature, surtout dans la frange orientale du bassin, moins développée au plan touristique.

Ainsi, le choix a été fait de privilégier un problème sociétal majeur, le risque de submersion, et un mode de gestion *a priori* bénéfique aux yeux des scientifiques, la dépoldérisation. Nous avons par conséquent décidé ne pas aborder d'autres aspects liés à la dépoldérisation tels que le rôle des nappes phréatiques dans le fonctionnement hydrologique des marais, la recolonisation faunistique des sites dépoldérisés ou leur rôle comme frayères ou zones d'épuration des eaux (Barnaud et Fustec, 2007) - aspects qui constitueront des perspectives scientifiques intéressantes. Dans le cadre de cette réflexion axée sur une problématique de risque, il a paru essentiel de prendre en considération l'avis des gestionnaires, mais aussi des acteurs locaux, des usagers des polders et des habitants. Cette prise en compte s'est faite à travers une large enquête mais aussi par le biais d'un comité consultatif. Ces avis extérieurs, bien que parfois ambivalents ou différents de ceux des gestionnaires du programme, nous ont permis d'élargir notre réflexion à tous les champs du possible et notamment à tous les modes possibles de gestion des digues. En cela, nous avons suivi les recommandations initiales du Conseil scientifique de Liteau. Cela nous a d'ailleurs amenés à proposer *in fine* des dépoldérisations spatialement limitées, avec conservation, dans une large partie des sites, d'une gestion défensive et d'usages locaux traduisant une forte appropriation territoriale.

B. Entre chasse et nature : un contexte particulier au fond du bassin d'Arcachon

La poldérisation s'est imposée dans le fond du Bassin d'Arcachon entre les XVIIIe et XIXe siècles. Les polders, connus localement comme des « domaines », furent généralement créés pour développer la saliculture. Pour accroître leur rentabilité, ces domaines se tournèrent rapidement vers la pisciculture (Graveyron a d'emblée été créé à cette fin), une activité qui se maintiendra pendant près de deux siècles avant de décliner à partir des années 1960, du fait de l'augmentation des coûts de main d'œuvre et d'entretien des digues. Si certains propriétaires ont songé à y développer le tourisme, leur rachat par des acteurs publics a modifié la donne. Depuis les années 1970, plus de 800 ha de polders, situés du delta de la Leyre jusqu'au domaine de Certes sont ainsi passés sous maîtrise foncière publique. La première de ces acquisitions publiques remonte à 1972, lors de la conversion en parc ornithologique communal des polders du Teich. La Fédération des Chasseurs de Gironde a acquis Boucolle en 1978 et le Conservatoire du Littoral est intervenu de 1984 à 2002, au départ en réponse à un projet de marina à Certes, pour acquérir progressivement les domaines de Certes, Fleury, Graveyron et Malprat. Ces derniers sont gérés par le Conseil Général de Gironde ou la commune de Biganos (pour Malprat). Si quelques polders du fond du bassin restent privés, tous seront à terme publics et convertis en espaces naturels sensibles car ils ont été placés en zone de préemption par le Conseil Général. D'autres acteurs territoriaux mènent localement une politique environnementale. Ainsi, le PNR des Landes de Gascogne s'est construit autour de la Leyre et de sa façade maritime à partir des années 1970, avant de s'élargir vers le nord jusqu'à Audenge et prochainement Lanton. Ce parc souhaite promouvoir une gestion globale des polders en leur trouvant des complémentarités et des enjeux à partager en rapport avec l'avifaune ou la biodiversité. Le futur PNM s'est aussi fixé un objectif de bon fonctionnement et de valorisation des polders. Le fond du bassin est actuellement marqué par l'essor d'un tourisme très différent de celui d'Arcachon ou de la façade maritime de la lagune : le tourisme de nature. Celui-ci a pris précocement son essor avec la création du Parc Ornithologique du Teich en 1972, devenu "réserve ornithologique" en 2013, dont le nombre de visiteurs a dépassé 70 000 visiteurs par an depuis le milieu des années 1990. Ce tourisme touche désormais l'ensemble du bassin d'Arcachon, promu pour son « patrimoine naturel d'exception » et « ses trésors de nature ». Le fond ou le « cœur du bassin » est particulièrement apprécié car il comprend un tiers des sites proposés à

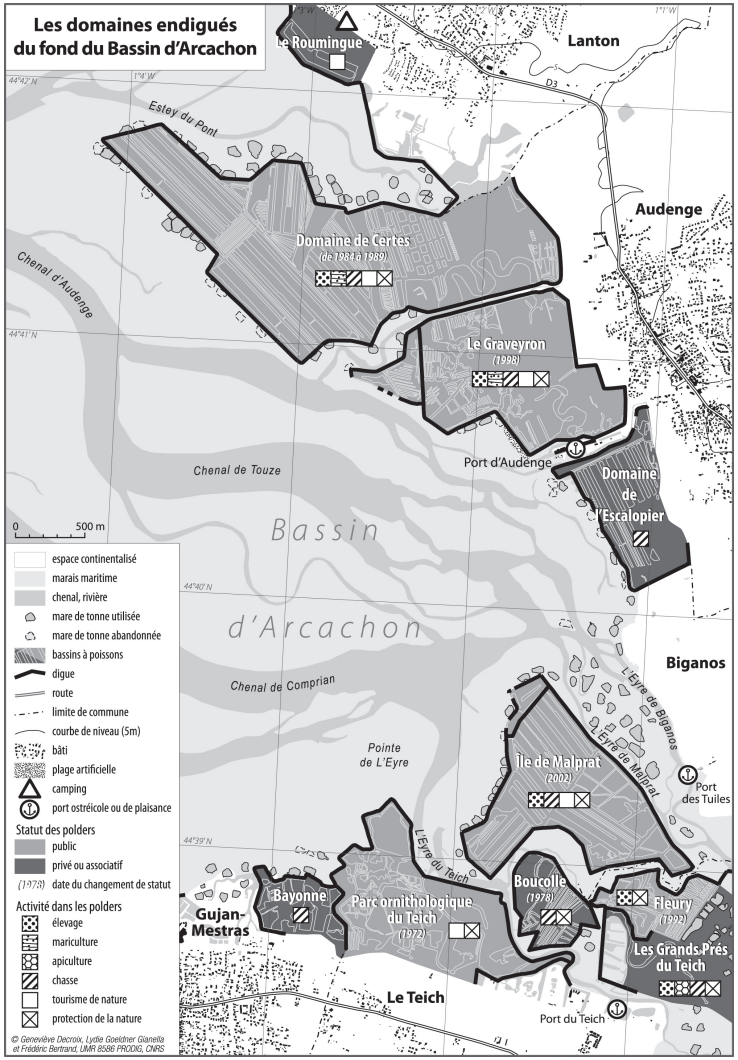

Figure 1 : Statut foncier, activités et usages pratiqués dans les polders du fond du bassin d'Arcachon

la visite[1], avec notamment cinq polders ouverts au public sur un linéaire de 15 kilomètres. À ce sujet, un partenariat inédit a été monté entre le Pays, le Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon et le PNR, autour d'un engagement de préservation des patrimoines et de sensibilisation du public. L'Office Intercommunal de Tourisme vise de son côté à faire du cœur de bassin une destination touristique à part entière, attirant les visiteurs toute l'année. Ces choix sont à mettre en rapport avec l'inscription des polders depuis deux décennies, sous divers inventaires ou statuts de protection : ZNIEFF I, Natura 2000, sites classés et inscrits, PNR, espaces remarquables de la Loi Littoral, site Ramsar, PNM etc. Les PLU des communes riveraines accordent également une large place à l'environnement : les domaines sont classés

[1] http://www.parc-ornithologique-du-teich.com/PDF/eco_carte_arcachon.pdf

en zone de protection forte NLr ou en espace remarquable au titre de l'article L146-6 de la loi Littoral (seuls des aménagements légers sous certaines conditions y sont possibles). Les secteurs situés à l'arrière des polders sont considérés comme des zones humides en relation fonctionnelle avec les polders, de même que comme espaces tampons entre l'urbanisation et le bassin. Dans le même esprit, le SCOT respecte l'intégrité patrimoniale et écologique des polders et préserve leur capital naturel exceptionnel, tout en confortant la vocation éco-touristique du territoire.

L'exploitation des polders du programme BARCASUB, en relation avec des objectifs de gestion écologique, est peu à peu devenue plus extensive. Actuellement, un éleveur de bovins exploite 200 ha de prairies répartis sur cinq polders du Conservatoire. La pisciculture est de nouveau pratiquée à Certes depuis la fin des années 1990 : le pêcheur récolte annuellement jusqu'à 3 t de crevettes et 2 t d'anguilles. Le Conseil Général estime que 50 000 personnes se rendent chaque année au domaine de Certes, ce que confirment les comptages effectués par nos soins : ce sont 3 500 promeneurs qui se sont rendus dans le polder de Graveyron dans la semaine du 18 juillet 2011 et plus de 1 800 au domaine de Certes, un quart environ de ces promenades se faisant à vélo. À Malprat, que l'on visite uniquement avec un guide, les curieux étaient au nombre de 400 en 2010. Notre enquête sociale a montré que 80 % des personnes interrogées à Certes et Graveyron y restaient plus d'une heure : 90 % d'entre eux y viennent pour la promenade, 40 % pour des activités liés à la nature. La chasse se pratique soit à l'intérieur des propriétés du Conservatoire du littoral (à Certes et Malprat, du fait du maintien de traditions locales), soit sur le Domaine Public Maritime (DPM), immédiatement en contrebas des digues, sur l'estran où ont été construits de nombreux lacs de tonne et leurs cabanes. S'il s'agit d'une activité spatialement discrète, celle-ci a des conséquences physiques et sociales importantes, tant au plan sectoriel de la gestion des digues qu'en termes plus généraux de choix de gestion, entre poldérisation et dépoldérisation.

II. MÉTHODOLOGIE DU PROGRAMME BARCASUB

Évaluer la vulnérabilité des polders et des marais de la rive interne du bassin d'Arcachon à la submersion marine et examiner les possibilités de réponse à ce risque par la dépoldérisation a demandé un diagnostic très large que les scientifiques du programme ont mené conjointement, en évaluant à la fois la submersibilité du fond du bassin (A), la capacité d'adaptation des marais à cet aléa (B), la vulnérabilité socio-économique à la submersion (C) et les représentations sociales de la dépoldérisation (C), comme ses avantages et ses coûts sur divers plans (D). Cette analyse complexe a permis d'aboutir à des préconisations de gestion des digues, dont la méthodologie apparaît reproductible.

A. Évaluation de la submersibilité

1. Topographie des lieux et hauteur du plan lors des épisodes tempétueux (BRGM, EPOC)

L'évaluation de la submersibilité à l'échelon local implique de croiser deux paramètres : la topographie du lieu étudié et la hauteur du plan d'eau lors des épisodes tempétueux. Les données à acquérir sur ces deux plans relèvent des méthodes suivantes : des sondages bathymétriques réalisés le long de douze profils d'une longueur de 250 à 2000 m, des levés topographiques à terre pour caractériser la topologie des digues ou la topographie des sites dépoldérisés, la cartographie des laisses et impacts de l'événement Xynthia et d'événements anciens de submersion pour compléter l'étude historique déjà réalisée, l'acquisition de mesures haute fréquence dans le secteur des passes afin de préciser les forçages météo-marins de l'aléa submersion, des mesures sur la mobilisation des sédiments et l'évolution morpho-dynamique, l'acquisition de données altimétriques du plan d'eau à l'échelle du bassin lors des épisodes tempétueux par modélisation.

2. Évaluation des niveaux marins extrêmes (LGP, BRGM)

Pour modéliser les niveaux extrêmes responsables des submersions au niveau des domaines étudiés, en fonction de plusieurs scénarios de tempête et d'élévation du niveau marin, quatre types d'opérations à plusieurs échelles spatiales et temporelles ont été réalisées. À moyen terme, la tendance évolutive du niveau moyen de la mer et de la fréquence et de l'intensité des tempêtes a été précisée ; à l'échelle du bassin d'Arcachon et de ses environs, des modèles numériques gigognes de la bathymétrie, nécessaires à la modélisation des évènements de tempête, ont été réalisés ; à court terme aux échelles régionale à locale, les hauteurs d'eau atteintes lors des évènements extrêmes ont été modélisées à l'échelle d'épisodes de tempêtes passées (Klaus, Xynthia) avec reconstitution des niveaux atteints à l'entrée et au fond du bassin par modélisation emboîtée (golfe de Gascogne, bassin d'Arcachon, domaines étudiés) en individualisant le part des différentes composantes qui interviennent dans la formation de ces niveaux ; enfin, à partir des résultats obtenus aux étapes précédentes, on a modélisé les niveaux extrêmes de tempêtes (scénario de *tempête horribilis*) pouvant être atteints au fond du bassin à marée haute pour différents coefficients de marée et différentes projection d'élévation du niveau marin pour le 21ème siècle (échéances 2030 et 2050). Les paramètres retenus au départ ont été les conditions de vagues et de vent de la tempête Klaus combinées avec les conditions de marée similaires à celles survenues lors de la tempête Xynthia. Mais au total, 20 scénarios ont été modélisés suivant les différentes situations marégraphiques. Les valeurs retenues pour l'élévation du niveau de la mer sont celles de l'hypothèse "extrême" proposée par l'ONERC (2011) soit une hausse du niveau moyen de la mer de 25 cm en 2030 et 50 cm en 2050.

3. Modélisation des niveaux extrêmes "à terre" (PRODIG)

En dernier lieu, il convenait de produire une cartographie de l'aléa submersion en simulant la propagation de l'eau à l'intérieur des terres à partir des estimations des niveaux marins extrêmes modélisées. Pour cela, PRODIG a développé un programme de calcul qui permet, pour une hauteur d'eau fixée, de propager le volume d'eau correspondant, de proche en proche, en fonction des différences d'altimétrie et de hauteur d'eau entre cellules voisines. L'algorithme procède par itérations successives, jusqu'à ce que la totalité du volume initial calculé se soit propagée. Pour des raisons de temps de calcul informatique, deux scénarios modélisés ont été retenus : un premier scénario, actuel, correspondant à une tempête *horribilis* survenant lors d'une MHVE moyenne (coefficient de marée de 95) sans prise en compte d'une élévation du niveau marin - ce qui nous donne un niveau d'eau modélisé à 4,44 m - et un deuxième scénario identique mais intégrant une élévation du niveau de la mer de 25 cm à l'horizon 2030, dans le cas d'un scénario non "extrême" mais "pessimiste" - soit un niveau d'eau modélisé à 4,69 m. Le choix d'une tempête de coefficient 95 a été retenu en raison de la périodicité moyenne plus élevée que l'événement extrême d'inondation. Ce niveau coïncidait d'ailleurs avec la hauteur de digue la plus élevée au SW du polder de Certes. Les résultats obtenus ont été comparés à ceux obtenus par un algorithme de calcul beaucoup plus rapide, ne prenant en compte que les hauteurs d'eau et travaillant en volume d'eau infini.

B. Évaluation de la capacité d'adaptation des marais à la submersion (PRODIG)

Le second volet du diagnostic de vulnérabilité visait à évaluer le potentiel de préservation des marais maritimes face à l'évolution du niveau moyen de la mer et des conditions d'agitation marine à l'intérieur du bassin d'Arcachon ainsi qu'à préciser leur rôle de régulation des marées de tempête susceptibles de submerger les rives internes de la lagune. Les travaux conduits dans cette étude devaient ainsi permettre de préciser les conditions de maintien de l'équilibre bio-sédimentaire des estrans sablo-vaseux du fond du bassin en fonction non seulement de la submersibilité étudiée précédemment (cf. supra, III. A), mais également des deux autres paramètres essentiels que sont, d'une part, l'accrétion sédimentaire à la surface des marais et, d'autre part, la dynamique de la végétation halophile dans les secteurs déjà partiellement rendus à la mer. En terme d'expression de la vulnérabilité côtière, la première variable peut être assimilée à la « sensibilité » des habitats aux effets destructeurs (érosion) ou constructeurs (sédimentation) des marées de tempêtes tandis que la seconde représente leur « capacité d'adaptation » (résilience) à l'échelle de l'ensemble d'un secteur face aux changements environnementaux. Les besoins de connaissance et de suivi ont conduit à développer deux approches complémentaires : des suivis stationnels de l'accrétion sédimentaire et de la biodiversité, effectués selon une fréquence pluri-mensuelle, et une cartographie sectorielle détaillée des habitats, de façon à évaluer dans quelle proportion et selon quelles modalités spatiales, floristiques et structurales, la perte de marais salés en front de domaine endigué - consécutive à un renforcement de l'érosion - pouvait être compensée par la reconquête du schorre dans les marais dépoldérisés et régulièrement submergés.

C. Évaluation de la vulnérabilité socio-économique et de la dépoldérisation comme mode de gestion du risque (PRODIG, PRISM)

Le troisième volet du diagnostic scientifique se décompose en a) une analyse de la vulnérabilité économique et sociale à la submersion, à la fois dans les trois polders et sur la rive adjacente, et b) à un examen de l'intérêt de la dépoldérisation et de la restauration des marais comme mode de gestion du risque submersion, en comparant cette dernière à d'autres modes possibles de gestion. Une palette variée de techniques d'enquête a été mise en place pour établir ce diagnostic et renforcer la validité des résultats. Les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité économique et sociale de la rive (a) se décomposent en techniques d'enquêtes (73 entretiens et 675 questionnaires pour une 1ère enquête / PRODIG), en une évaluation économique des usages récréatifs (2nde enquête auprès de 176 promeneurs / PRISM) et en une méthode d'évaluation de la valeur et de la vulnérabilité du bâti - à travers les Déclarations d'Intention d'Aliéner et une caractérisation *de visu* du bâti (PRODIG). Les méthodes d'évaluation des préférences de gestion (b) correspondent au questionnaire déjà évoqué et notamment à sa planche de scénarios schématisés (PRODIG), à des comptages de promeneurs (PRODIG) et à l'évaluation des préférences de gestion par la méthode du consentement à payer (3ème enquête auprès de 173 personnes / PRISM).

Pour interroger les usagers dans les trois polders, sur l'ensemble des digues utilisables et dans plusieurs communes, il a été décidé de montrer le paysage des polders et les différents choix de gestion des digues à travers une planche unique de scénarios dessinés (figure 2). Remplaçant un discours complexe sur la "dépoldérisation" - terme lui-même peu connu -, cette planche représente l'ensemble des modes possibles de gestion des digues, à l'avenir, en allant du maintien en l'état (appelé "sans changement" ou scénario A) au "renforcement" des digues - par rehaussement (B), ajout de sable (C), ajout de pieux et d'enrochements (D) - ou à la dépoldérisation sous ses différentes formes : à travers une écluse (E), au moyen d'une brèche (F) ou par le biais d'un démantèlement de la digue de mer (G). Un dessin initial montrant la totalité des polders dans leur état actuel était expliqué aux personnes interrogées. Les scénarios A à G reprenaient systématiquement ce dessin initial en indiquant 1) les particularités de chaque mode de gestion par une expression écrite en rouge et 2) les effets de chaque mode de gestion au moyen d'une légère transformation du dessin, généralement en rouge également. Ces dessins ont été largement discutés et validés entre scientifiques, de même qu'au sein du comité de pilotage et du comité consultatif avant d'être utilisé sur le terrain auprès de 675 usagers et riverains et 73 acteurs locaux.

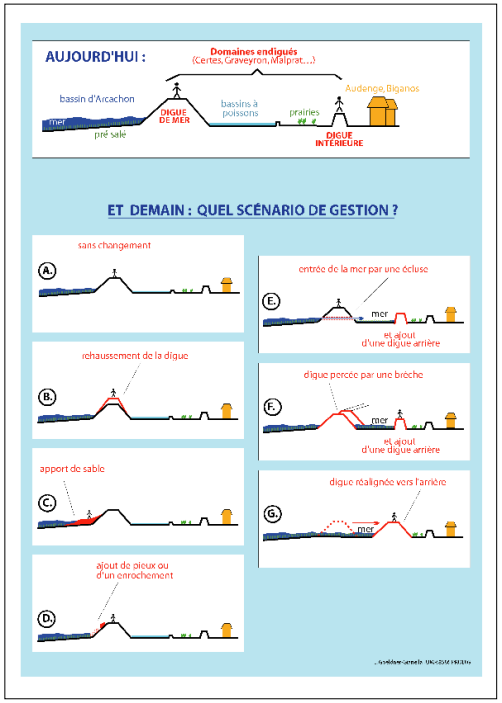

Figure 2 : Planche des scénarios possibles de gestion systématiquement utilisée dans les enquêtes de BARCASUB

D. Évaluation du croisement enjeux/aléa et élaboration de préconisations de gestion (PRODIG)

Sur la base des analyses scientifiques initiales, nous avons produit des propositions plus opérationnelles de gestion pour Certes, Graveyron et Malprat. Ces propositions reposent sur une méthodologie d'évaluation spatialisée des enjeux et de l'aléa et du croisement aléas/enjeux, que nous pensons en partie reproductible dans d'autres projets de dépoldérisation. L'évaluation des enjeux au sein des polders a été opérée sur la base d'une répartition en grandes catégories : enjeux de production (pêche et élevage), enjeux récréatifs (chasse, promenade) et enjeux patrimoniaux (patrimoine naturel : flore et avifaune, et patrimoine culturel). Dans le cas de Malprat, un enjeu sanitaire lié au contrôle des moustiques a été pris en compte. Cette évaluation s'est appuyée sur différentes données, tant bibliographiques qu'issues du terrain, par comptages, relevés ou entretiens. Sur la base d'informations spatialisées à l'échelle des unités de gestion des polders[2] ou des digues, nous avons évalué l'importance respective des enjeux, en choisissant d'utiliser la même gradation dans chaque site et pour chaque enjeu : enjeu absent ou faiblement présent : noté 0 ; enjeu moyennement présent : noté 1 ; enjeu fortement présent : noté 2. Dans chaque polder, les notes obtenues ont été additionnées et leur ampleur qualifiée de faible, de moyenne ou de forte. Devant la diversité de points de vue des acteurs, nous avons décidé d'établir une triple évaluation de ces enjeux : conservant d'une part un scénario égalitaire dont l'objectif revient à *"respecter la pluralité des enjeux"*, nous lui avons adjoint deux autres modes d'évaluation, correspondant soit à la volonté de *"privilégier la conservation du patrimoine naturel"* à l'intérieur des polders, soit à celle de *"privilégier l'accueil du public"* sur les digues de ceinture. Ces 2nde et 3ème évaluations des enjeux ont été opérées en appliquant un coefficient multiplicateur aux enjeux naturels ou aux enjeux récréatifs. En parallèle, l'exposition à l'aléa a été évaluée en distinguant trois grands facteurs d'endommagement potentiel, intervenant aux différentes étapes du mécanisme de submersion. Le premier facteur concerne l'état de dégradation du schorre au vu d'une déstructuration morphologique largement imputable à la création des lacs de tonnes, en particulier dans les secteurs en pointe les plus exposés au clapot. Le second facteur intervenant dans le déroulement des submersions, toutes modalités confondues (débordement, franchissement, intrusion par brèche), est l'état du réseau des digues. Compte tenu

[2] Les enjeux présents sur les digues ou à proximité de celles-ci ont été associés au casier adjacent.

de la part dévolue au débordement par rapport au franchissement *stricto sensu* dans les scénarii de submersion tant prospectif qu'actuel, les variations du profil longitudinal des digues, construites à partir des données LIDAR, ont été considérées comme étant un indicateur pertinent de l'état des digues. Le dernier paramètre à considérer est la morphologie interne aux polders, sur laquelle se surimposent les niveaux d'eau extrêmes. Là encore, la restitution des levés LIDAR sous forme de MNT permet de mesurer avec une grande précision des hauteurs d'inondation potentielle en fonction de la propagation de l'onde de marée à l'intérieur des polders – selon un niveau extrême de 4,69 m.

Pour croiser aléas et enjeux, nous avons soustrait les valeurs attribuées aux enjeux des valeurs attribués à l'aléa, de façon à obtenir une échelle d'"*éligibilité à la dépoldérisation*". Cette éligibilité correspond à une valeur variant de -17 à +4, selon les sites, les objectifs et les unités de gestion considérés. Les valeurs positives ou légèrement inférieures à 0 traduisent une plus forte éligibilité à la dépoldérisation, car elles correspondent soit à des aléas plus importants, soit à des enjeux plus faibles. Ces croisements ont permis d'aboutir à une dizaine de propositions de gestion, 4 pour Certes et pour Graveyron, 2 pour Malprat. Nous avons, en dernier lieu, établi le bilan coûts/avantages de chacune de ces propositions - bilan livré sous forme d'un tableau comparatif et de fiches opérationnelles. Trois critères, autant qualitatifs que quantitatifs, ont été pris en considération dans ce bilan : a) les coûts des différents modes de gestion des digues, b) le devenir des objectifs de gestion et des enjeux en cas de dépoldérisation, c) le potentiel de reconquête des sites dépoldérisés par un schorre. Les coûts des différents modes de gestion des digues (a) ont été établis avec le Conseil Général : ils concernent le renforcement des digues - que nous assimilons à de l'entretien -, le rehaussement des digues - en dépit de la difficulté à transformer désormais les digues pour des raisons juridiques - et la dépoldérisation à travers une écluse ou une brèche, éventuellement stabilisée. Concernant le rehaussement des digues, nous avons décidé de proposer une hauteur maximale de 4,70 m, proche du niveau maximal atteignable en 2050, ce qui reviendrait à rehausser les digues en moyenne de 1,30 m à Certes et Graveyron et de 1 m à Malprat. L'ensemble des coûts est fortement dépendant de la conjoncture économique, notamment lorsque des enrochements doivent être utilisés. Le renforcement des digues reste inférieur à leur rehaussement, pas nécessairement en mètres linéaires, mais du fait de la généralisation de ce rehaussement qui nécessiterait de remettre à niveau une trentaine d'écluses. La dépoldérisation n'est pas forcément la solution la plus avantageuse si elle impose la construction d'une digue arrière, la dépoldérisation utilisant une écluse étant de surcroît plus coûteuse qu'une dépoldérisation par brèche non stabilisée. Toutefois, ces coûts n'ont pas de valeur en soi ; ils doivent être précisément calculés au cas-par-cas, selon la configuration du système défensif considéré. En cas de dépoldérisation (b), certains enjeux évolueront plus favorablement que d'autres : la promenade dont on peut imaginer le maintien au moyen de passerelles implantées au-dessus des brèches, la chasse, dont on peut considérer que les tonnes et leurs lacs sont déplaçables, l'élevage en partie transformable. Passer de l'élevage de bovins sur prairies humides à un élevage ovin sur prés salés serait viable à condition de conserver un troupeau de soixante vaches, d'y adjoindre une centaine de brebis et de bénéficier de zones de repli dans les polders. Enfin, le potentiel de reconquête par un schorre des zones dépoldérisées (c) dépend de l'étendue de la surface s'inscrivant dans une tranche altimétrique allant de 0,66 m à 2,38 m NGF à Graveyron et de 1,13 m à 2,80 m NGF à Malprat, afin de permettre la réimplantation des espèces les plus adaptées à une restauration écologique. Ce potentiel de reconquête répond à un enjeu défensif - en corrélation avec l'atténuation de la houle - et à un enjeu patrimonial.

III. RÉSULTATS DU PROGRAMME BARCASUB

A. Résultats scientifique

A.1 Évaluation de la submersibilité des polders et des rives

A.1.1. Apports de le tempête Xynthia à partir des observations et des enregistrements (EPOC, BRGM)

Le suivi par des ALTUS (EPOC) a permis d'enregistrer les effets de la tempête Xynthia sur 2 sites instrumentés (Germanan et Comprian). L'enregistrement à Germanan a mis en évidence les conditions exceptionnelles de l'événement. En effet, la marée montre une surélévation du niveau moyen avec une pleine mer de presque 1m au-dessus de la valeur normale. La hauteur significative des vagues est également exceptionnellement élevée, avec des valeurs atteignant 1 m à pleine mer. Grâce à des observations de terrain, le BRGM a pu dresser une cartographie précise mais non exhaustive des zones submergées et des niveaux d'eau atteints à terre. L'ensemble du pourtour du Bassin d'Arcachon a été affecté par la submersion marine : les hauteurs d'eaux maximales mesurées peuvent atteindre 90 cm et s'étendre sur des distances allant jusqu'à plusieurs centaines de mètres à l'intérieur des terres depuis le trait de côte. À Certes, Graveyron et Malprat, la submersion s'est faite par débordement essentiellement, l'eau étant passée par-dessus les digues sans créer de brèche, inondant presque complètement les domaines. Certaines digues ont été fragilisées.

A.1.2. Apports des travaux de modélisation à partir des tempêtes Klaus et Xynthia (BRGM, LGP)

Des données plus anciennes de modélisation ont été fournies au programme BARCASUB par EPOC, concernant un suivi continu de la marée, des vagues et de l'évolution sédimentaire des estrans centraux, afin d'enregistrer les épisodes

de coup de vent qui génèrent du clapot. Ces données aideront à valider les modélisations des agitations, qui contribuent aux surcotes et au franchissement des digues en fond de bassin.

La modélisation numérique de l'altitude du plan d'eau du Bassin d'Arcachon réalisée dans le cadre de l'Observatoire de la Côte Aquitaine a conduit à la simulation de trois scénarii : la tempête Klaus du 24/01/2009, la tempête Xynthia du 27-28/02/2010 et un évènement potentiel caractérisé par les conditions météorologiques extrêmes de Klaus et les niveaux de marée extrêmes de Xynthia. Cette méthode de modélisation consiste à calculer les altitudes maximales du plan d'eau en tenant compte à la fois de la surcote atmosphérique, des niveaux de marée et de la surcote liée aux vagues (setup) - rarement prise en compte jusqu'à présent. A l'issue des simulations, les altitudes maximales du plan d'eau calculées à Andernos-les-Bains (Mugica *et al.,* 2010) sont de 3,28 m à 5h le 24/01/2009 (Klaus), 3,83 m à 5h le 28/02/2010 (Xynthia) et 4,45 m lors du pic de la tempête d'un scénario extrême imaginé. Ces simulations ont mis en évidence une forte influence du niveau de marée sur le fetch et donc sur la formation du clapot, la part importante de la surcote liée à la houle dans la surcote totale et donc son rôle considérable sur le processus de submersion marine et, enfin, l'influence de la morphologie de la lagune sur les altitudes du niveau d'eau. Cette étude de modélisation réalisée en 2010 pouvait être améliorée notamment par l'actualisation de la bathymétrie au niveau des passes et des chenaux de la lagune, une meilleure résolution du MNT, des données de vent plus précises, la caractérisation des événements de référence, etc. Ces résultats et les données issues de ces simulations ont été transmis au LGP, afin de caractériser l'aléa submersion marine à l'intérieur du Bassin d'Arcachon et sur les sites d'étude en particulier.

Intégrant les données de l'UMR EPOC et du BRGM, les travaux de modélisation du LGP ont fourni les résultats suivants, après une première harmonisation des données et une amélioration de la précision des modèles bathymétriques grâce à l'intégration de données LIDAR haute résolution (2005) fournies par le SIBA. Concernant le set-up, on constate que le set-up modélisé pour la tempête Klaus est nettement plus important que celui de Xynthia, ce qui est logique compte tenu de la hauteur des houles modélisée pour ces deux tempêtes faisant apparaître des valeurs maximales plus de deux fois supérieures lors de Klaus (près de 12 m *vs* près de 6 m) - ce qui est en cohérence avec les hauteurs enregistrées au large du Cap Ferret. Les résultats de la modélisation du clapot (modélisation SWAN en bassin fermé) montrent que les plus fortes vagues de clapot se retrouvent au niveau des passes et dans les chenaux, comme on pouvait s'y attendre. Elles peuvent ainsi atteindre des valeurs importantes, supérieures à 1,6 m et à 1 m à proximité des domaines de Certes et de Graveyron (secteur de Comprian). L'analyse des données du marégraphe d'Eyrac montre que des surcotes allant jusqu'à 50 cm ne sont pas chose rare à Arcachon et reviennent tous les ans. Les surcotes d'au moins 80 cm sont beaucoup moins fréquentes mais pas exceptionnelles non plus : une surcote de cet ordre survient en moyenne une année sur deux. Parmi elles, on compte une surcote de plus d'un mètre en 2008 et une autre en 2009 (1,79 m). L'analyse des données marégraphiques sur la période 1967-2011 montre une tendance à l'élévation du niveau moyen de la mer (+3,5 ±2,1 mm/an). Mais ces résultats ne sont pas significatifs en raison du caractère très lacunaire des enregistrements marégraphiques à Eyrac avant 2001. En conséquence, nous reprendrons les hypothèses formulées pour l'ensemble du littoral français par l'ONERC dans son rapport de 2011, pour l'élaboration de scénarii de tempête *horribilis*. Les paramètres retenus pour modéliser une telle tempête ont été les conditions de vagues et de vent de la tempête Klaus combinées avec les conditions de marée similaires à celles survenues durant Xynthia. Ces différents éléments aboutissent à des niveaux d'eau simulés de 4,62 m pour une tempête *horribilis* combinant les conditions de vagues et de vent de la tempête Klaus et les conditions de marée similaires à celles de la tempête Xynthia (coefficient102) et de 4,87 m si l'on y ajoute une élévation du niveau de la mer de 25 cm.

A.1.3. Cartographie de l'aléa submersion dans les polders et sur les rives (PRODIG)

La cartographie à terre de l'aléa submersion demande à ce que l'on détermine le volume d'eau global pouvant se propager à terre. En multipliant les débits de franchissement moyens par la longueur du linéaire considéré (8000 m au fond du bassin) et par la durée pendant laquelle on suppose que le niveau d'eau est stabilisé (1h), l'on obtient pour les deux scénarios 4,44 m et 4,69 m, un volume d'eau total égal respectivement à $36{,}4.10^6$ m^3 et 54.10^6 m^3. Afin de caler le modèle, nous nous sommes appuyés sur les relevés terrain post-Xynthia du BRGM, pour les deux scénarios modélisés, obtenant 11,25 millions de m^3 pour le niveau 4,44 m et 13 millions de m^3 pour le niveau 4,69 m. Ces volumes ont été utilisés pour les simulations de propagation. Les résultats obtenus pour les deux scénarios par propagation en volume infini sont très peu différents, en dépit d'une élévation du niveau de la mer. En revanche, la comparaison des résultats obtenus à partir des deux algorithmes montre des différences significatives. Du point de vue de l'extension spatiale, la submersion marine s'étend moins dans le cas de la simulation par propagation d'un volume d'eau global que dans le cas d'une simulation par propagation en volume infini quelque que soit le scénario considéré, la différence majeure étant localisée dans le delta de la Leyre. Ces cartes de l'extension de la submersion dans les polders et sur les rives seront utilisées pour estimer la vulnérabilité socio-économique de la rive et le potentiel d'adaptation des marais à l'aléa.

A.2. Une faible culture du risque de submersion conduisant à un refus paradoxal de la dépoldérisation

A.2.1. Une forte vulnérabilité sociale

La submersibilité des polders et de leurs rives étant clairement établie, examinons leur vulnérabilité au plan économique et sociale. On observe une certaine indifférence sociale à la submersion dans le fond du bassin d'Arcachon : 74 % des

300 résidents locaux interrogés à Audenge et Biganos estiment ce risque "inexistant à peu important dans leur commune". Les pratiques de construction renforcent cette impression : 92 % des habitants interrogés n'ont réalisé aucun aménagement chez eux pour se protéger de la mer. Nos observations de terrain dans les communes d'Audenge et de Lanton montrent que respectivement 3/4 et 2/3 du bâti, à l'ouest de la D3, se composent de maisons de plain-pied, c'est-à-dire dépourvues d'un étage où se réfugier. L'absence de culture du risque, largement évoquée à la suite de Xynthia, est ainsi patente dans ce secteur. Sans doute faut-il distinguer les populations présentes depuis longtemps sur la côte de populations nouvellement installées et moins conscientes des dangers liés à la mer. En l'occurrence, la croissance de la population a été très élevée dans le fond du bassin : à Audenge et Biganos, les taux de croissance ont atteint 2,7 et 2,4 % par an en moyenne de 1982 à 2006 (SCOT). Ce processus de littoralisation, doublé d'une forte périurbanisation depuis Bordeaux, explique que 55 à 60 % des ménages soient présents depuis moins de dix ans dans ces deux communes.

Les acteurs locaux, et notamment les représentants des collectivités territoriales ou les chasseurs, sont toutefois plus sensibilisés à la submersion que les habitants, notamment depuis la répétition d'épisodes tempétueux et du fait de leurs responsabilités ou de leurs pratiques. Le maire de Lanton, actuellement vice-président du Conseil général, a fait récemment ajouter la submersion marine aux missions du GIP "Littoral aquitain". Au Teich, l'actuel sénateur-maire se félicite que des emplacements réservés aient été prévus dans le PLU afin de pouvoir y construire des digues pour contrer les submersions attendues. Dans la réserve du Teich, on estime qu'il faut "*commencer à travailler sur l'inévitable"* (i.e. des brèches dans les digues, voire la perte d'un polder). BARCASUB est d'ailleurs considéré comme un révélateur du risque de submersion pour ce parc et de la nécessité d'y réfléchir. Ainsi, si les élus locaux sont davantage sensibilisés au risque, certains voient toutefois les polders comme des formes de protection face à l'aléa, dont ils souhaitent la prise en compte dans les PPRL.

A.2.2. Une plus faible vulnérabilité économique

Pour mieux comprendre la relative indifférence des riverains face à la submersion et l'écart qu'on observe avec leurs représentants, l'étude s'est intéressée aux dégâts et aux pertes financières occasionnés par les dernières tempêtes. Dans le cas du pisciculteur de Certes, les quelques centaines d'euros dépensés lors de chaque submersion correspondent à des réparations de filets et à de pertes de journées de pêche. Bien que dépourvu de craintes au départ, l'éleveur exploitant plusieurs polders du Conservatoire a acquis un terrain de 4 ha à quelques kilomètres de la mer, où il hébergera son troupeau de vaches durant l'hiver dans un nouveau bâtiment - pour un coût total d'environ 160 000 €. Si la submersion marine n'en est pas la cause directe, elle joue un rôle certain dans ce choix d'un dédoublement spatial de l'activité d'élevage. Pour la pratique de leur loisir, les chasseurs de l'ACMBA ont des coûts de réparation individuelle de leur tonne relativement élevés, de 2 000 € minimum après chaque grosse tempête. Cette charge est d'autant plus importante qu'elle conditionne la continuation même de l'activité de chasse dans le cadre du règlement de l'ACMBA. Pour les particuliers, nous n'avons pas pu établir un état des dégâts et des coûts, car les submersions n'ont pas encore frappé la zone bâtie dans ce secteur du bassin. Lorsque des adaptations sont effectuées (très rarement), elles consistent en une mise hors d'eau des installations électriques, en l'utilisation de matériaux plus résistants et, majoritairement, en un rehaussement du vide sanitaire ou du reste de l'habitation[3]. De la sorte, les coûts les plus élevés constatés dans nos sites d'étude concernent uniquement la réfection des digues. Les tempêtes de 1999, 2009 et 2010 ont entraîné des coûts de réparation et de renforcement de plus de 800 000 euros dans l'ensemble Certes-Graveyron. Sur la base de ces coûts, nous avons estimé, avec le Conseil Général de Gironde, que le montant d'un renforcement des digues allait de 200 €/ml à 900 €/ml, selon la nature des matériaux utilisés, la hauteur de la digue à renforcer, l'origine des matériaux utilisés. Ces coûts restent faibles lorsqu'on utilise de la terre prélevée à proximité, dans les polders, mais augmentent fortement si l'on emploie, pour les enrochements, des pierres très résistantes et importés de loin. Les responsables de la défense contre la mer insistent sur la très grande variabilité des coûts de renforcement et plus encore de construction des digues.

Cette vulnérabilité économique, pour l'heure, relativement faible, sera amenée à augmenter du fait d'une aggravation de l'aléa et d'une augmentation généralisée de la vulnérabilité sociale en rapport avec la poursuite de la littoralisation - même si la zone bordant les polders paraît peu concernée car placée en zone de préemption. La modélisation de PRODIG nous permet d'estimer les surfaces et le nombre de maisons qui pourraient être concernées par une submersion à une cote de 4,69 m : 20 000 m^2, une 40e de cabanes dans le port et une 20 e de bâtiments sur la rive d'Audenge, 1 500 m^2 et 5 bâtiments à Biganos, 45 000 m^2 et une 20 e de bâtiments au Teich. Si l'on tient compte des transactions immobilières réalisées autour de 2010, les terrains concernés ont actuellement une valeur d'environ 50 millions d'euros à Audenge comme à Biganos, mais la valeur des surfaces habitables touchées serait, pour sa part, dix fois plus élevée à Audenge qu'à Biganos, du fait d'une surface concernée plus étendue.

À l'issue d'une analyse de la vulnérabilité montrant une indifférence sociale au risque de submersion, en rapport avec une faible vulnérabilité économique à l'heure actuelle, nous pouvons nous attendre à une indifférence similaire à l'égard de la gestion des digues ou, du moins, à des préférences peu marquées entre les différents modes de gestion.

A.2.3. Un refus local de la dépoldérisation

Nos enquêtes sociale et économique aboutissent pourtant à une conclusion différente : les représentations sociales du

[3] À Lanton (Sampoux, 2012), les submersions récentes ont eu pour effet des dégâts sur le mobilier et l'immobilier, surtout dans le domaine électrique et dans celui des matériaux de construction, intérieurs et extérieurs.

risque de submersion et des modes de gestion sont défavorables à la politique de dépoldérisation. Dans l'enquête conduite auprès de 675 personnes, le renforcement des digues (choix des scénarios B, C et D sur la planche de dessins) est préféré aux scénarios de dépoldérisation (E, F et G) et ce qu'il s'agisse d'un enjeu défensif, paysager, écologique ou touristique. Dans le détail, le rehaussement de la digue l'emporte sur les autres modes possibles de gestion - si l'on tient compte d'enjeux défensifs -, mais est suivi d'assez près par la solution d'une dépoldérisation partielle à travers des écluses ; cette dernière l'emporte même sur le rehaussement lorsqu'on prend en considération des enjeux paysagers. L'analyse du consentement à payer aboutit à une conclusion similaire : les individus interrogés privilégient systématiquement le renforcement comme mode de gestion futur des digues de Certes, Graveyron et Malprat. Ils seraient prêts à faire un don de 43 € pour ce renforcement. Viennent ensuite, presque à égalité, deux modes de gestion contradictoires : la dépoldérisation pour laquelle les personnes interrogées seraient prêtes à dépenser 30 € et le maintien des digues en l'état pour lequel le montant moyen d'un don s'élèverait à 29 €. Les scénarios de paiement par ticket ou par l'impôt révèlent la même préférence pour le renforcement. Deux résultats majeurs ressortent dès lors de cette première analyse : l'importance pour la population interrogée des modes combinés de renforcement des digues, quel que soit l'enjeu ou le mode de paiement considéré, mais une certaine acceptation de la dépoldérisation via des écluses en cas d'enjeux paysagers et défensifs. Le refus généralisé de la dépoldérisation n'est pourtant pas unanimement partagé. Une analyse statistique multivariée met ainsi en évidence de forts contrastes entre groupes de populations : d'une part, les raisons de la fréquentation des polders sont amplement liées aux activités récréatives pour les populations les plus locales, alors qu'elles sont en rapport avec le tourisme de nature dans le cas des Aquitains[4]. D'autre part, les divergences d'opinions sur la dépoldérisation opposent deux populations au sein même du bassin en fonction de la proximité et de l'utilisation des polders : la population très locale refusant la dépoldérisation, au contraire des autres résidents du bassin.

Outre les populations, de nombreux acteurs ont été interrogés sur le risque de submersion et ses modes de gestion. On observe une franche opposition entre les choix des douze acteurs les plus locaux (acteurs de la gestion communale, chasseurs et exploitants de Certes et Graveyron) et de quinze autres acteurs du bassin d'Arcachon (dont les associations de protection de l'environnement et les propriétaires et gestionnaires des polders), voire d'autres acteurs plus extérieurs tels les scientifiques travaillant sur ce sujet. Les acteurs les plus locaux choisissent presque systématiquement, quel que soit l'enjeu considéré, des modes de gestion soit inchangés par rapport à la situation actuelle, soit tournés vers une défense dure contre la mer (B à D). Les deux autres groupes, dont la vision et l'implication sont moins strictement locales, proposent tant le recours à ces techniques dures que les trois types de dépoldérisation (E à G). Ces préférences contrastées tourne autour de représentations contradictoires des polders, considérés pour les uns en tant que territoire et pour les autres en tant qu'espace inclus dans une gestion plus globale. Parmi les acteurs et les usagers défendant une vision territoriale des polders ne se trouvent que des opposants à la dépoldérisation. Ceux-ci insistent sur le rôle que jouent les polders dans la protection contre la mer et sur le rôle joué par l'homme dans la création même des polders, et donc sur la légitimité à conserver ces espaces anthropisés face à des arguments naturalistes. Un troisième argument souligne la forte appropriation humaine de ces polders, devenus un véritable territoire local. *A contrario,* les acteurs publics et les gestionnaires considèrent les polders comme des espaces de nature identique : à inventorier, acquérir, protéger et gérer, mais cette vision ne les rend pas nécessairement partisans d'une dépoldérisation. Leurs arguments s'avèrent plutôt a-territoriaux, tournés vers une réflexion ou une gestion à une échelle plus large que celle des polders. Le PNR prône une gestion commune et globale de toutes les zones humides du delta et voit la dépoldérisation comme un risque de perte accrue des prairies, déjà en péril dans l'arrière-pays. L'association écologiste BAE raisonne également à petite échelle : la dépoldérisation ferait perdre, par grignotage depuis la mer, les dernières fenêtres naturelles du bassin. Certains scientifiques évoquent soit l'idée de favoriser dans les polders un repos biologique des crevettes favorisant la dissémination des œufs soit celle de faire du grossissement d'anguilles pour aider, là encore à une autre échelle, au repeuplement de régions extérieures – deux propositions incompatibles avec le retour incontrôlé de la mer. Au sein de ce groupe, les partisans de la dépoldérisation émettent des réflexions d'ordre philosophique, technique, financière ou scientifique. Les propriétaires (tel le Conservatoire du littoral) et les gestionnaires des polders évoquent la question des coûts d'entretien et de réparation des digues, amenés à s'accroître à l'avenir. Ils considèrent qu'utiliser le schorre comme technique douce d'atténuation de la houle serait moins coûteux, plus durable et réduirait le linéaire de digues à entretenir. Ils prônent une meilleure information de la population locale sur les avantages de la dépoldérisation. Certains gestionnaires imaginent aussi le service que des sites dépoldérisés pourraient rendre à la politique générale de démoustication, les mouvements récurrents des eaux marines empêchant tant l'éclosion des œufs de moustique que la survie des larves à marée basse. Enfin, certains scientifiques adhèrent à la dépoldérisation car les prés salés sont des nurseries reconnues : ils insistent sur la largeur de la zone végétalisée à recréer, prônent une meilleure pédagogie envers tous les publics et proposent de créer des passerelles au-dessus des brèches et des observatoires dans les tonnes ou le corps même des digues. La distanciation au territoire est relativement manifeste dans ces approches globales.

A.2.4. Un attachement local très marqué au "territoire" des polders

Le refus de l'option de dépoldérisation relève ainsi d'un attachement marqué au territoire des polders et aux pratiques récréatives qu'ils offrent. Cet attachement est surtout le fait des chasseurs qui pratiquent leur activité au pied des digues de mer où sont installées de nombreuses tonnes, en dépit des destructions dues aux tempêtes et aux submersions. Paradoxalement, cet attachement est récent dans le cas des promeneurs et des sportifs, puisqu'on peut le faire remonter

[4] La population d'Aquitaine observe la nature, mais ne chasse pas et ne fait pas de sport ; elle se rend une fois par trimestre dans les polders, est surdiplômée (bac +5) et plus jeune (31-60 ans), et propose de tout protéger face au risque de submersion (la rive comme les polders).

aux acquisitions réalisées par le Conservatoire du Littoral depuis une trentaine d'années. La fréquentation s'opère sur des rythmes distinguant clairement les populations selon leur proximité aux polders : à Certes et Graveyron, la fréquentation régulière des sites (de quotidienne à mensuelle) l'emporte clairement parmi les résidents locaux (50 % d'entre eux). Un calcul économétrique mettant en relation la fréquentation et le coût total de transport a permis d'établir que la valeur récréative de l'ensemble Certes-Graveyron atteint 18,90 € par visite et par personne, en été. Ce consentement à payer, d'un niveau moyen, est conforme à une fréquentation majoritairement locale et à l'existence de sites substituts à proximité - telle la dune du Pyla. Ces polders ont donc progressivement acquis le statut de territoire local récréatif, quand bien même ils sont la propriété du Conservatoire du littoral.

En dépit de leur orientation, pour l'instant négative, ces représentations locales de la dépoldérisation sont à confronter à la capacité réelle de restauration écologique et d'adaptation à la submersion des sites dépoldérisés.

A.3. Mais une certaine capacité d'adaptation à la submersion des sites dépoldérisés

Sur ce plan, le diagnostic de vulnérabilité a permis de valider l'hypothèse d'une capacité de préservation et de restauration des marais au moyen d'une reconnexion des polders à la mer, face à l'élévation du niveau moyen de la mer et au renforcement des conditions d'agitation marine à l'intérieur du bassin. Cette préservation est rendue possible par des taux d'accrétion, dans ces espaces rendus disponibles à la sédimentation, qui atteignent en plusieurs stations de Malprat 3,5 cm/an, dépassant ainsi très largement, la remontée régionale du niveau moyen de la mer (3,5 ± 2,1 mm/an). Le mode d'exposition à l'hydrodynamisme joue un rôle important dans cette sédimentation et la migration vers les terres du système bio-sédimentaire, mais moins à l'intérieur qu'à l'extérieur des secteurs dépoldérisés, où, dans un contexte d'érosion accélérée de la digue, les marais frangeants font office de « fournisseurs » de sédiments pour les zones dépoldérisées, à partir d'un stock sédimentaire jusqu'alors fixé par la végétation. À Graveyron comme à Malprat, dans les deux zones accidentellement dépoldérisées, la sédimentation en cours est loin d'avoir encore atteint le niveau le plus élevé de la mer de telle sorte que si la restauration des fonctions écologiques essentielles du marais semble assurée (fonctionnement, auto-entretien), toutes les fonctionnalités de l'écosystème utiles à l'homme ne sont pas également rétablies. Bien qu'en l'absence d'un état de référence il ne soit pas possible d'évaluer précisément dans quelle mesure une végétation comparable à la végétation halophile préexistante a reconquis les terres rendues à la mer, la restauration d'une large gamme d'habitats naturels d'intérêt communautaire - dont certains susceptibles d'abriter des espèces rares protégées (*Triglochin bulbosum subsp. Barrelieri*) - témoigne incontestablement du rétablissement en cours de l'intégrité biotique de ces marais (restauration écologique *stricto sensu*). Mais la réhabilitation des fonctions physiques de régulation hydraulique assurée par le marais vis-à-vis du régime de submersion n'est pas aussi avancée car, à l'exception d'une partie de Malprat, celui-ci n'est pas encore entré dans une phase de continentalisation. L'essentiel des paysages actuels des pointes de Graveyron et de Malprat relève encore, en effet, de phases de consolidation et, plus localement, de maturation du marais à des niveaux altimétriques insuffisants pour qu'une végétation même sous-arbustive et ligneuse, telle l'Obione, soit en mesure de s'interposer efficacement à la propagation des ondes de tempête. Ce retard dans le restauration des fonctions et des services de régulation est d'autant plus grand que les parties les plus élevées du marais ont été exposées, à Malprat comme à Graveyron, à l'action érosive des submersions à travers le clapot qui se propage à l'intérieur des pointes. On conclura donc à la nécessité de valoriser les infrastructures anthropiques existantes à l'intérieur des domaines (digues dormantes, anciennes bosses), ainsi que les végétations arborescentes présentes à l'étage adlittoral (les *Tamaris* et même le *Baccharis* considéré comme invasif), afin d'assurer, dans cette phase encore transitoire, la pérennité du cadre d'accueil des végétations conquérantes.

A.4. Conclusion

L'extension relativement limitée de la submersion sur la rive continentale de la lagune à l'horizon 2050 (cf. A.1), l'indifférence sociale à la submersion et la relative faiblesse de la vulnérabilité économique actuelle (cf. A.2) poussent à réfléchir aux modalités de gestion des digues non pas sous l'angle de l'aléa en tant que tel, c'est-à-dire d'une submersion naturelle, mais davantage sous l'angle d'une submersion volontaire par la dépoldérisation - compte tenu de la restauration effective des marais qui ont été récemment accidentellement rendus à la mer (cf. A.3) et des coûts induits par les modes de gestion actuels. La dépoldérisation serait donc à évaluer en fonction des enjeux actuellement présents dans les polders et de leur évolution en cas de submersion volontaire. Ce sont donc les polders en tant que "territoire", c'est-à-dire espace approprié qu'il faut ici considérer, et non les polders en tant qu'espace uniquement submersible.

B. Propositions opérationnelles

Au regard des premiers résultats du programme et de notre évaluation croisant les enjeux et l'aléa, seuls quatre modes de gestion sur les sept initialement proposés ont été conservés dans nos préconisations : deux modes de conservation des digues (B - rehaussement et D - renforcement) et deux modes de dépoldérisation (E - via une écluse et F - via une brèche). Dix propositions ont été établies au regard de leurs coûts - précisément estimés et comparés aux coûts actuels de la gestion -, de l'évolution des objectifs de gestion et des enjeux concernés, et du potentiel effectif de reconquête par un schorre. Ces propositions existent sous forme de fiches individuelles détaillées.

Quatre d'entre elles concernent Graveyron :

- fiche 1 : conserver la dépoldérisation de la pointe de Graveyron, en cessant d'entretenir l'ancienne digue arrière, ou conserver la dépoldérisation en renforçant au coup par coup l'ancienne digue arrière.
- fiche 2 : dépoldériser tout Graveyron par deux brèches stabilisées (l'une dans Verduret à l'arrière de la Brèche et l'autre dans Grange ou dans la digue médiane entre Verduret et Grange) en renforçant la digue arrière et la digue sud sur laquelle s'adosse le port, et en protégeant la ferme et les bâtiments du Conseil général par une digue encerclante (h 3,4 m). Une autre solution consisterait à rehausser de 1,30 m la digue arrière et à construire une nouvelle digue à 4,70m.
- fiche 3 : renforcer les digues externes de Verduret et Grange en terre et en enrochements ou rehausser de 1,30 m toute la digue de ceinture de Graveyron.
- fiche 4 : dépoldériser Verduret par une brèche accidentelle, ou une brèche volontaire et stabilisée, avec un renforcement et la construction partielle construction à 3,4 m d'une digue-arrière.

Quatre autres propositions concernent le domaine de Certes :

- fiche 5 : renforcer ou rehausser de 1,30 m en moyenne l'ensemble des digues en terre et en enrochements.
- fiche 6 : dépoldériser Branne par une brèche volontaire non stabilisée dans l'actuelle levée NNE en terre et construction d'une digue arrière (hauteur 3,5 m) ou dépoldériser Grands réservoirs par une brèche volontaire non stabilisée dans l'actuelle levée Sud en terre et construction d'une digue arrière (hauteur 3,5 m).
- fiche 7 : dépoldériser par une brèche volontaire consolidée l'unité Grandes Plaines, avec construction d'une digue-arrière (h 3,5 m) ou dépoldériser cette unité via une écluse (déjà en place) avec construction d'une digue-arrière.
- fiche 8 : dépoldériser à long terme toute la partie externe de Certes au moyen de brèches accidentelles avec construction d'une digue-arrière d'une hauteur de 3,5 m.

Deux propositions concernent également le domaine de Malprat :

- fiche 9 : renforcement au coup par coup des digues en terre de Malprat sans les rehausser (pointe exclue).
- fiche 10 : dépoldérisation accidentelle de EH2 (qui n'est pas loin de céder) et construction d'une digue-arrière (à 3,64 m) entre EH1 et EH2. Ce scénario demanderait à renforcer les digues SE et SW de EH2 jusqu'à l'angle oriental de cette unité (vers l'écluse E4 du plan de gestion), pour éviter des impacts submersifs et érosifs sur Bouccole et la réserve du Teich. Un second scénario impliquant EH1 et EH2 reviendrait à relier latéralement ces deux unités par une brèche, avec un renforcement des digues SE et SW de EH2 et création d'une digue (à 3,64 m) à l'arrière de EH1.

Au terme de cette réflexion sur les coûts et les avantages des scénarios de gestion que nous avons envisagés après une évaluation croisée aléa/enjeux, nous considérons que les meilleures options de gestion sont les suivantes pour chaque polder. À Graveyron, du fait de l'importance des coûts de la dépoldérisation et de l'ampleur des enjeux à préserver, nous proposons simplement la conservation de la brèche actuelle sans entretien particulier de la digue arrière, mais avec préservation des infrastructures anthropiques et des végétations hautes encore présentes dans cette pointe. À Certes, en raison d'un coût inférieur au coût actuel d'entretien des digues, une dépoldérisation par brèche non stabilisée de Branne, avec construction d'une digue arrière, semble être la solution la plus souhaitable. Celle-ci aurait globalement peu d'impacts sur les enjeux actuels (chasse, promenade, élevage) et répondrait conjointement à l'aléa submersion. Si la dépoldérisation à travers une écluse, envisagée pour l'unité Grandes Plaines, nous paraît onéreuse, au regard de son absence complète d'effet sur l'aléa submersion, elle pourrait être envisagée dans le prolongement de la réouverture de Cabanot selon des objectifs non pas défensifs mais écologiques et qui seraient à définir. À Malprat, au regard du niveau moyen des enjeux autres que cynégétiques, dans les unités EH1 et EH2, et du potentiel avéré de reconquête par un schorre, une dépoldérisation par une brèche accidentelle de ces deux unités - dépoldérisation qui devrait advenir prochainement - apparaît comme un prolongement souhaitable de la dépoldérisation accidentelle déjà acceptée à la pointe de Malprat (ZD). Cette dépoldérisation serait en rapport avec la gestion globale d'un secteur sédimentaire cohérent et fonctionnel, situé entre les deux distributaires de la Leyre.

C. Que retenir de BARCASUB pour appuyer les politiques publiques ?

Au-delà de ces préconisations très concrètes de gestion, il paraît nécessaire de réfléchir à l'appui plus général du programme BARCASUB aux politiques publiques. On retiendra en premier lieu que ce sujet de recherches est arrivé à point nommé, en même temps qu'a démarré en France une première réflexion à l'échelle nationale sur la relocalisation des activités et des biens à l'arrière du trait de côte. D'autre part, ce sujet mérite de plus amples développements, la dépoldérisation n'ayant cessé de s'étendre en Europe occidentale dans les dernières années. En effet, la surface dépoldérisée y a presque doublé depuis 2007, atteignant environ 11 000 hectares en 2012[5]. Si cette étendue ne représente toujours que moins de 1% des terres initialement endiguées dans cette région, cette progression persistante est notable et continue de placer la Grande-Bretagne en tête du mouvement. Les orientations progressivement prises dans la décennie 2000 se renforcent d'ailleurs : les sites rendus à la mer sont de plus en plus vastes et les quatre objectifs des dépoldérisations - défensifs, compensatoires, écologiques et touristiques - se maintiennent et s'imbriquent, selon les

[5] Artelia/Atelier de l'île, 14/01/13. Étude de faisabilité : *dépoldérisation partielle et éventuelle des Bas-Champs du Vimeu. La recherche d'un avenir sur un territoire pérenne*, Cayeux-sur-Mer, consulter : http://www.baiedesomme.org/magazine/contenus/2013-01-14publication_4882013-01-16.pdf

préconisations de la GIZC. Dans ce contexte politique et scientifique, le programme BARCASUB consistait à examiner si la gestion du risque de submersion pouvait s'opérer à travers la dépoldérisation, à condition que celle-ci puisse s'avérer physiquement possible, économiquement avantageuse et socialement acceptable.

Au plan physique, une attention accrue est actuellement portée aux schorres, dont les scientifiques américains et européens étudient de plus en plus le rôle défensif, en montrant que leurs largeur et densité sont positivement corrélées à l'atténuation de l'énergie de la houle et de la hauteur des vagues, de même qu'à la stabilisation du trait de côte (Shpeard *et al.,* 2011). BARCASUB a montré, de la même façon, que la dépoldérisation permettait d'apporter une réponse satisfaisante à l'aléa submersion, en mettant particulièrement en avant le rôle de fournisseur local de sédiments joué par les anciennes digues rompues par une brèche et le rôle d'atténuateur de la houle et du clapot joué par les infrastructures anthropiques et végétales restées en place dans les marais dépoldérisés, au fil de leur restauration.

La dépoldérisation offre-t-elle une réponse économiquement avantageuse au risque de submersion marine ? On retiendra, au terme de BARCASUB, qu'une réponse générale ne peut pas être donnée. Cette réponse dépend d'une part de l'évaluation des impacts d'une submersion naturelle - très variables d'une submersion à l'autre -, mais aussi de l'évaluation des impacts d'une submersion par dépoldérisation, c'est-à-dire de l'évaluation des enjeux présents mais aussi de leur potentiel d'adaptation en cas de venue volontaire de la mer - deux critères là encore très variables d'une situation à l'autre. Une comparaison menée avec le cas picard, où une étude sur la dépoldérisation des Bas-Champs est en cours sous l'égide d'Artelia[8], montre que les comparaisons de coûts et d'impacts sont difficilement généralisables : tout au plus peut-on observer que la palette d'activités nouvelles proposées est ressemblante d'un site dépoldérisé à l'autre : élevage à vocation d'entretien (chevaux, ovins), élevages à vocation économique (bovins, ovins), cueillette de la salicorne, chasse, tourisme, conchyliculture... Les coûts relatifs aux différents modes de défense côtière ne sont pas davantage généralisables car ils s'avèrent trop dépendants de la configuration des sites, des types de matériaux à extraire ou à utiliser et des types de travaux à réaliser. Ainsi, au regard de la diversité des contextes à considérer dans chaque étude de dépoldérisation, une généralisation de la réflexion sur les coûts et les bénéfices de ce mode de gestion s'avère impossible : si une dépoldérisation à visée défensive peut s'avérer économiquement avantageuse en un endroit, elle ne le sera pas forcément en un autre, et ce même à faible distance ou sur des étendues variant légèrement.

Enfin, à quelle généralisation peut-on aboutir au sujet de l'acceptabilité sociale de la dépoldérisation ? Plusieurs exemples, en Gironde comme dans la Somme, montrent que ce mode encore novateur de gestion du trait de côte est souvent mal accepté, notamment pour des raisons d'attachement au territoire, et tout particulièrement d'attachement aux activités de chasse et de promenade. Pour mieux cerner le profil général des opposants à la politique de dépoldérisation, nous avons conduit cinq enquêtes en France entre 2002 et 2011 dans le cadre d'expertises ou de projets scientifiques relatifs à la dépoldérisation. Celle menée dans BARCASUB a rassemblé 45 % des personnes interrogées, de façon à confirmer ou nuancer les résultats antérieurs. Dans l'ensemble, les 1489 personnes interrogées présentent des opinions contrastées, majoritairement défavorables à la dépoldérisation dans le bassin d'Arcachon et sur le littoral picard. Ce qui joue fortement dans ces avis, ce sont les caractéristiques de la dépoldérisation et de ses enjeux : une dépoldérisation partielle et contrôlée - cas de Noirmoutier - effraie moins la société qu'une dépoldérisation accidentelle et demeurant incontrôlée - cas de Graveyron. L'enquête BARCASUB a d'ailleurs confirmé cette hypothèse puisque, quel que soit l'enjeu considéré, des dépoldérisations contrôlées (via une écluse) recueillent davantage d'avis favorables que des dépoldérisations par brèche ou démantèlement. La comparaison de ces enquêtes montre aussi que les politiques informatives ou participatives mises en place par les promoteurs de la dépoldérisation doivent viser en priorité certaines catégories de populations - les populations locale ou résidant près des polders, les "pratiquants" des polders, les anciens de la commune - en leur apportant une information qu'elles ne sont pas en mesure de connaître (car les opposants sont généralement peu diplômés) et qu'il faudrait centrer sur des phénomènes qu'elles méconnaissent le plus : à savoir les risques littoraux et les moyens d'y répondre - la dépoldérisation constituant l'un de ces moyens, particulièrement mal connu. C'est en partie à cette condition qu'une dépoldérisation jugée non acceptable au démarrage d'un projet pourrait progressivement le devenir, en veillant toutefois à conduire une véritable concertation au cours du processus participatif mis en place. Cette concertation serait à envisager comme le montage d'un "projet de territoire", face à des revendications elles-mêmes territorialisées.

IV. BIBLIOGRAPHIE INDICATIVE SUR LA DÉPOLDÉRISATION

- ARTELIA, ATELIER DE L'ÎLE, 2013. Étude de faisabilité : *dépoldérisation partielle et éventuelle des Bas-Champs du Vimeu. La recherche d'un avenir sur un territoire pérenne*, atelier 2, Cayeux-sur-Mer, 14 janvier 2013, consulter : http://www.baiedesomme.org/magazine/contenus/2013-01-14publication_4882013-01-16.pdf
- BAWEDIN V., HOEBLICH J.-M., 2006. Les Bas-Champs de Cayeux (Somme, France) : vers une gestion intégrée ? Enjeux et perspectives de l'ouverture à la mer d'un espace jusque-là protégé, *VertigO*, vol. 7/3, 2006, 1-11.
- EA, ENW & KFKI, 2007. *Die Küste, Archive for research and technology on the North Sea and Baltic coast*, Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: assessment manual, 193 p.
- FRENCH P.W., 2006. Managed realignment: the developing story of a comparatively new approach to soft engineering, *Estuarine, coastal and shelf science*,67, 409-423.
- GOELDNER-GIANELLA L., 2013. *Dépoldériser en Europe occidentale. Pour une géographie et une gestion intégrées du littoral*, Publications de la Sorbonne, 350 p.
- LEDOUX L., CORNELL S., O'RIORDAN T., HARVEY R., BANYARD L., 2005. Towards sustainable flood and coastal management: identifying drivers of, and obstacles to, managed realignment, *Land Use Policy*, 22/2, p. 129-144.
- NIEMEYER H., KAISER R., 2001. Hydrodynamische Wirksamkeit von Lahunugen, Hellern und Sommerdeichen, *Die Küste*, 64, 15-60.
- SHEPARD C. C., CRAIN C. M., BECK M. W., 2011. The Protective Role of Coastal Marshes: A Systematic Review and Meta-analysis, *PLoS ONE*, 6 (11) : e27374.
- WOLTERS M., GARBUTT A., BAKKER J.P., 2005. Salt-marsh restoration: evaluating the success of de-embankments in north-west Europe, *Biological Conservation*, 123, 249-268.

V. PUBLICATIONS ET TRAVAUX UNIVERSITAIRES ASSOCIÉS AU PROGRAMME BARCASUB

A. Publications issues du programme BARCASUB

A.1. Publications acceptées ou soumises :

- BERTRAND F., GOELDNER-GIANELLA L., 2010. *La vulnérabilité du littoral du bassin d'Arcachon à la submersion marine : le programme BARCASUB*, Recueil des Actes des Journées « Impacts du changement climatique sur les risques côtiers », BRGM, Orléans-France, 15 et 16 Nov. 2010, 203-207.
- GAULTIER-GAILLARD S., F. PRATLONG, 2013. Gestion intégrée du littoral du bassin d'Arcachon : une évaluation des préférences des populations, *Gestion et Management Public* (en révision).
- GOELDNER-GIANELLA L., BERTRAND F., PRATLONG F., GAULTIER-GAILLARD S., 2013. Submersion marine et dépoldérisation : le poids des représentations et des pratiques sociales dans la gestion du risque littoral, *Espace, Populations, Sociétés,* N° Populations et littoral, 1/2 (accepté, à paraître).
- GOELDNER-GIANELLA L., BERTRAND F., Harmoniser politiques, usages et représentations par une approche territorialisée de la gestion des risques naturels : submersion marine et dépoldérisation dans le bassin d'Arcachon, *Nature, Science, Société* (soumis).
- SENECHAL N., SOTTOLICHIO A., BERTRAND F., GOELDNER-GIANELLA L., GARLAN T., 2013. Observations of waves' impact on currents in a mixed-energy tidal inlet: Arcachon on the southern French Atlantic coast. *In:* Conley, D.C., Masselink, G., Russell, P.E. and O'Hare, T. J. (eds.),Proceedings 12th Int. Coastal Symp. ICS (Plymouth, England), *Journal of Coastal Research,* Sp. Issue 65, pp. 2053-2058 ISSN 0749-0208.

A.2. Publications en préparation :

- BERTRAND F., GOELDNER-GIANELLA L., DECROIX G., La dépoldérisation au fond du bassin d'Arcachon face aux patrimoines naturel et culturel des polders, N° spécial "Patrimoine", *Atlas permanent de la mer et du littoral* (accepté, en cours).
- DURAND P., BERTRAND F., ANSELME B., THOMAS Y.-F., AUBER C., Analyse prospective de l'aléa submersion marine pour les polders du fond du bassin d'Arcachon (Malprat, Graveyron, Certes), sera soumis à *Continental Shelf Research.*
- GOELDNER-GIANELLA, L., GRANCHER D., BERTRAND F., Coastal flooding risk and depolderisation: results of a social enquiry led amongst inhabitants and users of reclaimed natural sites in the Arcachon Basin (France), en prép., sera soumis à *Ocean and coastal management*.

B. Publications 2010-13 en lien thématique ou méthodologique avec BARCASUB

- ANDRADE CA., THOMAS Y.F., NICOLAE LERMA A., DURAND P., ANSELME B. The risk of submersion due to storm surge events in Cartagena de Indias, Colombia. *Journal of Coastal Research* (accepté).
- ANSELME B., DURAND P., THOMAS Y.F., NICOLAE-LERMA A., 2011. Storm extreme levels and coastal flood hazards. A parametric approach on the French coast of Languedoc (district of Leucate). *C.R. Geosciences,* 343, 677-690.
- GANTHY F., SOTTOLICHIO A., VERNEY R., 2010. *Dynamique sédimentaire d'un estran lagunaire colonisé par un herbier de zostères (Bassin d'Arcachon, France),* Actes des XIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Les Sables d'Olonne, 22-25 juin 2010, pp 251-262, DOI:10.5150/jngcgc.2010.031-G
- GANTHY F., SOTTOLICHIO A., VERNEY R., 2011. The stability of vegetated tidal flats in a coastal lagoonthrough quadi in-situ measurements of sediment erodibility, *Journal of Coastal Research*, Sp. Issue 64, vol 2, 1500-1504
- GANTHY F., SOTTOLICHIO A., VERNEY R., 2013. Seasonal modification of tidal flat sediment dynamics by seagrass Zostera noltii meadows (Bassin d'Arcachon, France), *Journal of Marine Systems*, 109-110, 233-240
- GOELDNER-GIANELLA L., 2010. Changement climatique et dépoldérisation : le rôle des acteurs et le poids des représentations sociales sur les côtes d'Europe atlantique, *Quaderni*, n° 71.
- GOELDNER-GIANELLA L., 2013. Dépoldériser en Europe occidentale. Pour une géographie et une gestion intégrées du littoral, *Publications de la Sorbonne*, 350 p.
- GOELDNER-GIANELLA L., 2013. De-Polderizing in Western Europe. Overview of a new form of coastal management at the beginning of the twenty-first century, *Annales de Géographie*, traduction en anglais d'un article de 2007, n°4.

C. Vingt-deux travaux universitaires associés à BARCASUB (Licence Pro, Master 1, Master 2)

- ACCARY F., 2011. *Cartographie des faciès bio-sédimentaires de la partie sud-est du Bassin d'Arcachon à partir de l'imagerie QUICKBIRD,* M2 professionnel TGAE, Universités P1/P7.
- AUBERT C., 2012. *Tempêtes et surcotes dans le bassin d'Arcachon et ses alentours. Caractériser l'aléa submersion marine par la modélisation.* M1 Environnement, Univ. Paris 1, 111 p.
- BOISMASSON O., 2012. *Occupation du Domaine Public Maritime et protection des domaines endigués de Certes et Graveyron.* M1, Univ. Paris 4, 91 p.
- BOISMASSON O., 2013. *Dynamiques des marais salés externes et préservation des domaines endigués de Certes et Graveyron.* M2, Univ. Paris 4.
- DESSEN V., 2011. Evaluation et gestion de la vulnérabilité côtière du site du Mimbeau, Lège-Cap Ferret, M1 EDMR, Université Paris-Sorbonne.
- FLEGEAU M., 2011. *Le Conservatoire du littoral face au changement climatique : les cas de Certes et Graveyron dans le bassin d'Arcachon et de l'île Nouvelle dans l'estuaire de la Gironde,* M1 Urbanisme et Aménagement, Univ. Paris 1.
- FLEGEAU M., 2011. *La vulnérabilité au risque de submersion marine de trois propriétés du Conservatoire du littoral (domaines de Certes, de Graveyron et de Malprat) et de la commune d'Audenge, dans le bassin d'Arcachon,* M1 urbanisme et Aménagement, Univ. Paris 1.
- FLOR DA CRUZ LOPEZ N., 2012. *Evaluation économique et sociale, rétrospective et prospective, du risque de submersion marine et de ses modes de gestion dans le bassin d'Arcachon,* M1 EDMR, Univ. Paris 1.
- JANKOWSKI S., 2011. *Le Baccharis dans le bassin d'Arcachon, cause de perte de biodiversité ou source de services écosystémiques?,*M1 Environnement, Univ. Paris 1.
- LE MAUFF B., 2011. *Essai de modélisation du risque de submersion marine dans le bassin d'Arcachon*, M1 Géographie, Univ. Paris 1.
- LE MAUFF B., 2012. *Le risque de submersion marine dans le bassin d'Arcachon. Modélisation de la tempête Klaus du 22 au 26 janvier 2009.* Mémoire de Master 1, Master EDMR, Université Paris 1, 116 p, dir. LGP.
- LERMOYER L., 2010. *Vulnérabilités socio-économiques au risque de submersion marine dans le fond du Bassin d'Arcachon : entre prévisions scientifiques et perceptions des individus,* Université Paris I, M2 TEDD.
- OIRY A., 2010. *Quelle gestion des domaines de Certes, Graveyron et Malprat face au risque de submersion ? Premier diagnostic social du programme* BARCASUB Université Paris I, M1 Environnement.
- MAZZELA P., 2011. *Dépoldérisation et restauration des marais salés du bassin d'Arcachon*, Master 2 EDMR, Université Paris 4.
- REMY Carole, 2011. *Construction d'un SIG et de cartes de synthèse sur la fréquentation des polders de Certes et Graveyron,* Projet tutoré, L3 Pro Géomatique et Environnement, Université Paris 1.
- RUEFF S., 2011. *Elaboration d'un MNT bassin d'Arcachon par photogrammétrie*, master 2 Pro TGAE, Universités P1/P7.
- SAMPOUX E., 2012. *La commune de Lanton face au risque de tempête et de submersion marine : analyse rétrospective et prospective,* M1 Aménagement, Univ.Paris 1.
- TOQUET E., 2011. *Les dragages et leur impact environnemental dans le fond du bassin d'Arcachon*, Master 2 EDMR, Université Paris 4.
- TRUFFIER C., 2012. *L'information des populations locales sur le risque de submersion et ses modes de gestion : réflexion, concertation et application dans le bassin d'Arcachon,* Master 1 EDMR, Université Paris 1.
- VIDAL V., 2010. *Analyse historique des hauteurs d'eau maximales atteintes lors des épisodes de submersion marine dans les polders (Partie orientale du Bassin d'Arcachon).* Rapport de stage BRGM-UFR Géographie, Université Paris IV Sorbonne, Master II GAELE « EDMR », 89 p.
- ZAMANT H., 2011. *Aménagement urbain et vulnérabilité à la submersion marine dans la commune du Teich,* Master 1 EDMR, Université Paris-Sorbonne.

VI. ACTIONS DE VALORISATION DU PROGRAMME BARCASUB

La valorisation opérationnelle du programme BARCASUB a pris une double orientation, celle d'un transfert interne au programme, mais aussi celle d'un transfert envers des partenaires externes au programme. Le transfert interne au programme BARCASUB s'est décomposé en deux types, l'un envers le comité de pilotage du programme, l'autre envers son comité consultatif. Le **comité de pilotage**, composé des partenaires scientifiques et des gestionnaires du programme, s'est réuni à plusieurs reprises, généralement au complet. Six réunions se sont tenues à Bordeaux ou dans le bassin d'Arcachon, au sujet des avancées scientifiques du programme. L'une des réunions s'est traduite par une visite supplémentaire du polder de Malprat, de façon à faire découvrir l'ampleur du schorre restauré dans la zone dépoldérisée et le mauvais état de la digue de ceinture. À ces réunions générales se sont adjointes des réunions intermédiaires entre partenaires scientifiques uniquement, indispensables à une mise en commun préalable des méthodologies et des résultats ou au déblocage de certaines difficultés scientifiques (notamment relatives à la modélisation et à ses résultats). Faute de temps, une dernière réunion s'est tenue en avril 2013 sur la valorisation opérationnelle des résultats, encore en cours à cette date. Celle-ci a ensuite été fournie *in extenso,* mais aussi sous forme de **fiches opérationnelles**, à l'ensemble des partenaires début juillet 2013, de façon à leur permettre de se les approprier et d'y apporter toutes les corrections voulues. Ce partenariat a aussi permis l'obtention de **subventions supplémentaires**, de la part du Conseils Général de Gironde et du Conseil Régional d'Aquitaine, et la mise en place de stages au SIBA, au Conseil général ou au Conservatoire du littoral - des éléments financiers comme pratiques indispensables au bon fonctionnement du programme.

Un **comité consultatif** a été établi dès le début du programme pour élargir le transfert des résultats et mieux s'appuyer sur les savoirs locaux, du fait de la sensibilité des thématiques de la submersion, postérieurement à Xynthia, et plus encore de la dépoldérisation. Deux comités consultatifs de 3h ont été organisés dans le bassin d'Arcachon aux printemps 2010 et 2011. Réunissant à chaque fois plus d'une trentaine de participants, ils ont permis de répondre directement aux questions des élus, des syndicats mixtes locaux, des scientifiques locaux, de la société civile, des services de l'Etat, des services déconcentrés, des gestionnaires d'espaces naturels. Ces comités ont donné l'occasion de discuter de questions méthodologiques et de questions plus litigieuses. Ces deux séances publiques ont apporté beaucoup au programme : création de liens nouveaux avec d'importants acteurs locaux (CBN, réserve ornithologique du Teich…) ; mise en évidence de certains points faibles du programme (par exemple une sous-estimation de l'importance de la fréquentation des polders, qui a été corrigée par la mise en place de comptages) ; discussion sur l'élévation du niveau marin en rapport avec les réflexions menées par la DDTM d'Arcachon dans le cadre de l'élaboration des PPRI. Ultérieurement, la tenue d'un comité supplémentaire - prévu au printemps 2012 - s'est vue annulée pour plusieurs raisons : d'une part les tensions politiques locales liées à la mise en place rapide des PPRI-submersion sur les rives du bassin, d'autre part, les périodes de réserve pré-électorale en rapport avec les élections législatives du printemps 2012. Si la forte tension politique de 2012 est retombée en 2013, les élections municipales de 2014 commencent à se préparer et les sujets du programme BARCASUB continuent d'être difficiles à aborder pour les scientifiques. De ce fait, pour éviter des interprétations erronées ou des utilisations "politiques" des résultats du programme (et notamment des résultats relatifs aux niveaux de submersion ou aux propositions de dépoldérisation des propriétés du Conservatoire), il a finalement été décidé par le comité de pilotage, après de longues discussions entre les responsables de BARCASUB et le Conservatoire du Littoral et pour répondre à la demande du Conservatoire, que le dernier comité consultatif et les réunions publiques prévues seraient transformés en une conférence grand public de fin de programme, ouverte à tous et se tenant dans le bassin à l'automne 2013.

Ce transfert quelque peu réduit envers le comité consultatif a été compensé par un transfert plus direct envers des acteurs qui étaient initialement extérieurs au programme, mais qui sont progressivement devenus de véritables partenaires, de surcroît durables. Ces acteurs étant par ailleurs membres du comité consultatif, nous avons ainsi réussi à privilégier des relations directes avec une partie de ce comité, en particulier la **réserve ornithologique du Teich** et le **Conservatoire botanique sud-atlantique** basé à Certes : ces liens ont permis des échanges très fructueux à double-sens sur les liens fonctionnels entre les polders du delta de la Leyre et les techniques douces de défense, et l'élaboration d'une méthodologie conjointe de relevés topographiques, sédimentaires et phyto-sociologiques dans les sites de Graveyron et Malprat, devant aboutir à des publications communes.

Nous avons conduit différentes actions alternatives de valorisation publique des méthodes et résultats de BARCASUB, de façon à compenser un transfert à l'échelle locale trop réduit à nos yeux : réalisation d'une **plaquette** sur la fréquentation des polders et **interventions publiques** permettant d'évoquer BARCASUB lors du 20e anniversaire de l'association Rivages de France à Lorient en 2010, du 100e anniversaire de la fermeture de la basse vallée de la Somme en 2011 ou des journées EUCC-2013 organisées dans le bassin. L'ensemble des activités menées par le BRGM pour BARCASUB a été coordonné avec les actions menées par ce même organisme pour **l'Observatoire de la Côte Aquitaine** (OCA). Ainsi, des actualités relatives à BARCASUB et à son déroulement ont été éditées sur le site de l'OCA. Nous avons prévu, pour l'automne 2013, l'organisation d'une **conférence grand public de fin de programme**, de préférence dans l'une des communes concernées par le programme, *a priori* Audenge. Cette conférence nous donnera l'occasion de réinviter les membres du comité consultatif, qui, pour certains, sont en attente de nos résultats.