COLLOQUE INTERNATIONAL

Adaptation des marais littoraux au changement climatique

ACTES DU COLLOQUE

27 | 28 | 29
novembre 2018
Espace Encan
LA ROCHELLE

COLLOQUE INTERNATIONAL

Adaptation des marais littoraux au changement climatique

La Rochelle, novembre 2018. 1200 personnes ont assisté aux conférences et interventions des scientifiques et gestionnaires d'espaces sur les thèmes de l'adaptation des marais littoraux face au changement climatique et à l'élévation du niveau marin.

Co-organisé par le Forum des Marais Atlantiques, le Parc naturel régional du Marais poitevin et l'Université de La Rochelle, ce premier colloque international a accueilli sur deux jours plus de trente intervenants qui ont mis en exergue les enjeux et rôles de ces zones humides dans l'adaptation des territoires littoraux face au changement climatique.

Ces actes en sont la retranscription écrite. Ils sont disponibles en libre téléchargement, ainsi que l'ensemble des diaporamas et des captations vidéos des interventions, sur le site Internet dédié au colloque : https://maraislittoraux.myportfolio.com/

A travers ces différents formats de publications, l'objet est de proposer une résonance de l'évènement et de permettre à tout un chacun, de la communauté scientifique aux citoyens concernés, de s'approprier ces connaissances et expériences.

Depuis plusieurs années, le Forum des Marais Atlantiques et le Parc naturel régional du Marais poitevin s'emparent de ces problématiques :

Le Forum des Marais Atlantiques dans le cadre d'un programme, financé par l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, sur la caractérisation et la gestion intégrée des milieux humides littoraux sous aléas climatiques (2014-2018)

Le Parc naturel régional du Marais poitevin, territoire soumis aux risques des submersions marines, dans le cadre du projet européen LIFE Baie de l'Aiguillon, programme de restauration et de protection des habitats naturels littoraux (2016-2020)

Accompagnées par **le laboratoire du LIENSs (LIttoral ENvironnement et Sociétés) de l'Université de La Rochelle /CNRS**, les deux structures ont ainsi bénéficié de son expertise scientifique indispensable à l'appréhension de ces sujets.

Merci à l'ensemble des intervenants, scientifiques et gestionnaires d'avoir accepté de participer à ce colloque et permis de partager leurs connaissances à travers entre autre, cette publication.

Merci aux nombreux partenaires qui ont soutenu l'organisation de cet évènement.

Le Forum des Marais Atlantiques

Le Parc naturel régional du Marais poitevin

L'Université de La Rochelle

AVANT-PROPOS

Éric CHAUMILLON

Professeur et chercheur en géologie marine et littorale
UMR 7266, LIENSs CNRS - Université de La Rochelle

Le colloque international « Adaptation des marais littoraux au changement climatique » a été organisé pour répondre à trois défis majeurs :

(1) Réaliser et partager des synthèses de connaissances de différentes spécialités de la recherche scientifique.

(2) Améliorer le partage des connaissances et stratégies entre les scientifiques, les gestionnaires et les acteurs.

(3) Vulgariser et diffuser les connaissances vers la société et les citoyens.

Ces défis sont liés à la fois aux évolutions très rapides des connaissances et techniques, à la complexité de fonctionnement et des usages des marais littoraux et à l'urgence de développer des stratégies d'adaptation face au changement climatique.

En effet, une des conséquences mesurable et inéluctable du réchauffement climatique en cours est l'accélération de l'élévation du niveau marin global.

La vitesse d'élévation actuelle de plus de 3 mm/an, est le résultat de 3 contributions majeures : 1 mm lié à la dilatation thermique des océans, 1 mm lié à la fonte des glaciers de montagne et 1 mm lié à la fonte des glaces polaires.

L'élévation du niveau des mers atteindra plusieurs décimètres par rapport au niveau marin actuel en 2100 et de nombreuses régions côtières du monde seront touchées. Les marais littoraux (incluant à la fois les zones hautes végétalisées des estrans et les marais rétro littoraux) seront plus particulièrement menacés, en raison de leur topographique très plane et de leurs altitudes souvent inférieures aux plus hautes eaux marines.

A titre d'exemple, le littoral de Charente-Maritime et Sud Vendée possède plus de 50 % d'une bande côtière de 10 km de large située en dessous des plus hautes eaux marines astronomiques. La vulnérabilité de ces marais est accentuée par le fait qu'ils sont (ou ont été) souvent soumis à une poldérisation intensive ce qui implique qu'ils ne reçoivent plus de sédiments et ne peuvent s'élever en même temps que le niveau marin. Enfin de nombreux marais littoraux sont également localisés sur des zones de pompages de fluides du sous-sol (eau, pétrole) ce qui implique qu'ils s'enfoncent, accentuant encore leur vulnérabilité.

Actuellement la stratégie de défense des marais littoraux est dominée par des défenses en dur (digues, levées, etc…) séparant les domaines maritimes de polders souvent situées à plusieurs mètres sous les plus hautes eaux marines. Au delà du cout très important pour entretenir et adapter ces défenses de côtes, leur efficacité à long terme est questionnée dans une perspective d'élévation du niveau marin de plusieurs décimètres à plus d'un mètre. Existe-t-il d'autres stratégies de défense de côte et d'adaptation ?

Les connaissances les plus récentes montrent que l'inondation temporaire, la sédimentation et la végétation dans les marais littoraux peuvent protéger naturellement des élévations du niveau marin et des tempêtes. En outre, ces marais littoraux sont de formidables réserves de biodiversité, de production et de piégeage de matière organique. Ils pourraient jouer un rôle essentiel dans le piégeage du CO_2 en excès. De telles connaissances pourraient bouleverser nos stratégies de gestion des espaces littoraux et conduire à restaurer ces espaces à dépoldériser pour mieux protéger.

Il était donc urgent d'informer l'ensemble des gestionnaires, acteurs et citoyens afin d'anticiper et de s'adapter le plus efficacement possible aux changements à venir et cela a été une motivation essentielle de ce colloque.

Dans ce contexte, nous avons fait appel à des scientifiques de renommées internationales qui ont chacun produit un état de l'art des connaissances de leur spécialité dans le but de renseigner successivement :

- l'origine, les évolutions des marais littoraux et de leurs usages à différentes échelles de temps, en considérant les paramètres contrôle naturels et anthropiques,

- les menaces qui pèsent sur les marais littoraux : changement climatique, élévation globale du niveau des mers et submersions marines locales liées aux tempêtes,

- les capacités de résilience et d'adaptation naturelle face aux différents types d'élévation du niveau marin et les stratégies d'aménagements qui peuvent s'en inspirer,

- l'importance des marais littoraux à la fois en terme de biodiversité et de piégeage du carbone organique.

Table des matières

Table des matières

1 | Avant propos 03

2 | État des connaissances scientifiques 11

2.1 - Discours 12

2.2 - Changement climatique : où en est-on ? | **Alain MAZEAU** 18

2.3 - Introduction du Colloque & Histoire géologique des marais littoraux. Généralités et exemple des marais charentais | **Éric CHAUMILLON.** 28

2.4 - Le Marais poitevin et les marais charentais depuis le Moyen-âge à l'actuel | **Thierry SAUZEAU** 39

2.5 - Les variations du niveau marin en réponses aux émissions des gaz à effet de serre | **Benoît MEYSSIGNAC** 45

2.6 - Évolution du niveau de la mer à la côte et déplacements verticaux terrestres | **Guy WÖPPELMAN** 62

2.7 - Mouvements verticaux et cycle sismique. Généralités et un exemple au Vanuatu | **Valérie BALLU** 71

2.8 - Les deltas face à la subsidence et à l'élévation du niveau de la mer | **Mélanie BECKER** 78

2.9 - Vers de meilleures stratégies pour atténuer les inondations provoquées par les tempêtes | **Xavier BERTIN** 84

2.10 - Évolutions sédimentaires et géomorphologiques des zones humides littorales : connaissances nouvelles issues de recherches françaises et américaines | **Reide CORBETT & John Patrick WALSH** 96

2.11 - Protection littorale basée sur la restauration de marais salés le long de littoraux Artificialisés | **Stijn TEMMERMAN** 106

2.12 - La dépoldérisation dans les marais d'Europe occidentale et de France : quelles entraves sociales et quelles solutions? | **Lydie GOELDNER-GIANELLA** 114

2.13 - Les zones humides : des hydrosystèmes et des écfosystèmes remarquables mais menacés | Christine DUPUY & Alain DUPUY 127

2.14 - Rôle des marais littoraux dans les budgets de Carbone : processus et flux associés | Pierre POLSENAERE 138

2.15 - Table ronde et synthèse de la journée | Autour d'Éric CHAUMILLON.. 147

3 | Les stratégies d'adaptation des gestionnaires d'espaces naturels.... 157

3.1 - Synthèse des principaux enseignements de la première journée dédiée à l'état actuel des connaissances scientifiques | Éric CHAUMILLON. 158

3.2 - Importance des milieux humides dans l'adaptation des territoires littoraux | Frédéric RUYSSCHAERT 165

3.3 - La stratégie de l'Agence de l'eau au bénéfice des marais rétro-littoraux | Régis LE QUILLEC 173

3.4 - Nature 2050 - Un outil innovant de financement de solutions fondées sur la nature pour adapter les territoires au changement climatique | Suzanne RIHAL 183

3.5 - De la stratégie régionale aux stratégies locales de gestion de la bande côtière sur le littoral Aquitain | Camille ANDRÉ..... 192

3.6 - Gestion du risque d'inondation aux Pays-Bas, comment faire face au défi du climat et de la société ? | Robert SLOMP..... 201

3.7 - La politique du Conservatoire du Littoral : la gestion souple du trait de côte | Patrick BAZIN..... 212

3.8 - Le projet Adapto : des démarches expérimentales de gestion souple du trait de côte | Éric GIRARD 216

3.9 - Changement climatique : une réserve littorale prise en étau ! | Philippe DELAPORTE..... 221

3.10 - Restauration des zones humides côtières : une solution basée sur la nature pour faire face à l'élévation du niveau de la mer et favoriser la biodiversité - Un exemple méditerranéen | Patrick GRILLAS..... 230

3.11 - Éco-anthropologie en Basse-Loire : des collectifs humains et non-humains à l'épreuve du capitalocène | Éric COLLIAS 240

3.12 - L'UNIMA et son intervention au cœur de la logique PAPI / GEMAPI : l'exemple du projet SURVEY17 | Marc MESSAGER & Jean-François BREILH..... 249

3.13 - Le Marais poitevin : un combat permanent face à l'océan | Dominique GIRET 259

3.14 - Les enseignements de Xynthia. Vers une stratégie territoriale tenant compte du changement climatique | Fabrice ENON..... 270

3.15 - Introduction de la table ronde > Médiation sur le klima (κλίμα) | Jean RICHER 281

3.16 - Table ronde : vers une vision et des outils partagés | Autour de Patrick STEYAERT 290

3.17 - Clôture des journées plénières | Benoît BITEAU..... 297

4 | Show scientifique "Hé le mer monte !"..... 301

5 | Crédits / Remerciements 305

2 | État des connaissances scientifiques

2.1 | Discours officiels

Benoît BITEAU

Président du Forum des Marais Atlantiques

Merci de votre présence.

Tout fonctionne visiblement, la salle commence à se remplir.

Alors nous sommes réunis aujourd'hui pour parler d'un sujet extrêmement sérieux, le climat, on va essayer de le faire très sérieusement sans trop se prendre au sérieux quand même et notamment par rapport à l'évènement qui a lieu ce soir. Je sais qu'Éric, je ne le vois plus, mais Éric Chaumilllon a un peu le trac, mais ça va bien se passer, Éric, tu vas voir, ça va être un bon moment.

Donc on est tous réunis aujourd'hui pour parler de climat, de marais littoraux. Et quand on parle de marais littoraux, on est obligé de parler d'hommes puisque ces marais ont été en grande partie façonnés par la main de l'homme. Et on est aussi obligés de parler de l'homme parce que le climat, je vais vous faire une confidence, Monsieur Allègre n'est pas inscrit sur la liste des participants, le climat est lourdement influencé par les activités humaines.

Je pense que ceux qui le niaient il y a encore quelques années ont disparu des travaux d'évènements du type de celui qu'on organise aujourd'hui. Donc cette responsabilité, nous devons l'assumer en conscience. Et si aujourd'hui, alors… quoi que le public se rajeunit un peu, on a beaucoup de perruques grises, je pense que ces perruques grises sont liées au fait que la pleine conscience est prise, que notre génération, puisque je commence à faire partie de cette génération-là, a lourdement participé à ce changement climatique et à ses conséquences, mais prend conscience qu'on ne peut pas rester sur cette situation, sur cette dynamique et que nous devons prendre le sujet à bras le corps pour préparer un meilleur avenir possible à nos générations futures.

Et dans l'organisation de ce colloque, je sens cette volonté tournée vers l'avenir, tournée vers les générations futures, la volonté aussi d'assumer ses responsabilités et de s'engager sur d'autres logiques et faire donc, puisque le sujet, ce sont les marais littoraux, faire de ces espaces remarquables façonnés par l'homme des espaces qui peuvent aussi être des espaces qui bien sûr aujourd'hui peuvent être les grandes victimes de ce changement climatique.

Et malheureusement, des évènements ont su nous le rappeler ces dernières décennies. Mais ces espaces-là, si on sait les valoriser, les entretenir, les gérer, peuvent aussi être des atouts pour éviter que ce changement climatique ne s'emballe plus que de raison.

Et donc on a peut-être cette chance de pouvoir s'appuyer sur ces marais littoraux, si tant est qu'on arrive à les préserver sur fond de changement climatique, de manière à ce que l'aventure humaine puisse continuer sur cette planète.

L'aventure humaine, je veux en parler aussi quant à l'organisation de ce colloque puisque organiser un colloque de cette ampleur, c'est aussi une aventure humaine pour ceux qui se sont consacrés à son organisation. Je pense bien sûr aux équipes des structures qui sont organisatrices de ce colloque. Je pense bien sûr aux membres de l'équipe du Parc naturel régional du Marais poitevin présidé par Pierre-Guy Perrier qui va prendre la parole après moi, leur directrice Caroline et l'ensemble de l'équipe. Je pense bien sûr à l'équipe du Forum des Marais Atlantiques que j'ai l'honneur et l'avantage de présider, qui autour de Gilbert Miossec s'est également beaucoup mobilisée sur l'organisation de ce colloque, et je pense bien sûr et sans eux, ça n'aurait pas été possible, à l'Université de La Rochelle qui a su inviter des scientifiques de haut vol pour venir aujourd'hui nous expliquer les tenants et les aboutissants de ces enjeux-là.

Et donc je vous demande de remercier l'ensemble des équipes de ces trois structures sans qui il n'aurait pas été possible d'organiser un évènement de cette ampleur. Je vous invite à les applaudir et à les remercier chaleureusement.

Et puis juste avant que vous applaudissiez, j'ai toujours, et ça, c'est un peu plus personnel, j'ai toujours un petit pincement quand je viens dans cet auditorium qui porte le nom de Michel Crépeau, qui je pense, s'il nous regarde de là-haut, serait heureux de nous voir nous impliquer comme nous le faisons pour ces trois jours qui viennent en direction des générations futures.

Et donc j'ai une petite pensée pour lui qui était un visionnaire humaniste et avant-gardiste et qui, je pense, aurait su nous éclairer sur le chemin de notre besoin d'œuvrer sur le changement climatique. Je vous demande d'applaudir les équipes qui ont organisé maintenant ce colloque international sur l'adaptation des marais littoraux au changement climatique.

Pierre-Guy PERRIER

Président du Parc naturel régional du Marais poitevin

Mesdames, Messieurs, chers amis,

D'abord je vous remercie d'être présents aujourd'hui et vous vous doutez bien que le Marais poitevin est particulièrement intéressé par ce phénomène des marais littoraux, cette terre qui est en dessous du niveau de la mer pour sa plus grande partie, qui d'une manière historique, se bat, se défend et travaille avec l'eau, que ce soit l'eau de mer ou que ce soit l'eau de terre et qui a été frappée très durement il y a quelque temps avec en particulier la tempête Xynthia, et qui rappelait que ce combat contre l'eau ou avec l'eau, est quelque chose qui non seulement perdure, mais aujourd'hui s'accélère, s'amplifie du fait du réchauffement climatique.

Les habitants du Marais poitevin ont vu depuis, un certain nombre de choses se passer, un millier de maisons qui ont été détruites, des digues qui ont été renforcées, des espaces littoraux qui ont été redonnés à la nature, cela à travers le programme LIFE. Pas mal de choses qui ont modifiées, bien entendu, non seulement la structure, non seulement l'environnement de ce Parc naturel régional, mais surtout qui ont pu, qui ont su frapper les esprits et faire prendre conscience.

Et je pense que c'est une chose importante aujourd'hui, que d'avoir la sensibilisation des populations par rapport à une réalité qui quelquefois, était un petit peu virtuelle quand on parlait des changements climatiques, on ne le voyait pas vraiment. Malheureusement, ces différents phénomènes font qu'aujourd'hui, les gens sont sensibilisés.

Il était donc impératif autour de cette ambiance de pouvoir réfléchir, amplifier, continuer à sensibiliser les gens sur des actes qui sont des actes quotidiens ou les collectivités qui aujourd'hui s'engagent beaucoup plus fortement contre les effets du réchauffement climatique. Il en va de la survie du Parc naturel régional. Il en va aussi, bien entendu, de l'avenir de l'homme dans ces territoires et même au-delà, j'allais dire, de ce qu'il faut faire pour que notre planète puisse demain vivre comme elle l'a toujours été avec l'homme, autour de l'homme et avec l'ensemble de la nature.

Voilà donc aussi aujourd'hui l'enjeu de ce colloque et je voudrais à mon tour, comme l'a fait Benoît Biteau, saluer tous les partenaires qui sont aujourd'hui présents. Il était naturel que le Parc naturel régional et que le Forum des Marais Atlantiques se lancent dans cette aventure.

Je voudrais bien sûr remercier très vivement l'Université de La Rochelle qui nous a suivi, mais aussi tous les partenaires avec en particulier la Communauté d'agglomération de La Rochelle et l'Agence de l'eau Loire-Bretagne. Je voudrais aussi remercier l'ensemble des partenaires que vous voyez ici sur cette diapositive. Sans eux, rien n'aurait été possible et je suis sûr qu'aujourd'hui, ce colloque va apporter beaucoup, tant en sensibilisation qu'en apport du point de vue scientifique. En tout cas j'ai grand espoir sur ce colloque pour l'avenir de notre Marais poitevin, mais aussi pour l'avenir de l'homme.

Je vous remercie tous.

Jean-Marc OGIER

Président de l'Université de La Rochelle

Monsieur le Président du Forum des Marais Atlantiques,
Monsieur le Président du Parc naturel régional Marais poitevin,
Monsieur le Conseiller communautaire délégué à la protection des écosystèmes aquatiques,
Communauté de représentants de la Communauté d'agglomération de La Rochelle,
Monsieur le Directeur général de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne,

C'est en ce jour d'annonce de la création d'un Haut conseil au climat qui va être annoncé par le Président de la République dans quelques heures, que je me réjouis vivement de l'organisation et de l'ouverture de ce colloque international consacré à l'adaptation des marais littoraux et au changement climatique qui fait beaucoup de sens pour l'Université de La Rochelle, comme cela a déjà été évoqué précédemment.

Effectivement, les enjeux climatiques et environnementaux pour les littoraux, notamment en zone urbaine, ne sont plus à démontrer à l'échelle globale comme à l'échelle locale.

Ça vient d'être évoqué par les collègues qui ont prononcé quelques mots juste avant que je n'intervienne, l'anthropisation des littoraux, les changements globaux, les changements climatiques, les changements environnementaux, les grands évènements que nous avons vécus sur notre propre territoire avec Xynthia, mais plus récemment en Indonésie ou en Floride, mettent en évidence qu'il est absolument nécessaire de s'emparer de la question de la gestion des zones littorales.

C'est précisément le cœur de la stratégie de notre université, l'Université de La Rochelle, puisque peut-être vous le savez ou vous ne le savez pas, mais si vous ne le savez pas je vous l'annonce : l'Université de La Rochelle a décidé de travailler sur sa spécialisation, et précisément de travailler sur la spécialisation autour du littoral urbain durable intelligent. C'est-à-dire de travailler dans une vision systémique, une vision holistique de la question du développement durable en zone littorale, au sein desquels évidemment la question des marais est une question centrale, puisqu'on sait que les marais sont des facteurs naturels de régulation du niveau de la mer, mais aussi des capteurs de carbone naturels.

D'ailleurs, cette caractéristique de capacité de capture du carbone naturel est un des éléments qui est exploité dans le projet Territoires d'innovation de grande ambition qui est co-porté par la Communauté d'agglomération de La Rochelle, le projet TIGA qui a pour ambition effectivement d'amener le territoire de La Rochelle à un territoire zéro carbone à l'horizon 2040. Tout ça dans cet objectif de servir le développement durable en zone littorale.

Donc notre souhait évidemment à l'Université de La Rochelle, c'est de travailler à l'image de ce qui se passe aujourd'hui dans une vision globale, dans une vision systémique, aux interfaces entre le scientifique, le citoyen et le décideur politique, et précisément, je remercie sincèrement les organisateurs de cette manifestation qui en sont le reflet puisque évidemment, l'ensemble des éléments de communication qui vont être donnés aujourd'hui, la conférence plénière qui sera donnée ce soir vont contribuer à cette sensibilisation à la fois du citoyen et des décideurs politiques sur la future conduite des politiques territoriales qui nous concernent.

Nous espérons que les éléments, et je crois que le youtubeur qui sera là ce soir va nous aider à ça, que les éléments qui vont être partagés aujourd'hui se propageront à l'échelle nationale et internationale pour que tout le monde puisse s'emparer de cette question.

Je vous souhaite une très très belle conférence et je vous remercie encore très sincèrement, je remercie en particulier Éric Chaumillon pour le pilotage de la programmation scientifique de cet évènement et tous les collègues de l'Université de La Rochelle, la communication, le laboratoire LIENSs, c'est tous les acteurs qui ont contribué à l'organisation de cette manifestation.

À très bientôt, au revoir.

Eric PERRIN

Conseiller communautaire délégué à la protection des écosystèmes aquatiques de l'Agglomération de La Rochelle

Monsieur le Président du Forum des Marais Atlantiques,
Monsieur le Président du Parc naturel régional du Marais poitevin,
Monsieur le Président de l'Université de La Rochelle,
Monsieur le Directeur de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne,
Mesdames et Messieurs les élus, Mesdames et Messieurs,

Je voudrais tout d'abord excuser Monsieur Jean-François Fountaine, Président de l'agglomération de La Rochelle, retenu par d'autres obligations, et vous dire que je suis très heureux de vous accueillir à La Rochelle pour ce colloque qui traite de questions majeures pour l'avenir de notre territoire.

Le changement climatique est certainement le plus grand défi auquel l'humanité sera confrontée au cours de ce siècle, tout particulièrement sur les territoires littoraux aux côtes basses comme celui de La Rochelle.

Face à ce défi, notre objectif est affiché : faire de La Rochelle le premier territoire littoral zéro carbone à l'horizon 2040 en retravaillant notamment la relation terre océan.

Ce positionnement unique constituera le fer de lance d'un programme ambitieux de développement humain et urbain basé sur cinq axes : l'efficacité du bâti et des réseaux, l'autoconsommation d'énergies renouvelables à multi-usages, la mobilité douce et autonome, l'écologie industrielle et enfin la préservation du littoral, des marais et des aires marines, le carbone bleu.

La mise en œuvre coordonnée de diverses actions permettra aux territoires rochelais de réduire de 50 % son empreinte carbone d'ici 2030 et d'aboutir à une compensation carbone complète du territoire à l'horizon 2040.

Dans ce cadre, dès 2019, nous engageons une grande action de sensibilisation du grand public, l'expo Climats Océan. L'exposition que notre ville va créer au sein du Musée maritime à deux pas d'ici sur le thème de l'océan et du climat est une préfiguration des ambitions futures de notre collectivité. Nous souhaitons alerter le public et mobiliser des acteurs d'importance sur ces enjeux climatiques. Nous avons la volonté de créer une exposition ambitieuse et immersive, une première intention pour initier le dialogue, mobiliser les consciences et placer La Rochelle au centre d'un grand débat que nous devons entamer à propos de l'océan et du climat.

Pour atteindre notre objectif zéro carbone, nous allons utiliser plusieurs leviers, dont le levier carbone bleu qui concerne le littoral et les marais. Le littoral et les zones humides littorales sont reconnus pour leur productivité parmi les plus élevées au monde. Elles offrent une forte capacité à piéger le carbone atmosphérique qui participe au réchauffement climatique. Dans l'objectif d'atteindre le bilan carbone équilibré sur le territoire de l'agglomération de La Rochelle, la prise en compte de ces milieux et de leurs usages est essentielle.

L'objectif général de ce levier est de développer des mesures pour réduire drastiquement l'impact des activités humaines sur la qualité de l'environnement littoral et protéger, développer les puits de carbone bleu et doter le territoire d'une stratégie intelligente d'adaptation au changement climatique face aux risques de submersion et d'érosion.

L'ambition est de s'appuyer sur notre écosystème littoral et ses composantes pour maximiser le piégeage de carbone à travers une démarche de préservation et de développement. Nous allons travailler à la préservation et à la restauration des zones humides du littoral jusqu'aux marais rétro littoraux, 6 500 hectares de marais sur l'agglomération, zones qui sont naturellement des puits de carbone, mais soumises à nos nombreuses pressions anthropiques : urbanisation, intensification de l'agriculture. Nous commencerons dès 2019 avec la mise en œuvre d'un projet très ambitieux de restauration des anciens marais salants de Tasdon au cœur de la cité.

Nous nous appuyons ensuite sur l'Université de La Rochelle, le Forum des Marais Atlantiques et les gestionnaires de ces espaces comme le Parc naturel régional du Marais poitevin, les réserves naturelles que nous avons sur le territoire, le Parc marin et le Conservatoire du littoral pour évaluer et suivre la captation du carbone par les zones humides, littorales et marais, intégrer cette fonction dans les stratégies de gestion future de ces territoires et accompagner les acteurs du territoire dans les mutations induites par ces futures stratégies d'aménagement du littoral.

Nous sommes convaincus que les marais littoraux sont de véritables atouts pour notre territoire face aux changements climatiques, par leur capacité à amortir les submersions marines et participer à la protection des biens et des personnes bien sûr, mais aussi par leur capacité à piéger le carbone et contribuer ainsi à atténuer le changement climatique.

Je vous souhaite un bon colloque et un bon séjour à La Rochelle. Merci.

Martin GUTTON

Directeur général de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne

J'entends presque dans l'intervention d'interpellation de Monsieur Catteau le souhait de pouvoir conclure maintenant ces propos liminaires, puisque vous l'avez vu, le programme est extrêmement chargé, passionnant, intéressant et vous avez évidemment hâte d'y rentrer.

Je dis quelques mots quand même, après les intervenants précédents, je vais m'inscrire un petit peu en prolongement de leurs propos. En effet pour souligner que les sujets que vous allez traiter pendant deux jours et demi sont des sujets d'actualité et que les manifestations qu'on voit ici ou là sur le terrain rentrent bien dans la même problématique de cette question du changement climatique et de la transition écologique.

Il ne faut pas que dans ces moments, on oublie finalement que tous les acteurs n'ont pas complètement intégré le sujet. On citait Monsieur Allègre, je ne sais pas où est Monsieur Allègre aujourd'hui, mais je pense qu'il y a encore quand même un certain nombre de personnes qui sont un peu dans la même interrogation que celle qui était la sienne il y a quelques années.

Et donc on a toujours des exemples aujourd'hui qui montrent que ces sujets ne sont pas intégrés. Et pour parler plus précisément de la question des zones humides ou des marais littoraux, on voit qu'ils restent menacés par un certain nombre de projets ici ou là qui montrent que tout ça mérite encore d'être travaillé, ce que vous allez faire pendant ces deux jours et demi.

Rappeler que les Agences de l'eau et les Comités de bassin ont travaillé sur ce sujet de l'adaptation au changement climatique. Les sept comités de bassin ont élaboré des plans d'adaptation au changement climatique qui ont été votés en 2017 et 2018 et qui ont fait l'objet d'un colloque national, seulement national - Benoît Biteau on n'est pas sur un colloque international pour les agences de l'eau - en présence de François de Rugy le 15 novembre, donc il y a peu de jours, où le ministre est venu montrer son engagement sur ces sujets.

Les Agences de l'eau, elles, sont évidemment dans la planification. Quand on travaille sur un plan d'adaptation au changement climatique qui a vocation à intégrer le Schéma directeur et d'aménagement et de gestion des eaux, on est dans la planification.

Les Agences de l'eau sont également, et vous le savez bien ici, des outils financiers au service de l'action. La planification, c'est bien, mais l'action évidemment est primordiale. Les Agences de l'eau viennent du monde de l'eau potable et de l'assainissement, elles ont souvent cette image, mais j'espère qu'ici, on en a une autre. Elles sont évidemment aussi présentes sur ce qu'on appelait « le grand cycle de l'eau », la gestion des espaces du milieu et dans leurs onzièmes programmes d'intervention qui vont démarrer le 1er janvier prochain. Les six Agences de l'eau métropolitaines consacreront des financements importants pour accompagner la préservation et la reconquête des zones humides. Beaucoup d'actions de ces programmes sont d'ailleurs orientées sur les sujets de l'adaptation.

On voit une réorientation assez forte de l'action des Agences de l'eau sur le grand cycle de l'eau. Elles seront d'ailleurs résolument engagées dans la deuxième phase des Assises de l'eau qui sont lancées et qui ont été lancées par le ministre le 9 novembre dernier. De nombreux évènements vont se dérouler également d'ici le mois de mars pour marquer l'engagement des acteurs sur de nouvelles actions en matière de la reconquête des milieux.

Voilà, je vous souhaite un bon colloque et trois jours de travail, d'échanges et de visites sur le terrain les plus riches possibles. Merci beaucoup.

2.2 | Changement climatique : où en est-on?

Alain MAZEAU

Climatologue
Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement

Merci de m'avoir invité. Je travaille dans un laboratoire qui s'appelle le Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, qui est en région parisienne. C'est un assez gros laboratoire, puisque nous sommes plus de 350 personnes en tout et nous appartenons à une fédération qui s'appelle l'Institut Pierre Simon Laplace, qui regroupe aussi des laboratoires travaillant sur le climat et l'environnement en région parisienne.

Nous étudions pour simplifier, le climat sous tous ses aspects, le climat à « tous les temps », c'est-à-dire que nous étudions ce qui se passe actuellement, notamment à cause des activités humaines, l'augmentation du gaz carbonique, les conséquences climatiques et autres, et le cycle du carbone. Le but ultime de nos recherches, le but principal si nous devions en définir un - parce que nous avons beaucoup d'activités y compris en pollution de l'atmosphère - c'est finalement de savoir ce qui nous attend, ce qui risque d'arriver dans 10, 20, 50, 100 ans et même au-delà, selon différents scénarios socio-économiques. Parce que la principale inconnue, c'est de savoir sur quel scénario d'émission de gaz à effet de serre nous pourrons nous placer.

I. LE PRÉSENT

L'objectif, c'est d'avoir des idées sur ce qui nous attend dans l'avenir. Et pour comprendre le système climatique, le présent ne suffit pas. On étudie aussi les climats du passé avec les archives climatiques, les glaces polaires, les sédiments marins. J'en dirai quelques mots, ça met en perspective les variations actuelles.

Le présent : météo, climat, réchauffement effet de serre...

En général dans ces exposés, je commence toujours par le distinguo entre météo et climat.

Les évènements météorologiques, c'est le court terme, vous le savez bien. Je ne vais d'ailleurs pas trop m'appesantir puisque l'objet du colloque, ce sont les liens entre météo et climat. C'est par exemple les inondations. Dans la région ça peut être des problèmes liés aux tempêtes, vous avez été durement impactés. C'est aussi des sécheresses. Dans d'autres régions du monde, ce sont les cyclones… donc ça, c'est de la météo, c'est du court terme, c'est quelques jours, ça peut être une saison.

Le changement climatique, c'est en général regarder l'évolution de la tendance. Est-ce qu'en tendance, la moyenne change en quelque sorte. Et pour regarder l'évolution du climat, on se place sur 30 ans.

Est-ce que maintenant par rapport à il y a 30 ans, les choses ont significativement changé en moyenne, que ce soit l'élévation de la température, les précipitations, la fréquence et

Liens Climat –météo.. parfois complexes

Diapo 03 > Météo

l'amplitude de ces évènements extrêmes.

J'en profite pour dire que les liens entre météo et climat sont en général assez complexes.

Par exemple, les tempêtes, les cyclones, on pense qu'à cause du réchauffement climatique, ils ne seront pas forcément plus nombreux (encore que ça dépend des régions), mais ils seront plus intenses parce que le réchauffement apporte davantage d'humidité dans l'atmosphère et la vapeur d'eau dans l'atmosphère, c'est le moteur de ces cyclones et tempêtes.

Le climat

Ceci est déjà un aspect climatique : c'est la mer de Glace.Si on compare par rapport aux photos du début du siècle, on voit que les glaciers ont énormément fondu et un glacier c'est déjà un intégrateur, c'est-à-dire qu'il n'est pas très sensible.

Si une région, si une saison est froide, sèche, arrosée ou pas, c'est vraiment déjà un intégrateur des variations sur plusieurs dizaines d'années.

Donc l'évolution d'un glacier raconte davantage le climat que la météo.

Le réchauffement climatique

Voici l'évolution de la température du globe mesurée à la surface de la Terre depuis les années 1880. On voit qu'il y a des fluctuations : ce sont des écarts par rapport à la moyenne sur le vingtième siècle. Et en fait, on voit que surtout à partir des années 1980, il y a une tendance marquée au réchauffement, même si ce n'est pas chaque année, juste un tout petit peu plus, il y a des fluctuations parce que le système climatique est un système complexe.

Mais on voit quand même la tendance nette à l'évolution des températures. C'est compliqué, en particulier le phénomène El Niño qui joue sur les fluctuations qu'on voit sur cette courbe.

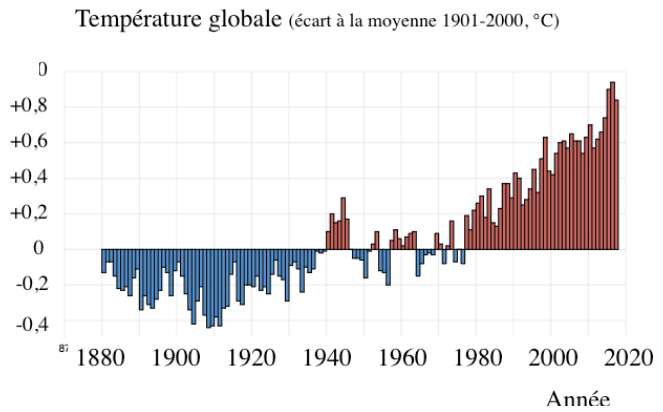
Le réchauffement climatique et les activités humaines

Les activités humaines, là c'est encore un rappel. Mais après tout, quel est le problème ?

On va chercher dans les sous-sols des combustibles fossiles, du pétrole, du charbon, du gaz, on le brûle et ça émet du gaz carbonique qui va dans l'atmosphère.

Le problème, c'est que ces combustibles fossiles émettent du gaz carbonique supplémentaire qui n'était pas dans le système. On va donc chercher dans les sous-sols ces combustibles fossiles qui se sont formés il y a très longtemps, du genre 200 millions d'années pour remonter aux époques géologiques et en le brûlant, on rajoute

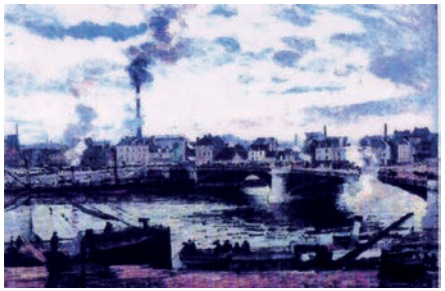
Diapo 04 > Climat



Diapo 05 > Température globale

.. on brûle du pétrole, du charbon et du gaz issus du sous-sol

Cela rajoute du gaz carbonique (CO_2) dans l'atmosphère, qui est un gaz à effet de serre



Dès le 19ème siècle..

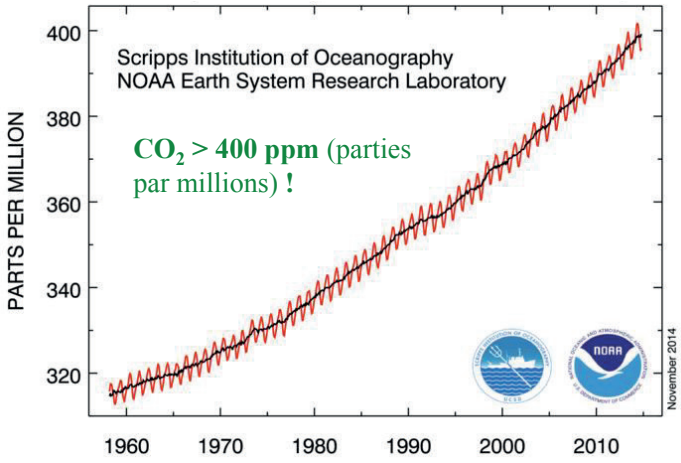
Diapo 06 > Activités humaines

du gaz carbonique dans l'atmosphère. Et ça a commencé dès le dix-neuvième siècle avec le charbon. Et en fait, ce gaz carbonique, c'est un gaz à effet de serre.

L'augmentation du CO_2 atmosphérique

L'augmentation du CO_2 atmosphérique est en fait en préindustriel. C'est quasiment le seul chiffre que je vais vous donner : on était à 280 particules par million, c'est-à-dire 280 molécules de CO_2 par million de molécules d'air et là, on a dépassé les 400, à cause de ce CO_2 supplémentaire qu'on rajoute dans l'atmosphère par la combustion des fossiles.

Vous voyez sur cette courbe une petite oscillation, au-dessus de la tendance ? Ce sont les saisons. Au printemps, la végétation prend du CO_2 dans l'atmosphère, photosynthèse, à l'automne, donc on est plutôt en dessous de la tendance, à l'automne, feuilles mortes, tout ça, décomposition, ça rajoute du CO_2 dans l'atmosphère, donc on est plutôt au-dessus de la courbe. Donc la modulation de la courbe rouge que vous voyez là, finalement c'est la respiration saisonnière de la planète. Mais ce qui compte, c'est la tendance qui est bien marquée et qui n'a pas tellement tendance à ralentir.



Diapo 07 > L'augmentation du CO^2 atmosphérique

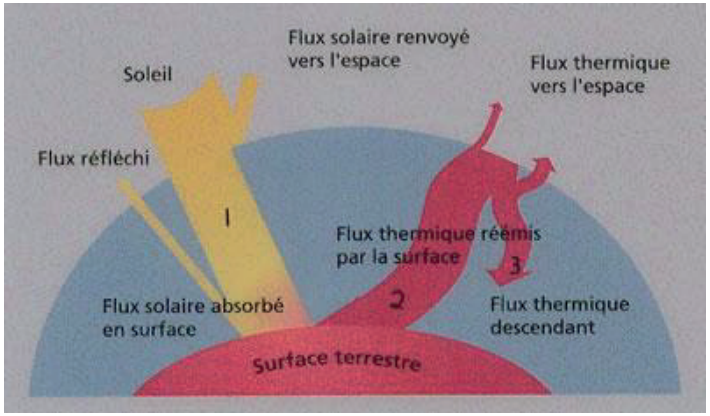
L'effet de serre

L'effet de serre, je vais le décrire rapidement. Vous avez la lumière du soleil qui traverse l'atmosphère. Cette énergie lumineuse, elle est entravée par les nuages à l'entrée. Des nuages à la sortie entravent la sortie de la chaleur donc les nuages ont un rôle important. Mais si on doit juste dire en trois mots ce qu'est l'effet de serre : vous avez l'énergie lumineuse, la lumière du soleil qui traverse l'atmosphère et au contact de la matière, cette énergie lumineuse est transformée en énergie thermique.

Vous vous en rendez compte l'été si vous approchez votre main d'une pierre noire qui est brûlante, c'est l'énergie lumineuse qui a été convertie en énergie thermique. Cette énergie thermique veut repartir sous forme d'infrarouges, qu'on peut voir avec les caméras thermiques si vous voulez, mais ces infrarouges, leur départ est entravé par la présence des gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

C'est un peu comme s'il y avait une couverture invisible dont l'efficacité est d'autant plus grande qu'il y a beaucoup de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Et plus cette couverture est efficace, plus il fait chaud dessous, pour dire les choses simples.

Alors en deux mots, il faut bien voir que des gaz à effet de serre, on a en besoin dans l'atmosphère. Il y a d'ailleurs la vapeur d'eau. Pour l'instant, les activités humaines n'ont pas trop changé la teneur atmosphérique de la vapeur d'eau. Ça peut augmenter de la vapeur d'eau, c'est un effet secondaire. Et il y a aussi du gaz carbonique avant les activités humaines. Parce que s'il n'y avait aucun gaz à effet de serre dans



Diapo 08 > L'effet de serre

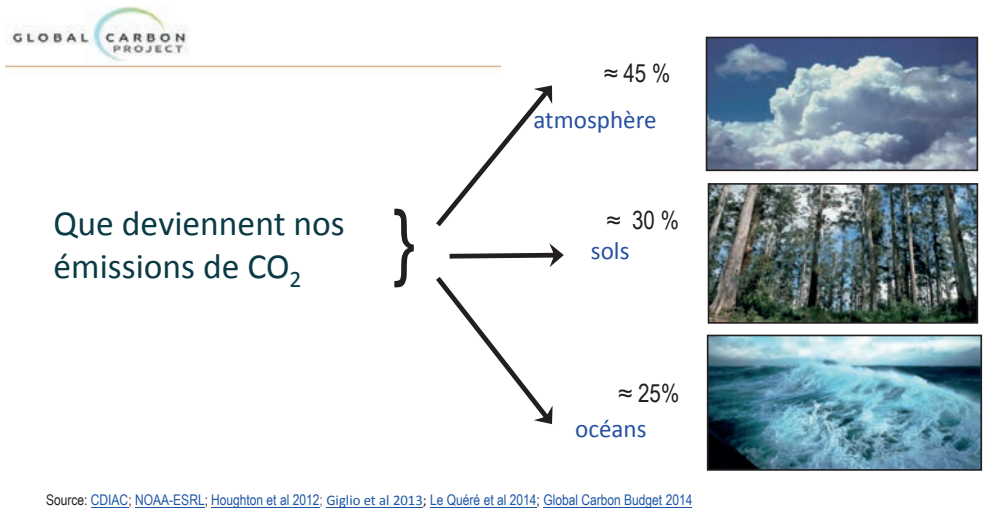
l'atmosphère, il ferait moins 18°, ça n'irait pas non plus. Simplement, on en rajoute beaucoup en utilisant massivement les combustibles fossiles. On augmente donc l'effet de serre.

Nos émissions à effet de serre

Alors que devient ce CO_2 ? Que deviennent nos émissions de CO_2 ?

Il y en a environ un quart qui va se dissoudre dans l'océan, sachant que ce n'est pas parfait, parce que le CO_2 dissous dans l'eau a un caractère acide (cf.diapo 10). Donc le problème annexe c'est l'acidification des océans qui pose des problèmes aux coraux et la barrière de corail se blanchit sous l'effet de l'acidification et de la chaleur.

Il y en a environ un tiers qui est repris par les sols. Vous en avez parlé très rapidement, et puis vous en reparlerez ici. Il y en a environ un tiers qui est réenfoui dans les sols, par exemple dans les marais, mais 25 et 30 ça ne fait pas le compte. Il y a 45 % qui restent dans l'atmosphère et qui s'accumulent année après année.



Diapo 09 > Nos émissions à effet de serre

Diapo 10 > L'acidification des océans

II. LE PASSÉ : RECONSTRUIRE LES VARIATIONS PASSÉES DU CLIMAT

Le passé...

Le passé, je vais aller assez vite. Il faut savoir qu'on a des archives climatiques assez nombreuses, par exemple les anneaux d'arbres qui nous racontent les variations climatiques sur un bon millier d'années, voire plus.

On a les carottes marines, diapo 13, qui nous racontent l'histoire du climat vue par l'océan, c'est-à-dire la température de l'océan, sa stratification, son activité biologique et les courants, est-ce que c'étaient les mêmes ? Comment ils ont varié dans le passé ?

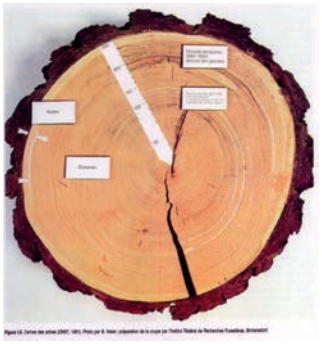
C'est quand même très important d'avoir une idée de comment était l'océan, comment il a varié dans le passé et je pense que vous avez tous, entendu parler des glaces polaires.

Les glaces polaires

Les glaces polaires nous renseignent sur plein de choses et notamment ça date des années 1980, il y a des petites bulles d'air emprisonnées dans la glace.

En fait, lorsqu'au début, c'est de la neige, la neige se dépose, l'air peut circuler entre les flocons de neige. La neige s'accumule. C'est comme si vous tassiez de façon très forte la neige qui se transforme en glace, et l'air est emprisonné et comprimé dans ces petites bulles et on retrouve l'atmosphère du passé prisonnière dans la colonne de glace.

Et en fait, les grands forages qui ont été faits en Antarctique notamment, permettent de remonter jusqu'à 800 000 ans, c'est-à-dire qu'on peut mettre en perspective ce qu'on fait actuellement avec des activités humaines sur les variations naturelles sur presque un million d'années.



- Température, humidité..
- Echelles d'âges: ici il suffit de compter !

Diapo 12 > Cernes d'arbres

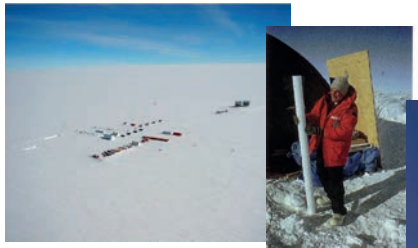
Variations passées du climat : sédiments marins

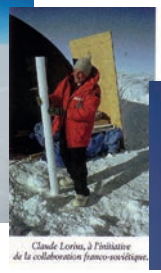
Le navire français « Marion-Dufresne »

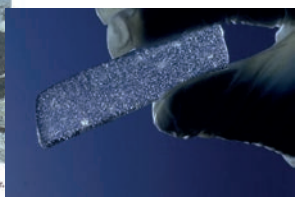
Le carottier géant « Calypso »

Diapo 13 > Variations passées du climat

Les glaces polaires







Diapo 14 > Les glaces polaires

Ceci, diapo 16, est un zoom sur le dernier millier d'années en préindustriel. Vous voyez que c'était aux alentours de 280 comme je vous l'ai dit, 280 ppm. Et vous voyez l'élévation rapide au cours du début qui a commencé au dix-neuvième siècle et qui s'est accéléré sur ces dernières dizaines d'années pour dépasser les 400 ppm. Voilà donc ça, c'est l'activité humaine et ce sont des mesures.

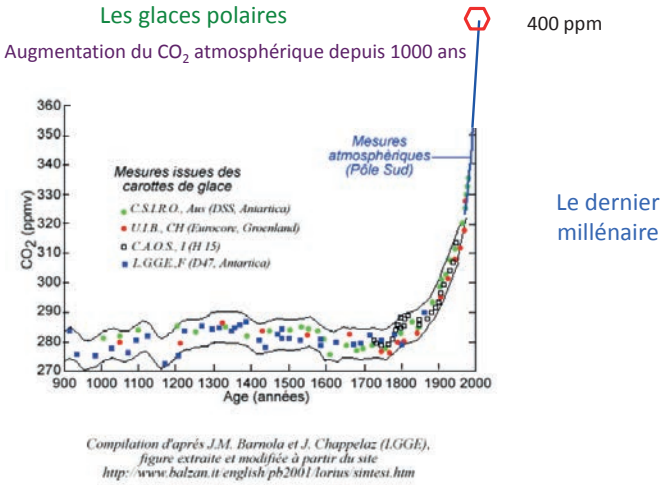
Alors cette courbe, diapo 17, est quand même assez importante. C'est ce que nous racontent les glaces sur 800 000 ans.

En fait, sur 800 000 ans, il y a des cycles climatiques naturels avec une alternance de périodes glaciaires. On était au dernier maximum glaciaire il y a 20 000 ans et depuis 10 000 ans, on est dans un interglaciaire, c'est-à-dire une période naturellement chaude, et on réchauffe par rapport à une période naturellement chaude.

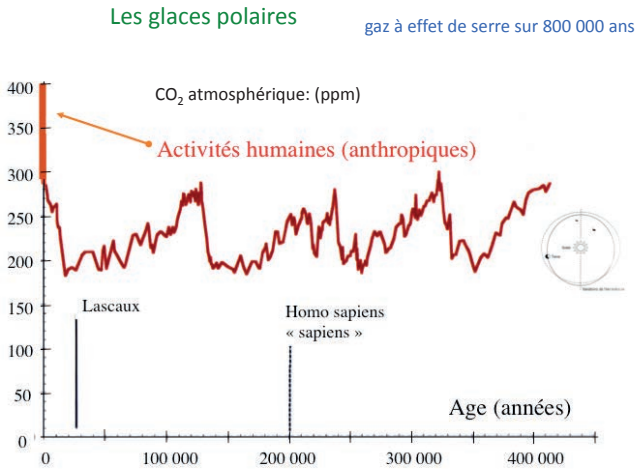
Et donc c'est cette courbe en dents de scie, voilà, 400 000 ans, 300 000 ans, 200 000, 100 000 ans. Et la principale périodicité, la principale cyclicité, c'est environ 100 000 ans, c'est-à-dire qu'il y a une répétitivité d'environ 100 000 ans.

Et en période interglaciaire, on est vers 280, à peu près comme la période actuelle, qui est ici, un peu plus haute peut-être, en période glaciaire, on était seulement à 180 pour l'abondance du CO^2 atmosphérique. En quelques dizaines d'années, donc 100 000 ans, 50 000 ans, 20 000 ans, 10 000 ans, 1 000 ans, on est passés de 280 à 400 (partie gauche de la courbe).

Donc les activités humaines par rapport à ce qui s'est passé au cours des 400 000 dernières années, nous ont vraiment fait sortir de la variabilité naturelle. Il faut bien se dire que ça ne peut pas ne pas avoir un impact important.



Diapo 16 >Augmentation du CO_2 atmosphérique depuis 1000 ans



Diapo 17 > Gaz à effet de serre sur 800 000 ans

III. LE FUTUR : ... LA MODÉLISATION (SIMULATION NUMÉRIQUE)

Le futur, la simulation numérique, c'est une activité essentielle, notamment dans le cadre des travaux du GIEC.

Ce sont des modèles complexes, parce que le système climatique est complexe.

L'océan, l'atmosphère, la végétation, les glaces, etc., ce sont des modèles qui sont assez proches des modèles météo sauf qu'on ne leur demande pas de nous prédire le temps qu'il va faire le 27 juillet 2082, ce serait impossible, mais on leur demande de nous dire en tendance, est-ce que dans les années 2050, il fera plus chaud et de combien, et où ? Les précipitations, est-ce qu'elles auront changé et de combien et où ? Le niveau marin, il aura augmenté de combien ?

Modéliser le Climat : comment ?

Les modèles du climat, c'est ça. Alors on découpe l'atmosphère, l'océan et tout ça, on découpe le système en petites cases. Je ne vais pas insister là-dessus.

Évidemment, les calculs sont faits selon différents scénarios : des scénarios où on réussit la transition écologique, où on émet moins de CO_2, où on stabilise nos émissions de CO_2 voire on les réduit, des scénarios où on réussit à moitié la transition écologique et des scénarios où on ne réussit pas.

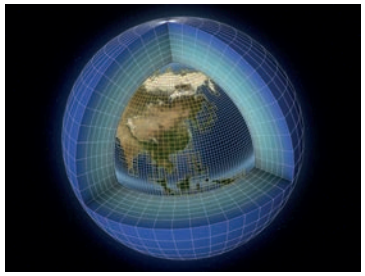
La modélisation

Et ce qu'il faut bien voir, c'est que sur cette courbe illustre que par exemple pour un scénario donné de stabilisation à 550 particules par million, on est à 400.

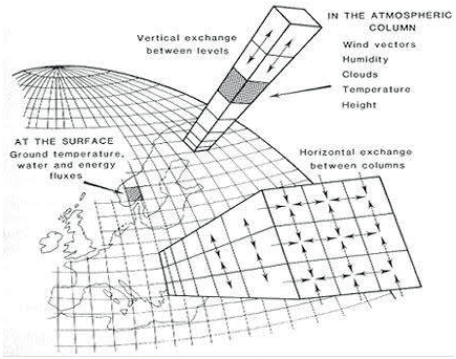
Il y a des incertitudes, disons scientifiques, c'est-à-dire les différents modèles de la communauté internationale ne décrivent pas tous exactement les choses de la même façon. Ils ne font pas tous exactement les mêmes pronostics.

Donc cette zone en grisé mauve, c'est l'incertitude scientifique, la différence des résultats des modèles.

Même chose pour un scénario médian où on stabilise à 700 la quantité de CO_2 dans l'atmosphère. Là, on est d'ailleurs sur le scénario rouge, donc cette courbe montre ce qui risque d'arriver selon différents scénarios et surtout, ça montre qu'il y a une incertitude scientifique bien sûr, mais c'est surtout l'incertitude sociétale qui est importante, et ça c'est une incertitude de citoyens.

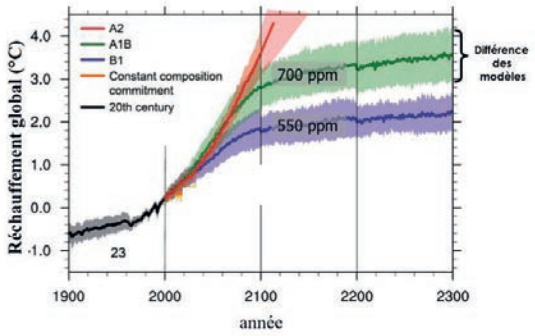


Construction d'un modèle :
mailles



Diapo 18 > Modéliser le climat : comment ?

l'incertitude sociétale: quel sera le scénario des émissions ?



- Plusieurs scénarios possibles**: allons-nous réduire ou pas nos émissions de gaz à effet de serre ?**

Diapo 19 > Le futur... la modélisation

Changements de précipitations

Voilà, le changement du climat, ce n'est pas que la température, c'est aussi les précipitations. On pense que le bassin méditerranéen sera plus chaud, plus sec. C'est ce que montre cette courbe.

IV. QUELQUES CHIFFRES

Quelques chiffres sur l'énergie...

Ceci est la consommation d'énergie globale du monde, si vous voulez. C'est les années 1820 à 2000. En bleu, le bois Bio Fuel. En rouge, le charbon qui a commencé au dix-neuvième siècle. En vert, le pétrole qui a vu sa consommation exploser après la Deuxième Guerre mondiale, en violet, le gaz naturel, en turquoise les barrages. En orange et marginal à l'échelle du monde, même si en France on a 80 % de notre électricité faite avec le nucléaire.

Mais voyez notre dépendance aux combustibles fossiles, globalement ce n'est pas rien du tout. C'est pour ça que c'est difficile. C'est tout ça qu'il faut réduire. Il faudra jouer sur tous les leviers aux échelles locales, régionales, changements de politique énergétique, développement des énergies alternatives. Je n'ai pas le temps de développer, mais je vous montre l'ampleur du problème.

Consommation en CO_2 par habitant et par an

Voici la consommation par habitant et par an :

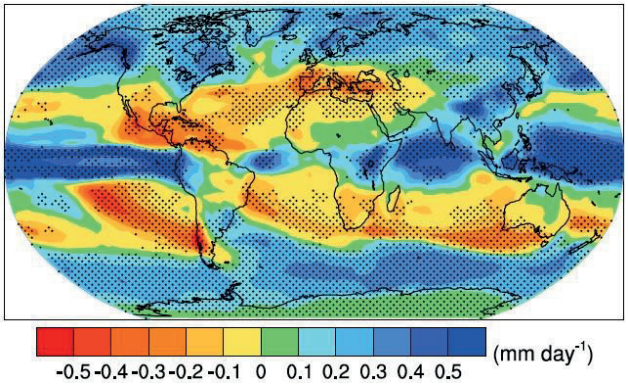
- États-Unis 16 tonnes de CO_2 d'émissions par habitant et par an,

- en France avec le nucléaire on a un assez bon résultat, cinq tonnes,

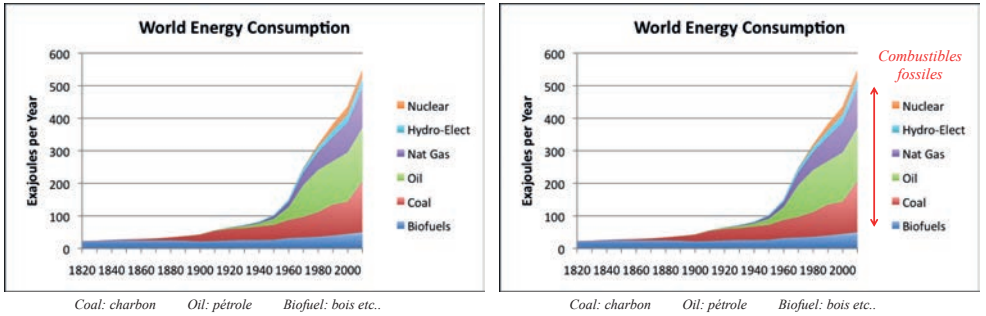
- Allemagne qui est au milieu du guet, elle peut très bien réussir sa transition énergétique et là, ce sera un vrai succès, mais en attendant, ils font appel au charbon donc ils sont à 9.

Le monde émet 5 tonnes de CO_2 par habitant et par an. Si on voulait stabiliser le climat, il faudrait émettre seulement 1,5 tonnes par habitant et par an. Les pays en voie de développement n'émettent quasiment rien. Donc ce n'est pas forcément à eux qu'il faut d'abord faire porter l'effort. Voilà, j'ai quasiment fini.

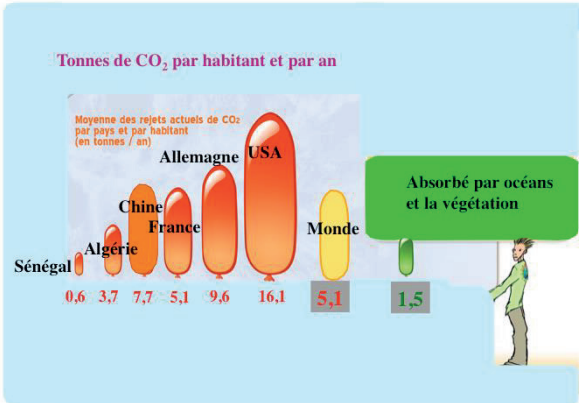
Changements de précipitations



Diapo 20 > Changements de précipitations



Diapo 21 à 22 > Quelques chiffres sur l'énergie



Diapo 23 > Consommation en CO_2 par habitant par an

Le changement climatique, ce n'est pas que la température...

Le changement climatique, ce n'est pas que la température : fonte des glaces, niveau des mers, c'est l'acidification, les pluies, tempêtes, rivières... Il y a tout le cortège qui va avec l'élévation de température.

C'est aussi des inconnues : le dégel du sol gelé en Sibérie qui peut émettre des quantités de méthane importantes. Et c'est un peu pour ça qu'on pense qu'il faut ne pas réchauffer trop au-dessus de 1,5 degrés.

Vous avez entendu parler du rapport qui dit de ne pas dépasser un degré et demi de réchauffement, parce que si on dépasse vraiment un degré et demi, ce sera dur. D'ailleurs, on risque des effets d'amplification assez importants, notamment via le méthane.

Les défis

Les défis, c'est la dernière diapo. Défis scientifiques, il y a encore plein de questions qui se posent. On ne sait pas tout, plein d'inconnues.

Mais il y a aussi beaucoup de défis sociétaux. Je n'ai pas besoin d'en parler, je pense que BFM et les autres se chargent par les Gilets jaunes et tout ça de nous le rappeler toutes les heures. Il faut donc essayer d'agir au plus vite. À toutes les échelles, il n'y a pas de solution magique, il faut vraiment à toutes les échelles essayer d'agir.

Vous voyez que ce n'est pas facile encore une fois, voyez l'actualité, avec des questions qui ne sont pas évidentes. Qu'est-ce qu'un changement climatique acceptable ? Qu'est-ce qu'une adaptation acceptable ?

Ça ne va pas être la même chose pour quelqu'un qui est au Sahel et quelqu'un qui est au Nord Canada. Je vous remercie.

Le changement climatique : pas que la température …

- Fonte des glaces continentales (Groenland, Antarctique, glaciers…), moins de banquise

- Niveau des mers
- Acidification des océans

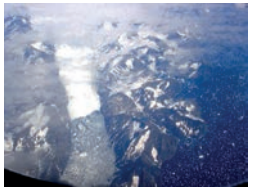
- Pluies, rivières, canicules, sécheresses,
- Tempêtes, cyclones

- Dégel de sols gelés en Sibérie: émissions de Méthane (autre gaz à effet de serre)

- Etc …

Diapo 25 > Le changement climatique : pas que la température

Les défis …



Défis scientifiques

- Comprendre les mécanismes des changements du climat
- Prévoir le risque climatique à venir et ses impacts

Défis sociétaux

- S'adapter
- Limiter le réchauffement c'est limiter les conséquences sur les sociétés et la nature.

Agir au plus vite..

.. Citoyens, Villes, Régions, Pays, International..

⇒(limiter le réchauffement à 1,5 ou 2 °C)

Qu'est-ce qu'un changement climatique acceptable?…
Qu'est-ce qu'une adaptation acceptable ??

Diapo 26 > Les défis

Éric CHAUMILLON

Université de La Rochelle,
UMR CNRS 7266 LIENSS

2.3 | Introduction du Colloque & Histoire géologique des marais littoraux Généralités et exemple des marais charentais

Bonjour à tous. Merci pour votre présence.

Il y a déjà eu des introductions, mais comme je suis conseiller scientifique de cette manifestation, je vais quand même vous donner deux trois éléments très rapides.

D'abord c'est vraiment l'idée de la science vers le citoyen. Nous, chercheurs, sommes censés produire de la connaissance, la publier dans des publications scientifiques en anglais et là, l'idée, c'est vraiment d'aller vers le citoyen. Ce qui a vraiment été pointé du doigt, c'est un manque de connaissances et de stratégies partagées entre les experts, les citoyens et les décideurs. Vous savez à quel point il y a des problèmes de communication dans ces trois mondes et donc nous avons cette politique de la main tendue. On veut aller vers les décideurs et vers les citoyens pour communiquer.

Enfin le dernier aspect, c'est la profusion des publications scientifiques. Seuls mes collègues peuvent comprendre cette phrase. C'est-à-dire que c'est extrêmement difficile de lire tout ce qui est produit, même sur une spécialité très pointue. Il y a donc nécessité de faire des synthèses parce qu'on s'y perd. Les étudiants qui sont présents pourront aussi en témoigner.

Ainsi, c'est le troisième colloque de ce genre-là. On en a fait un en 2010, et on en avait fait un mémoire en français. Et pour le colloque de 2014 sur les submersions, on a fait une «review» comme on dit en anglais pour faire l'état de l'art sur cette problématique submersion. Je me tourne vers les collègues scientifiques, peut-être que si on a l'énergie et le temps, ça ne serait pas mal de conclure avec un article de ce type-là.

- La Science vers la société et les citoyens
- Manque de connaissance et stratégie partagée Experts / Gestionnaires / Acteurs
- Profusion des publications scientifiques : nécessité de synthèses

Earth-Science Reviews 165 (2017) 151–184

Contents lists available at ScienceDirect

Earth-Science Reviews

journal homepage: www.elsevier.com/locate/earscirev

Invited review

Storm-induced marine flooding: Lessons from a multidisciplinary approach

Eric Chaumillon [a,*], Xavier Bertin [a], André B. Fortunato [b], Marco Bajo [c], Jean-Luc Schneider [d], Laurent Dezileau [e], John Patrick Walsh [f], Agnès Michelot [g], Etienne Chauveau [h], Axel Créach [h], Alain Hénaff [i], Thierry Sauzeau [j], Benoit Waeles [k], Bruno Gervais [l], Gwenaële Jan [m], Juliette Baumann [a], Jean-François Breilh [n], Rodrigo Pedreros [o]

Diapo 02 > Introduction

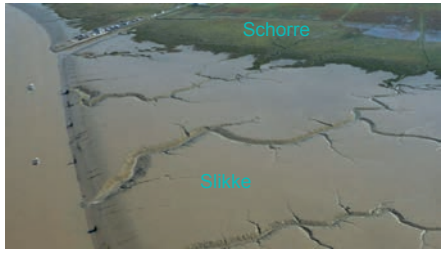
INTRODUCTION DU COLLOQUE

Les Marais Littoraux

Alors une question qui revient tout le temps : c'est quoi les marais littoraux ? Puisque c'est un des mots clés ici, et que finalement je me suis rendu compte sur différentes réunions scientifiques que les différents acteurs, les collègues même, n'étaient pas tout à fait d'accord.

Voici deux photos qui montrent ces marais en question. Vous reconnaissez ce qu'on appelle la slikke, la vase nue (1), ici le pré-salé (2). C'est le même secteur : on est dans la baie de l'Aiguillon. Si on regarde vers la mer, on retrouve la slikke et puis le schorre qui est devant. On voit aussi des zones humides qui sont abritées par des digues. On fait ce qu'on appelle marais dans ce colloque : ce sont toutes ces zones basses, c'est-à-dire à la fois les prés-salés et les marais rétro littoraux.

Alors ce n'est pas la même chose puisque le pré-salé, tous les mois, à chaque grande



Diapo 03 > Les Marais littoraux

vive eau à marée haute, reçoit l'eau de mer et évidemment les champs qui sont derrière leurs digues, en principe ne reçoivent pas d'eau de mer. Voilà donc les mots.

Le graphique ci-dessus est une petite coupe topographique qui a été réalisée par un autre ingénieur (SIG), Cécilia Pignon, je la remercie, car c'est très instructif.

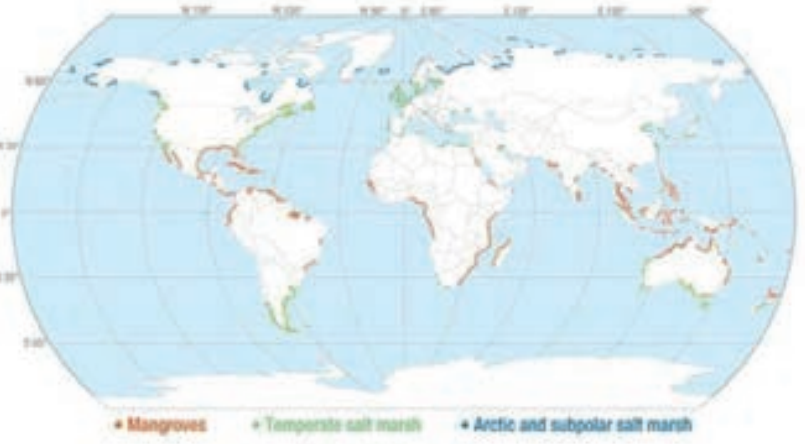
C'est la coupe qui va du rocher de la Dive jusqu'à la mer et c'est le lieu de notre excursion. On ira sur le rocher de la Dive et ensuite tout près de la digue de 1965.

En fait, on retrouve ces compartiments. Ce qu'il faut absolument retenir, c'est qu'en pointillés c'est le niveau des plus hautes eaux marines et en continu, l'évènement de référence, la catastrophe Xynthia. Voyez qu'on est absolument largement en dessous du niveau des mers et donc c'est pour ça qu'on souhaite vous parler du niveau des mers.

20 à 60 % des zones humides côtières pourraient être submergées avant 2100

Alors où est le problème ? Le problème, c'est que selon les publications - je vais citer cette référence (Titus, 1988 ; Nicholllset al., 2007 ; Craftet al., 2009), on s'attend à ce qu'en 2100, 20 à 60 % des zones humides côtières soient submergées. Donc voilà, c'est le problème. Je ne vais pas aller plus loin, je pense que ça suffit.

(From David B. Scott, 2014)



Diapo 05 > 20 à 60 % des zones humides côtières pourraient être submergées avant 2100

I. HISTOIRE GEOLOGIQUE DES MARAIS LITTORAUX

2° plus grande plaine côtière de France, Pourquoi ?

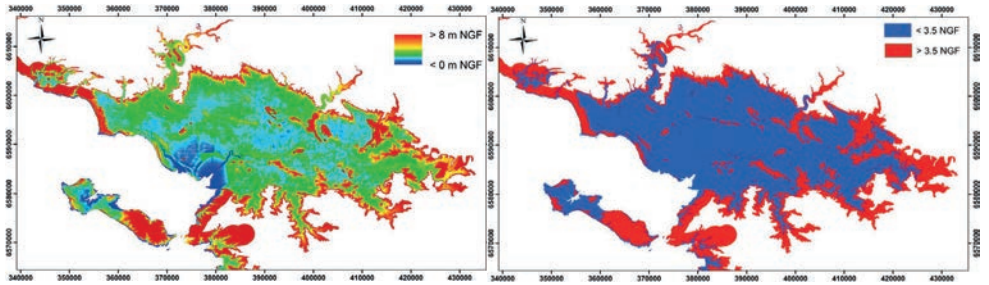
Revenons sur le Marais poitevin. J'ai pris ce fil conducteur puisque vous avez vu que cette manifestation est en partie financée par le Parc régional du Marais poitevin via le programme Life. Ce programme est un programme européen dont le but est de restaurer des zones naturelles. Et dans ces programmes européens, on demande aux scientifiques de faire un retour au citoyen, et le voici : je parle du Marais poitevin. C'est un exemple et tout ce que je vais dire est aussi valable pour la plupart des marais littoraux.

La fig.01 est un modèle numérique de terrain qui montre la topographie. La fig.02 est issue de la thèse de Jean-François BREIHL qui est aussi présent.

Il avait mis en bleu tout ce qui est en dessous des plus hautes eaux marines, et 70 km dans les terres, on est toujours sous le niveau des mers.

Alors comment on en est arrivés là ? En fait, la question, elle est là. Comment on a pu faire un territoire aussi vaste sous le niveau des mers ?

Il faut faire un petit peu d'histoire géologique. Je suis géologue, c'est moi qui m'y colle très rapidement.



Diapo 06 > 2e plus grande plaine côtière de France

Le contrôle par le tracé des vallées incisées

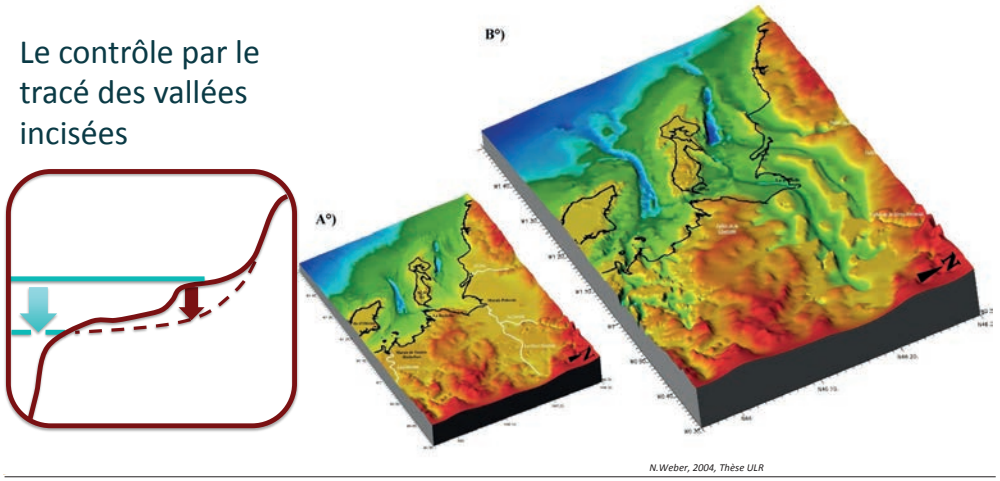
Donc ça, c'était un doctorat que j'ai dirigé en 2004, mais depuis il n'y a pas eu de nouveau sur cet aspect-là.

Tous ces marais littoraux - et c'est valable à l'échelle de la France, des Etats-Unis et du nord de l'Europe - sont installés sur des vallées incisées. Pour bien comprendre la légende, c'est la topographie d'aujourd'hui (A°), la topographie, la bathymétrie et là, on a enlevé les sédiments. On a enlevé les sédiments (B°) et qu'est-ce qu'on voit ?

On voit des contours sinueux de vallées et que ces pertuis se sont installés là-dessus. Géologiquement, ça commence comme ça.

Un petit dessin pour comprendre : en fait, comme Monsieur Mazeau l'a évoqué, tous les 100 000 ans, on change la concentration de CO^2 et on passe de l'ére glaciaire à inter-glaciaire. Et quand on est inter-glaciaire, que la mer est haute, c'est ce qui est représenté sur le croquis. Et en période glaciaire, la mer baisse, et quand la mer baisse, les fleuves rattrapent leur niveau de base, c'est-à-dire qu'ils vont s'encaisser pour retrouver un profil d'équilibre.

Et c'est ça, l'explication de ces vallées et tous ces estuaires, les deltas, les lagunes...



Diapo 07 > Le contrôle par le tracé des vallées incisées

Toutes ces zones basses partout dans le monde sont installées sur ces vallées. Alors comment on sait qu'il y a des sédiments ? Comment on connaît les âges et comment on repère le bedrock? Là on peut faire de la géophysique, mais je vais simplement parler des carottes.

Comblement sédimentaire < 10000 ans (Holocène)

Ceci est donc un autre exemple qui se situe un peu plus dans le sud, c'est l'exemple de la Charente.

Ce dessin représente un forage qui a été publié dans les années 90 par Bourgeuil et qui montre une séquence typique de ce qu'est un comblement de marais. Qu'est-ce qu'on a sous les pieds dans le marais ?

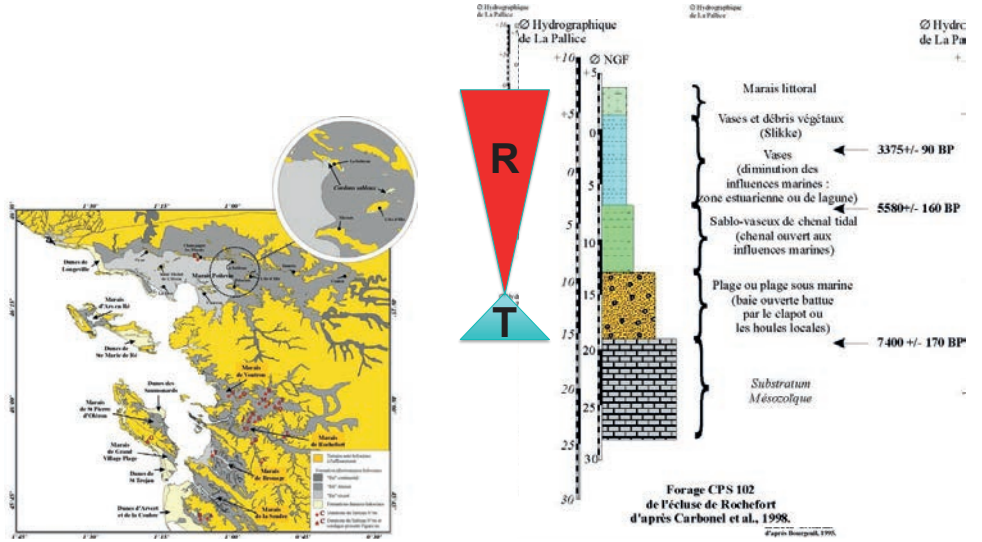
Vous repérez bien sûr ce qu'on appelle le bedrock, le socle rocheux : c'est lui qui a été creusé par les variations du niveau des mers.

Et puis vous voyez une séquence sédimentaire. Pour les non-géologues, plus les bâtons sont larges, plus c'est grossier. Donc on a ce qu'on appelle une séquence granodécroissante, qui est tout à fait typique des marais partout dans le monde. Qu'est-ce qu'elle veut dire, cette séquence granodécroissante ?

On commence avec du sable et voyez, on a des dates. Cela signifie que la mer est une plage sous-marine. Elle arrive là à Rochefort il y a environ 7 400 BP. Et ensuite qu'est-ce qui se passe ?

Cette diminution de granulométrie va montrer l'enregistrement de chenaux de marée, puis de slikke, la fameuse slikke que j'ai montrée tout à l'heure. Et puis on va finir avec des marais littoraux, les schorres, et puis la zone rétro littorale. Et donc on a des datations de ça, on sait à peu près le temps qu'il a fallu pour mettre en place tout ça. C'est typiquement ce qu'on appelle en géologie une séquence transgressive : la mer arrive. Une séquence régressive, c'est la mer qui recule et qui est remplacée par du sédiment.

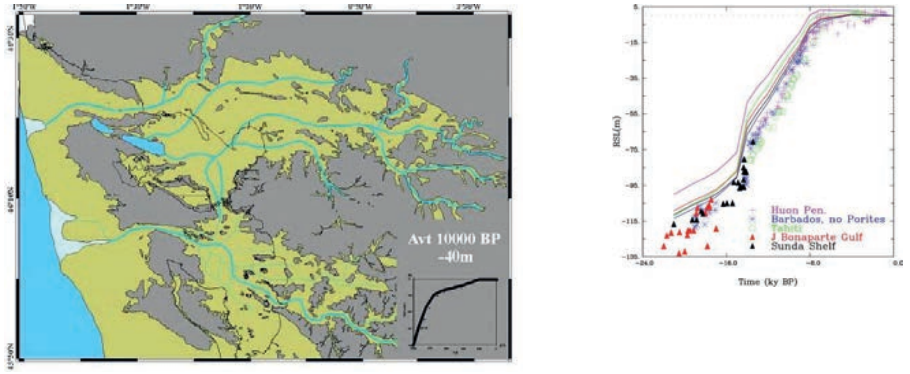
À plusieurs reprises, nous allons vous parler de sédiments parce que c'est la seule option pour lutter contre l'élévation du niveau des mers de façon naturelle.



Diapo 08 > Comblement sédimentaire

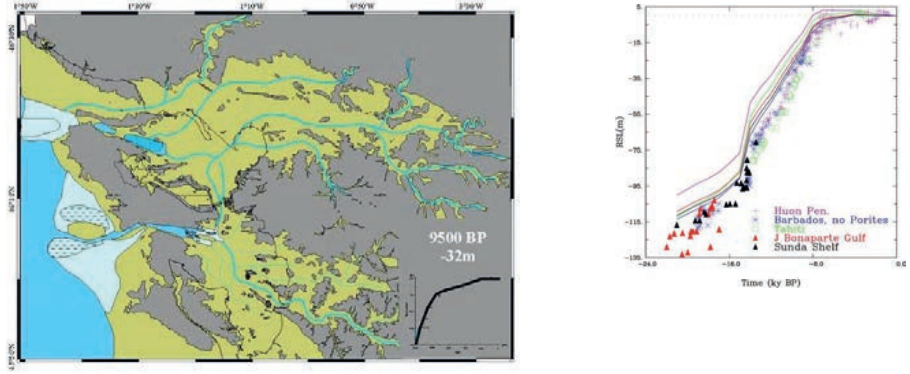
Variations du niveau marin : transgression

Ces animations montrent ce que sont les transgressions : la mer gagne du terrain et au paysage à 6500 BP ou 4500 ans avant Jésus-Christ, nous sommes au maximum d'inondations.



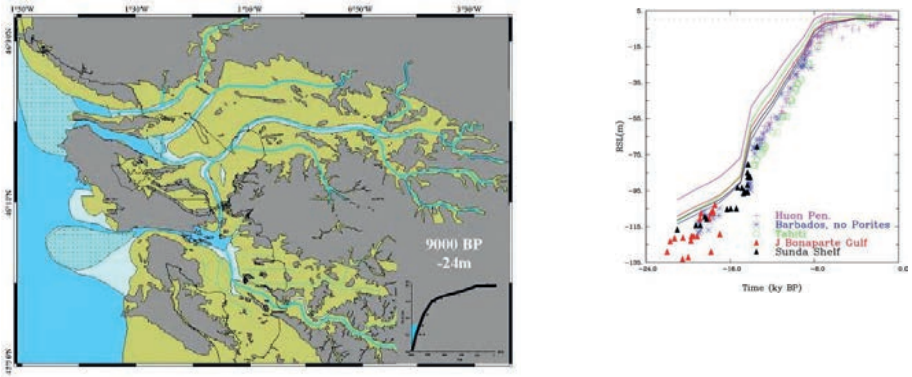
N.Weber, 2004, Thèse ULR

Diapo 09 > Variations du niveau marin



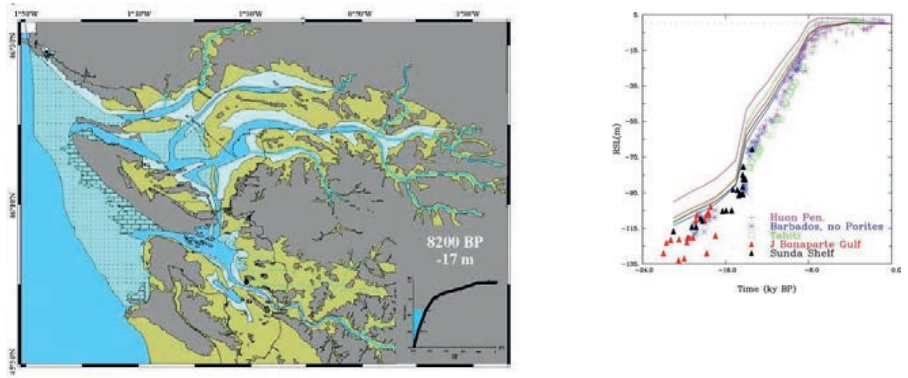
N.Weber, 2004, Thèse ULR

Diapo 10 > Transgression



N.Weber, 2004, Thèse ULR

Diapo 11 > Transgression



N.Weber, 2004, Thèse ULR

Diapo 12 > Transgression

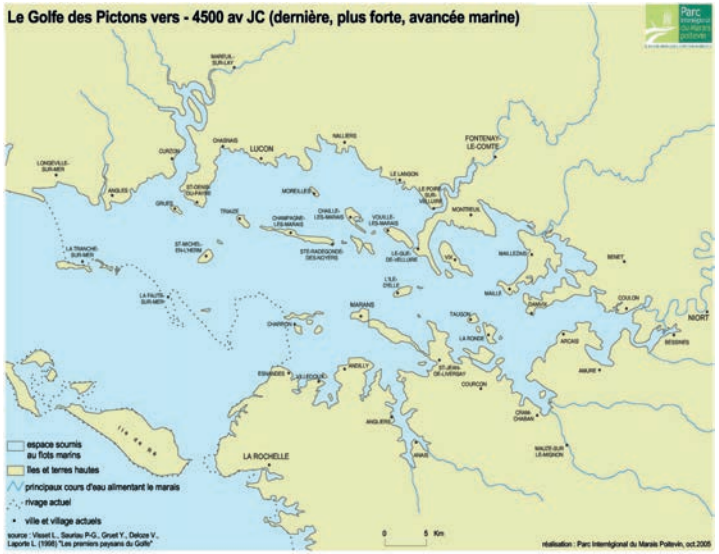
Dernière plus forte avancée marine dans le Marais poitevin

Juste un petit mot pour dire que cette carte, qui est publiée par le PNR, et ce n'est pas parce qu'elle est publiée par le PNR que je vais la critiquer, mais elle est quand même critiquable parce que finalement, pour avoir travaillé à plusieurs reprises sur les résultats de carottage dans le marais, les contraintes sont assez faibles sur le moment où on est au maximum d'inondations. Il y aurait des travaux à faire. On verra si dans l'avenir, on a le temps de s'occuper de ça (diapo 13).

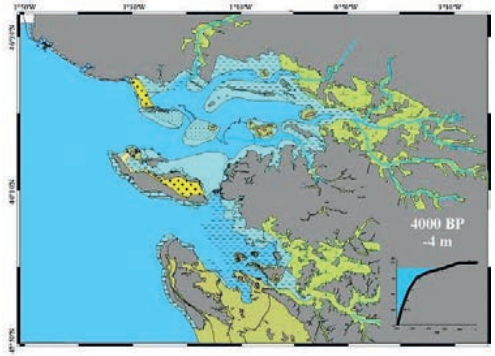
Variations du niveau marin : régression

Et puis après, vous savez la régression donc cette fois-ci, c'est les sédiments qui vont gagner du terrain sur la mer pour arriver à la situation actuelle (diapos 14 à 17).

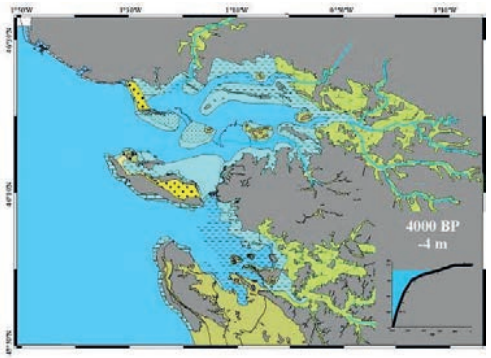
La conclusion, c'est qu'il y a un problème, enfin un changement radical.



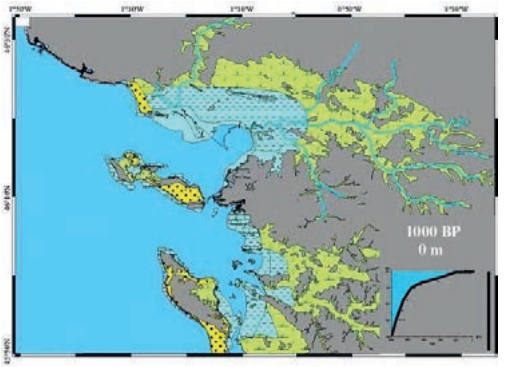
Diapo 13 > Le Golfe des Pictons



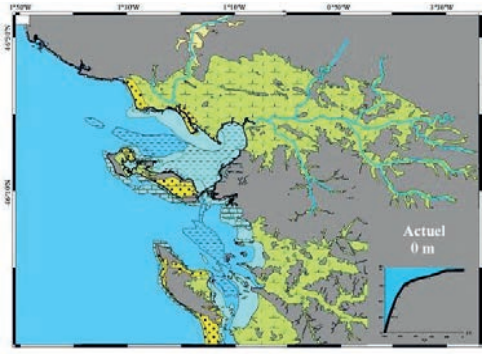
N.Weber, 2004, Thèse ULR



N.Weber, 2004, Thèse ULR



N.Weber, 2004, Thèse ULR



N.Weber, 2004, Thèse ULR

Diapo 14 à 17 > Régression

Niveau de la mer - Apports sédimentaires

Ce n'est peut-être pas l'image la plus facile à lire, mais j'ai trouvé quand même qu'elle n'était pas si mal. Voyez l'évolution dans le temps, bleu, gris, jaune, orange, donc il faut s'amuser à suivre les bleus, gris, jaunes, oranges.

Globalement, la plupart des lignes de niveau qui sont tous les mètres montrent que les lignes de niveau migrent vers la mer et que donc aujourd'hui, cette baie d'Aiguillon, elle continue à sédimenter, et sur des échelles de temps très courtes cette fois-ci. On peut faire des budgets sédimentaires, on fait des différences de modèles numériques de terrain.

Ce qu'il faut retenir, s'il n'y a qu'une chose à retenir, c'est qu'effectivement, si on fait le budget sur 2000-2016, on a vraiment un gain important de 4,7 millions de mètres cubes avec une marge d'erreur bien sûr. Et ça sédimente beaucoup.

Le changement radical, vous voyez, il est toujours vers 6500. Il est au point d'inflexion de la courbe statique.

La courbe statique, c'est la courbe d'élévation du niveau des mers, la mer monte très vite et puis la mer monte moins vite.

Il y a même des endroits du monde où la mer baisse un petit peu et donc tout se passe à ce moment-là. Et d'ailleurs, tous les forages qui ont été faits dans tous les deltas du monde, et vous savez, dans les deltas, il y a beaucoup de forages parce qu'il y a du pétrole donc c'est assez bien calé. Tous les deltas commencent à régresser.

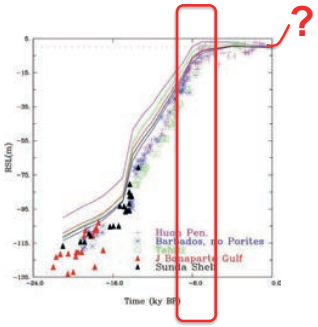
Il y a 7000 BP et dans les estuaires c'est souvent 6500, un petit peu plus tard, parce que ça dépend des apports sédimentaires.

Et puis bien sûr, aujourd'hui la mer monte. Benoît Meyssignac va nous le dire tout à l'heure. Les collègues qui travaillent sur les mouvements verticaux vont également en reparler. Il y a une accélération de cette élévation.

Qu'est-ce qui va se passer ? Est-ce qu'on va revenir sur une logique transgressive, ou est-ce qu'on va rester sur notre logique régressive ? Je pense qu'aujourd'hui, personne ne sait trop quoi répondre et c'est pour ça que c'est un sujet de recherche.

Grands deltas : régression commence, il y a 7000 BP

Estuaires: régression peut commencer plus tard en raison de plus faibles apports sédimentaires



Diapo 18 > Niveau de la mer / Apports sédimentaires

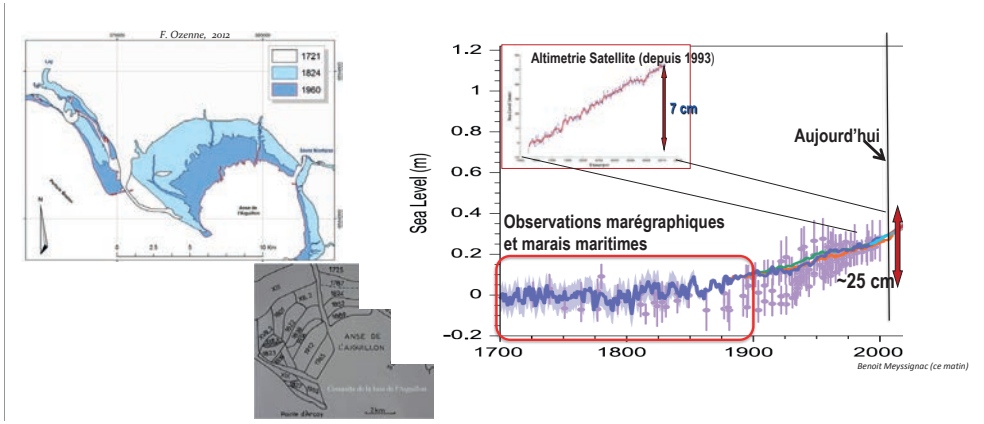
II. EVOLUTIONS RÉCENTES

Alors on parle un tout petit peu du récent : il y a des choses qui sont absolument très connues sur la poldérisation, sur la migration du trait de côte. À mon sens, s'il y a une chose qu'il faut retenir, c'est que cette histoire de poldérisation dont on nous parle tant parce que c'est ça qui a façonné nos paysages, elle s'est passée dans une période où le niveau de la mer était stable, voire même à un moment donné il baissait, donc les conditions de variation du niveau de la mer étaient très différentes.

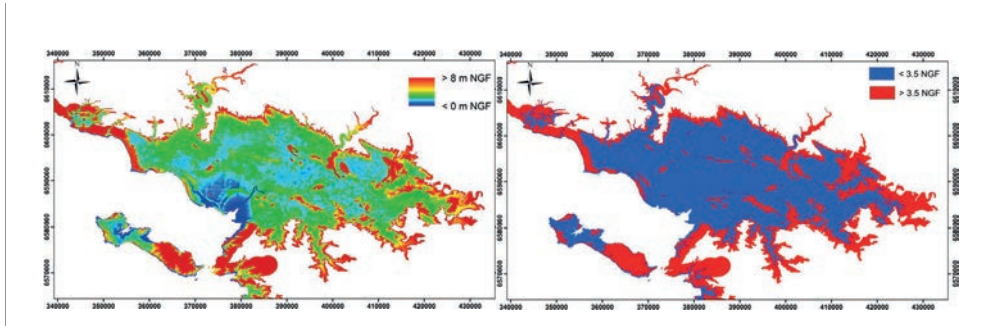
On a façonné le paysage pendant une période de stabilité. Aujourd'hui, ce n'est plus du tout une période de stabilité. On l'a vu, on va le voir et donc effectivement, il me semble pertinent de changer un peu d'option.

Comment on en est arrivés là ? On en est arrivés là parce qu'effectivement, vous avez des polders qui ont été réalisés...

En fait avec toutes ces digues, on empêche les sédiments de venir dans le marais. Comme on empêche les sédiments de venir, les sédiments se tassent avec l'âge et on n'a pas de possibilités de compensation.



Diapo 19 > Évolutions récentes



Diapo 20 > Une vulnérabilité induite par l'homme

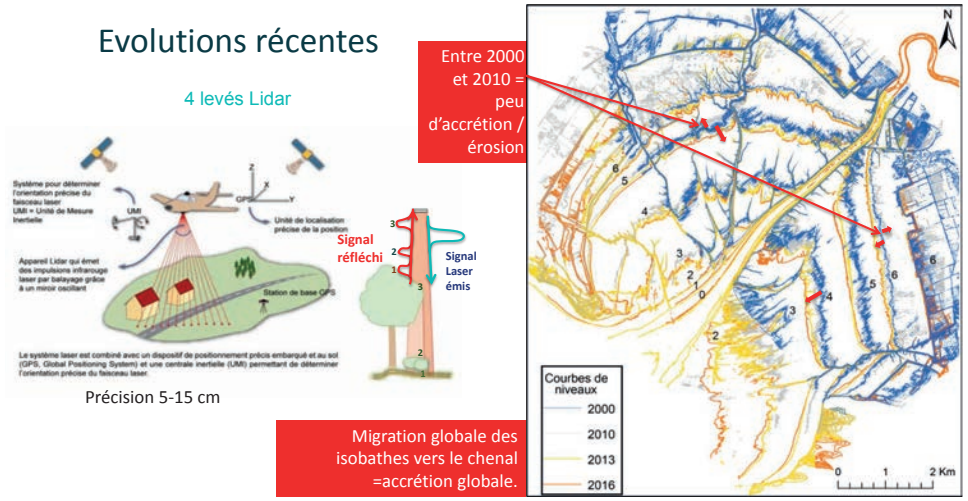
Des évolutions récentes : 4 levées Lidar

Grâce entre autres au programme Life, mais aussi parce qu'on a un coup de chance, on a pu faire un des premiers levés laser aéroportés en France.

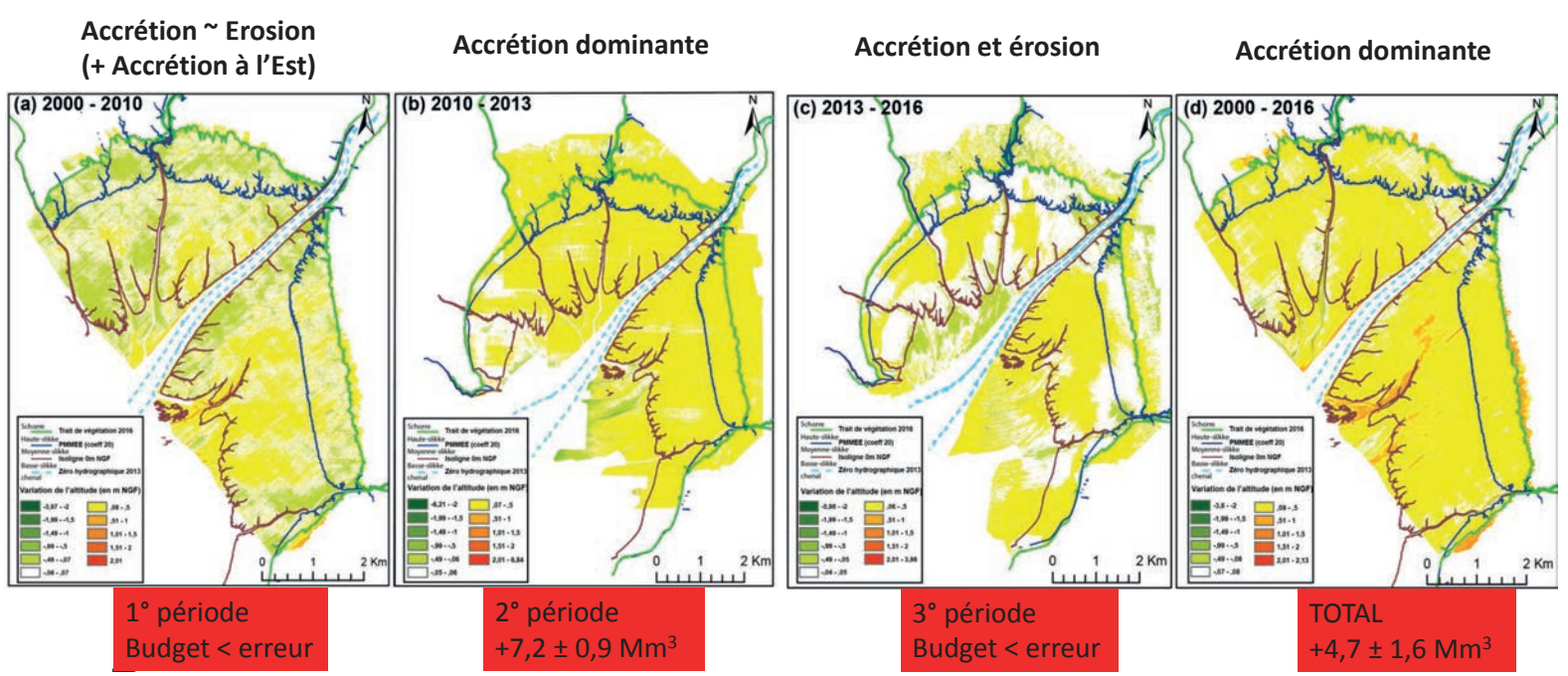
C'est vraiment un des premiers, il a été fait en 2000 sur la baie d'Aiguillon, sous la direction scientifique de Jacques Populus, un chercheur de l'Ifremer, et il fallait trouver une zone test.

Pourquoi la baie d'Aiguillon ? Parce qu'il y a des estrans, et toute personne qui a été un jour marcher dans un estran sait que c'est extrêmement dur de faire des mesures dans un estran, parce que la vase colle et on ne peut pas se déplacer. Donc c'est très compliqué. Et faire des mesures depuis un avion, ça semblait très pertinent pour ce genre d'environnement.

Depuis, nous avons eu d'autres levés Lidar. 2000, c'est le premier. 2010 c'est l'après Xynthia, 2013, 2016 a été fait dans le cadre du Life et il y en aura un autre après. Donc on peut suivre l'évolution avec une marge d'erreur, et ça sédimente beaucoup.



Diapo 21 > Evolutions récentes



Diapo 22 > 4 Levées LIDAR

Une sédimentation hors-norme

Alors pour vous en convaincre, j'ai repris un vieux graphe. Xavier Bertin qui est dans l'assemblée, va sourire certainement, parce que c'est un truc qu'on avait fait ensemble à l'époque, en reprenant un graphe qui montre cette relation entre l'augmentation du niveau des mers et puis le taux d'accumulation.

Tout un tas de points sont donc portés. Et puis ce qu'on fait, c'est qu'on rajoute nos points : on va rajouter la baie de l'Aiguillon. Et on voit qu'on sort complètement de la tendance. A l'époque, nous avions mis la baie de Marennes Oléron. Et le constat est que dans notre région, il y a beaucoup de sédimentation, ce qui est plutôt une bonne nouvelle par rapport à ce qui nous attend.

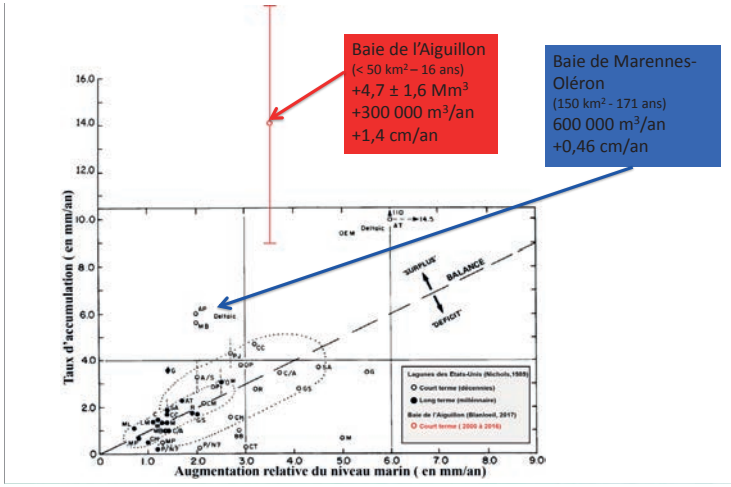
Donc une sédimentation hors norme avec une période en 2010-2013 d'accrétions record. Vous voyez qu'on a numéroté nos schorres (diapo 24), on fait toujours comme ça, c'est assez compliqué, donc on se sent obligés de faire des découpages. Et les shorres qui sont dans les zones C et D ont vraiment des taux d'accrétion record,.

Alors ça, ça a été montré par le Lidar, donc 8 plus ou moins 2,3 cm par an, c'est énorme. C'est très proche des maximums enregistrés en France dans la baie du Mont-Saint-Michel, et c'est parmi les plus élevés au monde.

Je vous invite cet après-midi, il y aura J.P Walsh et Reide Corbett, avec qui je travaille aussi, qui vous montreront les taux de sédimentation, avec des méthodes géo-chronologiques, le plomb 210, et il y a une bonne confirmation.

Nous avons donc des taux de sédimentation très forts. C'est une bonne nouvelle, cela pourrait accommoder l'élévation du niveau des mers. Ce n'est pas pour autant qu'il ne faut pas lutter contre le CO_2.

En termes d'adaptation, l'idée est de laisser un maximum de surfaces à ces champs, les restaurer, éventuellement dépoldériser. Créer, en somme, des digues naturelles où ça s'alimente et où on peut accommoder le niveau des mers. Et puis, il y a tout un tas d'autres avantages à faire ça. Et ce sont mes collègues qui se chargeront de vous le démontrer : limitation des tailles des vagues, limitation des hauteurs d'eau, biodiversité, pompes à carbone... Et je vous remercie !



Diapo 23 > Une sédimentation hors-norme

2010 – 2013 - Accrétion record des schorres C et D = 8 ± 2,3 cm/an.

7,17 cm/an maximum en baie du Mont-Saint-Michel (Détriché et al., 2011).

Parmi les plus élevés au monde (Dionne, 2004).

JP & Reide cette après-midi

Diapo 24 > Une sédimentation hors-norme

2.4 | Le Marais poitevin et les marais charentais depuis le Moyen-Âge à l'actuel

Thierry SAUZEAU

Université de Poitiers,
UMR CNRS 8098
Centre de recherche
interdisciplinaire en histoire,
histoire de l'Art et musicologie

Merci beaucoup pour cette invitation et cet accueil remarquable.

Je vais essayer de prendre le relais de ce qui a été proposé par les deux premiers intervenants en vous proposant effectivement un focus rétrospectif sur ce que sont ces aménagements de schorre, ces questions d'endiguement par rapport à la question qui nous occupe aujourd'hui, c'est-à-dire, celle de la prospective dans les marais charentais et du centre-ouest français à l'égard du changement climatique.

Ce que je voulais commencer par faire avec vous, c'est tout simplement vous faire prendre conscience que - et ça a été déjà dit au cours de la matinée - le marais est un territoire du recyclage permanent.

Ces marais ont accueilli des aménagements, et ce qui me semble extrêmement important, c'est de prendre conscience que ces aménagements ont toujours été réalisés en réponse à des besoins humains. Et ces besoins humains, au cours du temps, varient.

Si nous avons une idée majeure à retenir, c'est que ces marais littoraux aménagés au départ pour des impératifs de production, passent à une pluriactivité, un poli-morphisme également à partir du moment où on les utilise et on les recycle.

I. LE MARAIS : TERRITOIRE DE RECYCLAGE PERMANENT

Conquêtes sur la mer de la production à l'occupation

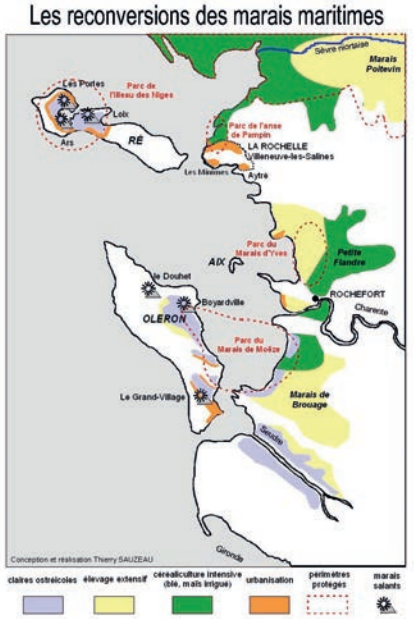
Je vous propose une petite carte de synthèse qui reprend les éléments du littoral charentais maritime, Gironde exclue. Vous le voyez donc, ces marais aujourd'hui, au terme de leur reconversion sur le temps long se présentent sous forme de claires ostréicoles. Certaines de ces zones sont encore dédiées à la production de sel qui occupe d'ailleurs à peu près les mêmes espaces que les claires ostréicoles et qui a tendance à reprendre de la vigueur au cours de ces dernières décennies. On a également des espaces qui sont dédiés plutôt à un élevage extensif et qui, pour la plupart d'entre eux, résultent évidemment de la dégradation de ces espaces qui étaient au départ des espaces salicoles. Et puis, dans d'autres secteurs, on a une céréaliculture intensive qui s'est notamment installée sur le littoral du centre-ouest français à la faveur de la mise en place de la politique agricole commune, à partir des années 1960-1970. Il y a eu des modifications très importantes du foncier dans ce contexte-là.

Et puis, on a deux derniers types d'utilisations. Une utilisation plutôt dans des contextes urbains - et on a entendu tout à l'heure les intervenants officiels parler de ce qu'il se passera dans la Communauté d'agglomération de La Rochelle. Effectivement, des zones humides ont été urbanisées au cours des dernières années.Mais autour de cette question de la périurbanisation, il y a eu aussi la question de la balnéarisation du littoral. Et là encore, que ce soit sur l'Île de Ré, sur l'Île d'Oléron ou sur des secteurs qui ont notamment été impactés à l'époque par la tempête Xynthia, comme les communes de Châtelaillon - Yves, de Fouras ou Port-des-Barques. Des zones humides ont été réutilisées pour faire du résidentiel.

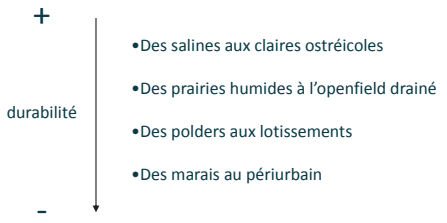
À cela, il faut ajouter des périmètres qui, aujourd'hui, sont extrêmement importants puisqu'on y fait de la gestion à caractère environnemental. Et parmi les partenaires qui ont contribué à monter ces journées, on a évidemment les parcs naturels qui sont impliqués.

L'ensemble de ces questions-là nous ramène finalement à un petit graphe, un peu schématique en termes de durabilité, où l'on constate qu'on passe d'une période où les aménagements des zones humides présentaient tout un tas de caractères qui leur permettaient une adaptation permanente à la question des changements climatiques, lorsqu'ils survenaient.

Le fait est, qu'à mesure qu'on a converti ces espaces en leur donnant d'autres vocations, en leur donnant d'autres valeurs, on a augmenté une grande rigidité à l'égard de l'adaptabilité. Et tout cela évidemment, va faire partie des discussions qui occuperont les intervenants au cours de ces trois jours.



Conquêtes sur la mer de la production à l'occupation



Diapo 03 > Conquêtes sr la mer de la production à l'occupation

L'origine : le rivage dans tous ses états

Quand on est historien, on aime bien se baser sur des archives. Je voulais vous présenter un exemple concret, un cas d'étude. Voici une très belle carte de l'embouchure de la Charente au début du 18e siècle. On est sur la rive nord de l'embouchure de la Charente. Vous identifiez Fouras et puis il y a tout un ensemble de terrains qui finalement sont visibles sur cette carte et qui vont nous amener à comprendre comment progressivement on passe de l'état de schorre à l'état de territoire endigué.

Premier élément, visible sur cette carte, ce sont véritablement ces schorres qui sont indiqués sous forme de laisses de mer par le cartographe du 18e siècle.

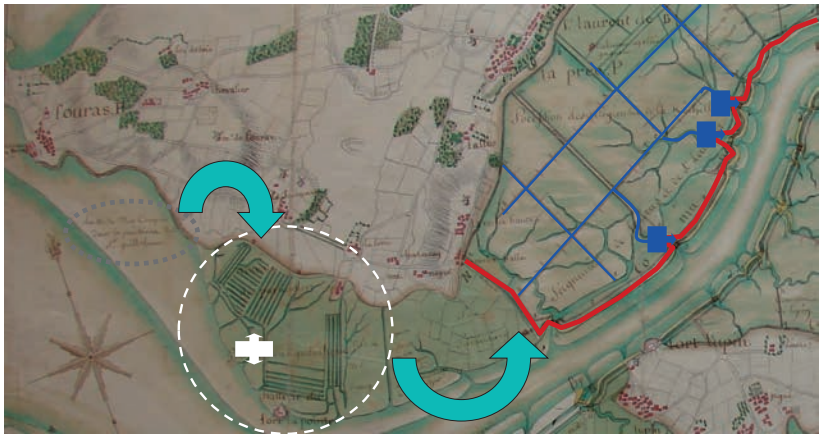
Ce qui est intéressant, c'est que normalement les laisses de mer, depuis l'époque de l'Antiquité en passant par le Moyen-Âge et jusqu'à l'époque actuelle, sont normalement du domaine public maritime. Mais vous voyez que sur la carte, (et on a beau avoir affaire à un document qui a été réalisé dans un cadre très officiel, puisque c'est un ingénieur militaire qui l'a réalisé) ce laisse de mer est bien la propriété d'une personnalité dont je ne sais rien à l'heure actuel, et qui s'appelle le sieur Guilloteau. Ce sieur-là est certainement à l'origine, lui ou ses congénères, de la conversion des schorres en marais.

Et on le voit de façon très caractéristique, puisque ce sont des marais salants qui sont présents au début du 18e siècle. C'est la première étape de l'appropriation des schorres dans le secteur qui nous occupe, avec dans ce cas particulier, une hydraulique extrêmement intéressante, puisqu'elle permet l'entrée et la sortie du flot marin, et c'est ce qui va distinguer évidemment ces schorres d'autres types d'appropriation du littoral.

Autre type d'appropriation du littoral visible sur ce plan à la faveur de traits rouge, vous voyez que les schorres sont encore peut-être à l'état d'herbus (prés-salés) à ce moment-là et cette parcelle en amont du trait rouge est la possession des religieuses de La Rochelle. Le projet consiste tout simplement à ériger une digue, à creuser des canaux et à installer des écluses qui ne permettront l'hydraulique que dans un sens, c'est-à-dire celui du drainage, celui de la sortie.

Vous avez finalement successivement trois états historiques de la conversion de ces zones sédimentaires, dont nous a très bien parlé Éric Chaumillon, en zones appropriées par l'homme, en zones humides qui aujourd'hui peuvent se classer sous deux grandes catégories : les zones poldérisées ou les zones liées à des activités telles l'affinage des huîtres et la production salicole.

Une fois qu'on a pris conscience de cette grammaire du littoral, on peut se lancer dans une petite étude de trajectoires des marais, en expliquant que la plupart de nos littoraux du centre-ouest français ont connu une forme de colonisation. Et Éric Chaumillon a très bien montré que c'était certainement à une époque où le niveau de la mer était relativement stable.



Diapo 04 > L'origine : le rivage dans tous ses états

II. LA TRAJECTOIRE DES MARAIS

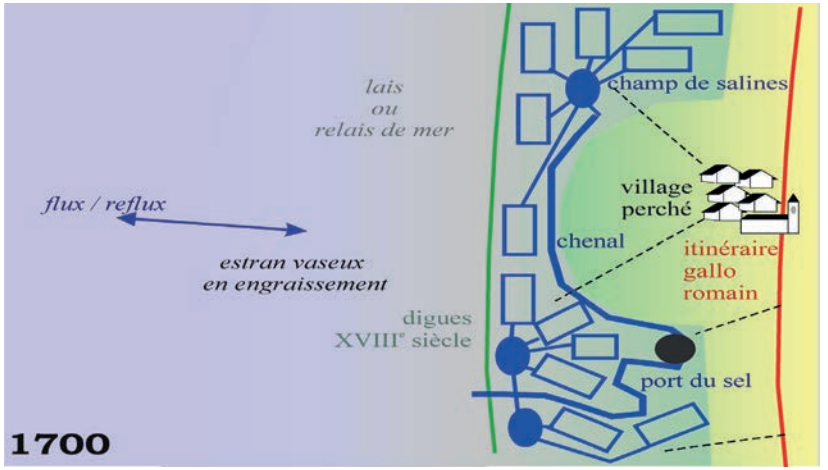
1700

On a donc eu une colonisation des vasières avec des éléments tout à fait caractéristiques que sont les digues, les éléments hydrauliques, les champs de salines, tous connectés à des réservoirs et qui portent des noms tout à fait différents en fonction de la région dans laquelle on se trouve.

Ces champs de salines ont permis à des populations rurales de commencer à descendre vers la mer, derrière des digues en s'appropriant des espaces qui normalement relevaient de la domanialité de l'État, et qui progressivement, ont été convertis en des espaces de propriété privée. Et là, on a un phénomène tout à fait passionnant, très peu étudié dans le détail, de conversion d'un espace public en un espace privé.

Je crois que ce qui est en jeu au cours de ces trois journées, c'est la possibilité de faire le chemin inverse : c'est-à-dire de déprivatiser, en quelque sorte, ces espaces. Evidemment, c'est une vaste question, un vaste programme.

En tout cas ce que je voulais vous faire remarquer, c'est que la sédimentation aidant, ces espaces de salines progressivement, ont pu connaître des formes de dégradation. La sédimentation n'est pas seule en cause, il y a également les questions de marché du sel, car cette activité-là est devenue moins rentable, ou en tout cas moins intéressante.



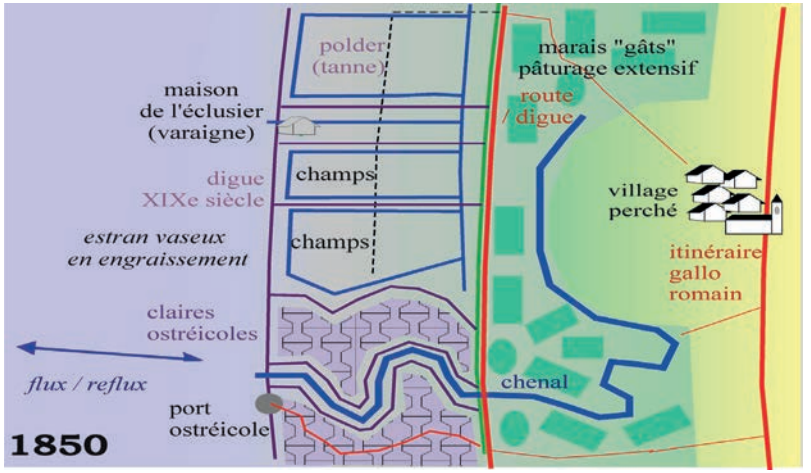
Diapo 06 > 1700

1850

On a donc eu à partir de ce moment-là des phénomènes de déprise, qui sont bien connus puisqu'ils ont été étudiés notamment par des géographes. Ces phénomènes de déprise aboutissent à la conversion des anciens marais salants en pâturages extensifs la plupart du temps. On le voit très bien du côté du marais de Brouage par exemple, mais ce n'est pas l'unique secteur dans lequel on pourrait l'observer.

Au 19[e] siècle, on a eu un vaste mouvement d'investissement, avec une puissance publique qui a encouragé les opérateurs privés à réaliser de la poldérisation à l'avant de ces anciennes salines converties en pâturages extensifs. Et cette poldérisation a pu prendre la forme de vastes champs qui souvent faisaient l'objet de cellules indépendantes, de clusters finalement, avec des hydrauliques qui étaient indépendantes les unes des autres. Et cela permettait évidemment de limiter les risques en cas de submersion, puisqu'on n'envahissait qu'une seule de ces cellules lorsque la mer devait franchir une digue, et non pas des zones extrêmement importantes.

Par ailleurs, on a converti des vasières en claires ostréicoles. C'est le grand moment où l'ostréiculture se développe entre Loire et Gironde, au cours de ces années, fictivement ici ciblées à 1850.



Diapo 07 > 1850

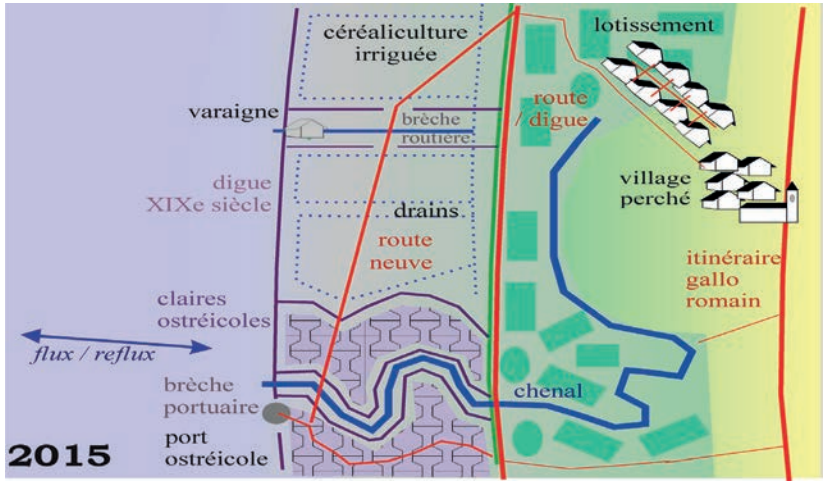
2015

Ce qu'il s'est passé dans le courant du 20e siècle est tout à fait particulier, puisque je vous ai parlé de la politique agricole commune tout à l'heure. La politique agricole commune a abouti à une mécanisation extrêmement importante et la nécessité d'avoir des parcelles qui soient plus grandes. Et c'est la raison pour laquelle, dans ces zones poldérisées au 18e ou au 19e siècle, on a bien souvent fait sauter un certain nombre de digues pour ne conserver que les digues à la mer. On a enterré les réseaux de drainage et on est même allé jusqu'à faire franchir à des réseaux routiers des équipements de défense.

Ceci a abouti effectivement à accentuer la vulnérabilité de ces polders au moment même où on y accentuait les enjeux. C'est-à-dire qu'on n'y faisait plus forcément de la céréaliculture classique, mais on y faisait de la maïsiculture irriguée avec tout un ensemble de problématiques qui venaient accentuer les enjeux et donc, accroître une forme de vulnérabilité.

D'autant plus que les opérateurs, les acteurs perdaient progressivement la conscience du fait qu'ils vivaient, travaillaient sous le niveau de la mer et qu'ils étaient potentiellement sujets à l'aléa de submersion.

Parallèlement, on le voit à l'arrière du dispositif, on en est venu à cette même époque entre 1960 et 1990, à descendre vers la mer, à descendre donc dans ces zones jadis dédiées à la saliculture, reconverties en pâturages extensifs qui, comme le montre bien la coupe topographique qu'Éric nous a présenté tout à l'heure, sont parmi les espaces les plus déprimés, en tout cas ceux qui sont en dessous du niveau 3,50 mètres NGF et qui sont très facilement submersibles en cas d'accident de surcôte, par exemple, de pleine mer.



Diapo 08 > 2015

CONCLUSION

Énormément de problèmes sont posés par cette dynamique finalement historique, que je voulais vous présenter très rapidement ce matin. Je crois qu'un des éléments vraiment central consiste à penser, à repenser en tout cas, le passage de l'espace public à l'espace privé et de l'espace privé vers l'espace public, lorsqu'il va être question de dépoldériser ou de rendre des espaces à la mer.

Et ne jamais oublier évidemment qu'il y a des acteurs, des habitants, des gens à qui il faudra proposer des solutions économiquement viables, parce que ce foncier fait partie de leur patrimoine. Je n'ai pas grand-chose de plus à vous dire et je souhaite plein succès à ces trois jours et je vous remercie pour votre attention.

2.5 | Les variations du niveau marin en réponses au gaz à effet de serre

Benoît MEYSSIGNAC

Professeur et Chercheur
Université de Toulouse, UMR 5566
CNRS - IRD - CNES
Laboratoire d'Etudes en Géophysique
et Océanographie Spatiales (LEGOS)

Bonjour à tous. Merci de cette invitation. Je travaille pour le CNES dans un laboratoire de l'Observatoire Midi-Pyrénées, qui s'appelle le LEGOS, sur le changement climatique en général, mais je m'intéresse particulièrement aux variations du niveau de la mer actuelles et futures en réponse au changement climatique actuel. Je propose de faire un peu le tour du sujet.

On va regarder ce que nous disent les observations, sans revenir trop longtemps dans le passé. Ensuite, je vous propose qu'on regarde les causes des variations du niveau de la mer. Puis quelle est la relation avec le changement climatique actuel et les émissions de gaz à effet de serre. Et enfin, on parlera des projections faites pour le GIEC.

À chaque étape, j'essaierai de vous indiquer les questions de recherche actuelles qu'on regarde sur la thématique. On y passera rapidement, on n'aura pas trop le temps non plus de s'y attarder, mais si vous avez des questions après, je serai content d'y répondre.

I. LES OBSERVATIONS DU NIVEAU DE LA MER

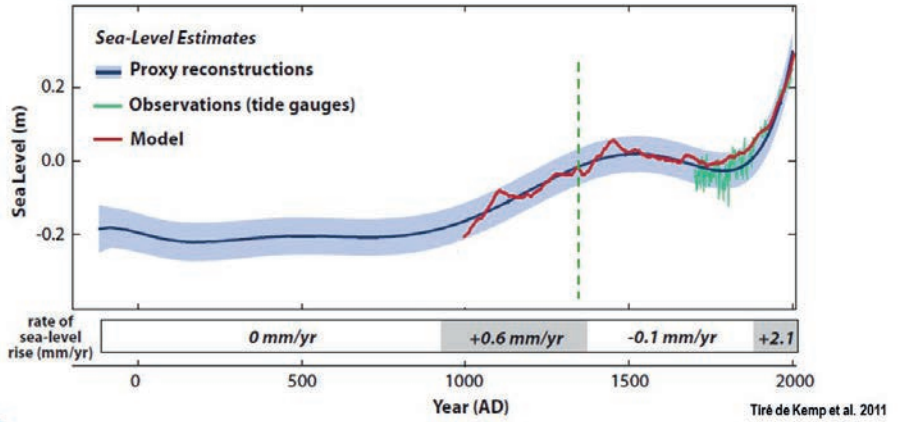
Le niveau de la mer dans le passé

Des observations du niveau de la mer on en a… Elles commencent vers 1750, et les premières faites par la main de l'homme ont probablement été faites à Brest. Mais on peut avoir des idées de comment le niveau de la mer a évolué dans le passé en regardant ce qu'on appelle des proxys, des variations de l'environnement qui sont liées au changement du niveau de la mer.

On peut remonter à plusieurs centaines de milliers d'années si on regarde les isotopes de l'oxygène dans les coquilles des coquillages, à plusieurs centaines de milliers d'années un peu plus précisément en regardant les coraux et en les datant avec des isotopes, de l'uranium et du thorium. Et on commence à avoir des observations plus précises sur les 1 000 dernières années, lorsqu'on utilise les carottes dans les marais littoraux.

En effet, dans les marais littoraux, le biotope s'organise sur la verticale en fonction de sa distance au niveau moyen de la mer. Ainsi quand on fait les carottes, en regardant ce biotope et en le datant, on peut avoir une idée de comment évolue le niveau de la mer. C'est une technique qui est aujourd'hui assez aboutie. On a des précisions de quelques centimètres, et on peut remonter sur quelques milliers d'années.

Ceci est une reconstruction à partir de carottes dans les marais littoraux un peu autour du monde. Vous voyez ici les variations du niveau de la mer sur les 2000 dernières années : des variations qui sont avec un niveau de la mer assez stable jusque vers 1 000, jusqu'à il y a 1 000 ans.



Diapo 03 > Le niveau de la mer dans le passé

Des petites évolutions, assez faibles, de l'ordre de plus ou moins 0,5 mm par an, qui sont liées à l'arrivée de ce qu'on appelle l'optimum médiéval. Suit une diminution liée au petit âge glaciaire, et puis l'époque moderne où on voit le niveau de la mer remonter.

Depuis 1750, date des premières mesures, on a des mesures du niveau de la mer faites avec des marégraphes. Les marégraphes, à l'origine, c'était quelque chose de très simple : on collait une échelle sur un quai de port, et puis quelqu'un venait relever régulièrement la hauteur de l'eau.

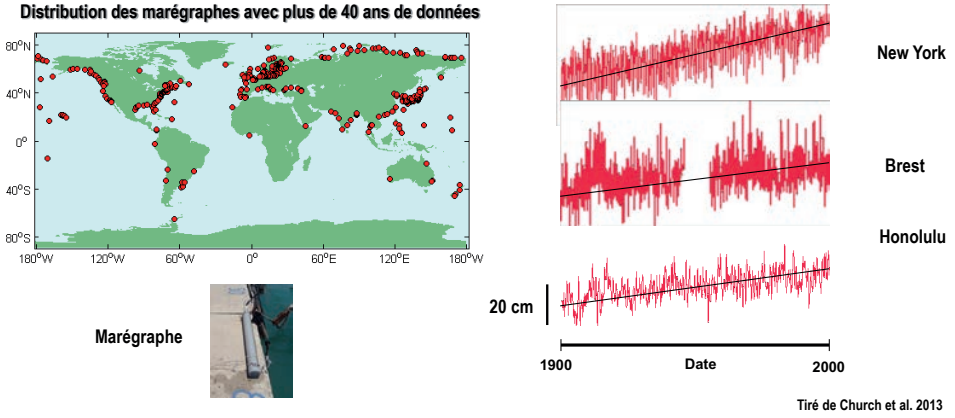
À partir de 1850, les mesures commencent à être systématiques, en particulier dans les puissances occidentales commerciales, parce qu'elles ont plein d'intérêts, dont un intérêt militaire, avec le marnage des ports. Ainsi, vous avez une idée des bâtiments qui peuvent rentrer dans les ports. Du coup, c'était secret, parce que ça pouvait vous donner une idée de la capacité à envahir des ports. C'était aussi très utile pour les échanges commerciaux.

Vous voyez diapo 04 qu'on a les marégraphes les plus anciens, on a surtout une répartition de ces marégraphes, en particulier dans l'hémisphère nord, et surtout sur les côtes occidentales, ou dans les comptoirs de ces puissances occidentales. Le souci des marégraphes, c'est donc ce biais, on a une répartition essentiellement vers le nord pour les mesures les plus longues, et puis on peut avoir des trous. Typiquement, vous voyez sur le graphe à Brest, un trou lié à la Deuxième Guerre mondiale un trou de 5 ans. Brest avait été bombardé, et il n'y avait plus de mesures pendant la Deuxième Guerre mondiale. Donc, on peut avoir du mal à recaler les mesures.

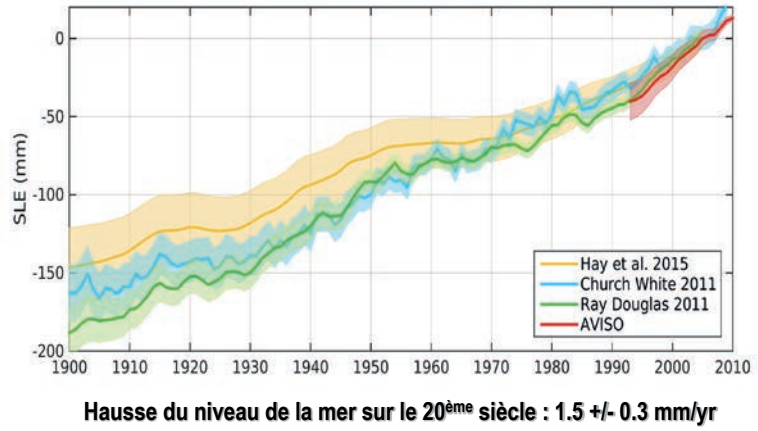
Ces mesures ne sont toutefois pas suffisantes pour avoir une vision globale du niveau de la mer. On a une vision régionale. Mais sur l'ensemble du globe en revanche, on peut les combiner entre elles, et avoir des estimations de la variation globale du niveau de la mer. On a juste une série temporelle qui nous donne un peu l'évolution du niveau global de la mer.

Je vous présente diapo 05 trois reconstructions récentes. Il y en a une autre qui est sortie l'an dernier que je n'ai pas reproduite ici, mais qui est très proche de celle que vous voyez des collègues américains.

Ces reconstructions montrent une augmentation du niveau de la mer sur le 20e siècle. Elles n'ont pas exactement les mêmes variabilités. C'est essentiellement lié au fait que la répartition des marégraphes n'est pas homogène sur l'ensemble de la mer. Mais vous voyez que sur les tendances, elles sont d'accord et on trouve une tendance, cette fois-ci de 1,5, plus ou moins 0,3 mm an. C'est-à-dire environ trois fois plus que ce que l'on observe sur le dernier millénaire.



Diapo 04 > Distribution des marégraphes



Diapo 05 > Hausse du niveau de la mer sur le 20e siècle

Le niveau de la mer actuel

Depuis 1993, il y a eu le développement d'une série de satellites par le CNET et la NASA conjointement. Ces satellites s'appellent Topex et puis la série Jason.

Deux révolutions dans ces satellites : on monte dans l'espace des systèmes d'orbite précise, Doris et GPS, et on adapte sur des mesures radar.

Ce sont des mesures radar, on adapte ici des radiomètres qui permettent de faire des corrections sur la quantité d'eau contenue dans l'atmosphère. C'est un paramètre qui générait pas mal d'erreurs sur les mesures altimétriques. Ainsi on mesure avec des radars la hauteur de la mer, et on corrige grâce à des radiomètres qu'on monte à bord.

Et pour la première fois à partir de 93 (diapo 07), on a une précision suffisante pour mesurer le niveau de la mer avec des variations, avec une précision sur une mesure instantanée de l'ordre de 1 à 2 cm.

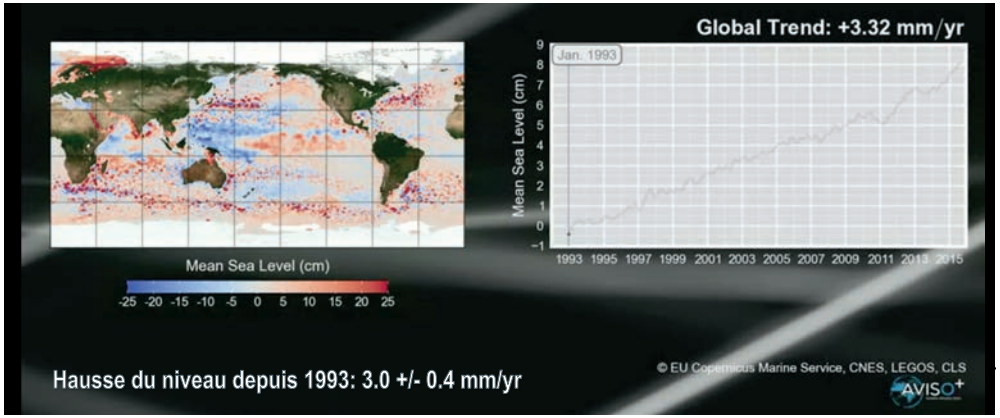
C'est la précision nécessaire pour pouvoir voir les variations du niveau de la mer de quelques millimètres par an. L'avantage des satellites, c'est qu'on a une mesure sur l'ensemble des océans répétée tous les 10 jours, une résolution qui est du quart de degré si on prend seulement la série Topex Jason, mais aujourd'hui, on a environ 11 altimètres qui volent.

Donc, on a plutôt une résolution journalière en quart de degré. Et vous voyez la complexité des variations du niveau de la mer sur les temps indépendants. Lorsque sur un cycle d'orbite, on moyenne l'ensemble des observations, ça permet de filtrer les erreurs aléatoires, et on obtient une mesure du niveau de la mer globale. Donc, vous avez une mesure ici, on en a une tous les 10 jours. Et lorsqu'on compile toutes ces mesures, vous avez ici l'évolution du niveau de la mer depuis 1993 observée par les satellites.

Les satellites indiquent une hausse du niveau de la mer de 3,3 mm par an. Je reviendrai sur ces chiffres un peu après. En fait, on est plutôt près de 3, mais pour une autre raison. Autour de 3 mm par an, avec une erreur de l'ordre de plus ou moins 0,4 mm par an. Ceci est confirmé par les marégraphes. Si on regarde les marégraphes, on retrouve depuis 90, en effet, une hausse globale du niveau de la mer de 3 mm par an, ce qui est environ 5 à 10 fois plus grand que ce que l'on a observé sur les 1000 dernières années.

Alors, l'avantage des satellites, comme je vous disais, c'est qu'on a une vision globale. On voit les variations du niveau de la mer pas seulement à l'échelle globale. Ce que je veux dire par là, c'est qu'on a aussi une vision sur l'ensemble du globe des variations du niveau de la mer.

Diapo 06 > Satellites



Diapo 07 > Hausse du niveau de la mer depuis 1993

Et si on regarde diapo 08, les tendances du niveau de la mer, la vitesse de la hausse du niveau de la mer sur l'ensemble du globe depuis 1993, vous voyez qu'il y a des régions dans lesquelles le niveau de la mer augmente très, très vite. On est ici entre le rouge, le rouge foncé que vous voyez là, c'est 10 mm par an, on peut atteindre ici 12 mm par an.

Et puis, vous avez des régions où le niveau de la mer baisse quasiment. Alors, j'ai enlevé de cette carte la valeur moyenne 3,4 mm par an. Et vous avez, ici, environ moins 4 mm par an. Mais si vous les combinez avec ces trois-là, le niveau de la mer diminue sur la côte ouest américaine depuis une vingtaine d'années. Vous avez donc une répartition non homogène, et cette géométrie change au cours du temps assez vite : sur l'espace d'une vingtaine d'années, on peut avoir un inversement ici de la géométrie que vous voyez. C'est probablement ce qu'il va se passer d'ailleurs dans les 25 prochaines années.

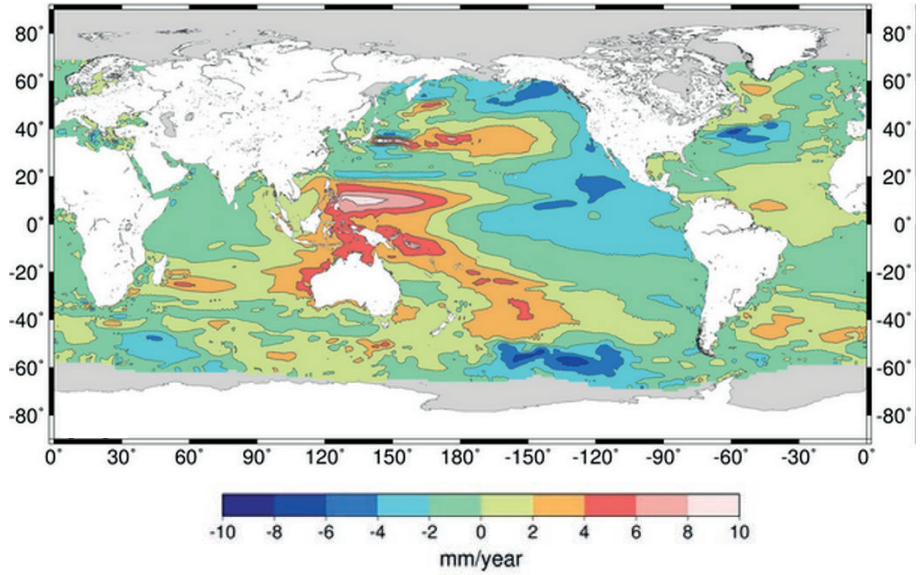
Le niveau de la mer depuis 1700

Si je résume pour les observations qui remontent loin dans le temps, en particulier les observations des marais littoraux qui nous indiquent une situation stable sur les 2000 dernières années, on remarque des petites variations de l'ordre de plus ou moins 0,5 mm par an liées à des variations d'origine naturelle dans le système climatique.

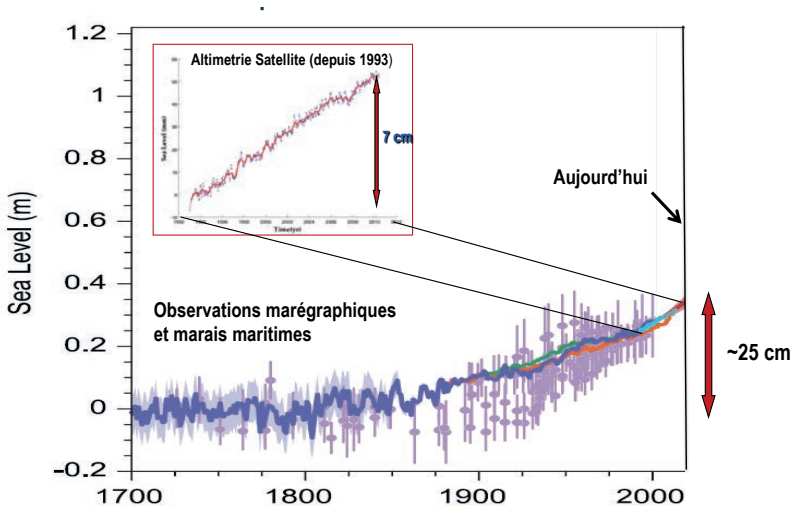
Et puis, à partir de la fin du 19e siècle, on voit une augmentation du niveau de la mer, bien observée par les marégraphes, et puis ensuite, par l'altimétrie satellite que vous avez représentée ici. Sur la totalité de l'enregistrement, là, vous avez environ 25 cm d'augmentation du niveau de la mer. Alors, une question scientifique aujourd'hui, un débat assez important est de savoir : est-ce que le niveau de la mer accélère, et s'il accélère, est-ce que c'est en réponse aux gaz à effet de serre ?

Pour répondre à cette question, il est difficile de trouver une accélération dans un enregistrement avec beaucoup de bruit. Donc, on s'appuie essentiellement sur les données marégraphiques et sur les données altimétriques.

On trouve deux périodes où il y a une accélération assez forte. Une accélération ici, dans les années 90. Les marégraphes indiquent, à partir des années 90, le niveau de la mer commence à accélérer et atteindre des taux modernes, de l'ordre du millimètre par an, de quelques millimètres par an. Et l'altimétrie montre qu'on a une accélération aujourd'hui qui est de l'ordre de 0,08 mm par année au carré, ça ne vous dit pas grand-chose, mais en gros c'est une accélération qui est surprenamment rapide, surtout si l'on corrige d'un effet naturel, ici, de l'éruption du Pinatubo qui a fait ralentir la hausse du niveau de la mer - je vous en reparlerai encore tout à l'heure - et qui fait qu'en fait, l'accélération est plus grande que prévu.



Diapo 08 > Tendances du niveau de la mer observées par altimétrie 1993 - 2015 (la moyenne globale 3.4mm/yr retirée) - Tiré de Meyssignac et al. 2016



Diapo 09 > Le niveau de la mer depuis 1700

II. LES CAUSES DES VARIATIONS DU NIVEAU DE LA MER

Causes de la hausse du niveau moyen des mers

Qu'est-ce qui fait varier le niveau de la mer à ces échelles climatiques ? On va se concentrer sur la période altimétrique où on a des observations précises des variations du niveau de la mer. Je vous montre ci-contre ces variations du niveau de la mer reproduites en noir.

Aux échelles climatiques, il y a deux causes qui font varier le niveau de la mer.

La première, c'est le réchauffement de l'océan : lorsque la chaleur pénètre l'océan, l'eau comme les gaz se dilatent et en se dilatant, elle fait augmenter le niveau de la mer.

Alors, elle se dilate beaucoup moins qu'un gaz, mais lorsqu'on l'intègre sur les 4 km en moyenne de profondeur de l'océan, vous obtenez une augmentation de quelques millimètres par an - actuellement, et c'est ce que j'ai représenté ici en vert.

Par ailleurs, il y a une autre cause qui va faire augmenter le niveau de la mer, c'est la fonte des glaces : les glaces qui sont prisonnières des continents, celles qui se trouvent soit dans les glaciers de montagne, soit sur les calottes polaires, vont fondre, et en fondant elles ajoutent de l'eau à l'océan.

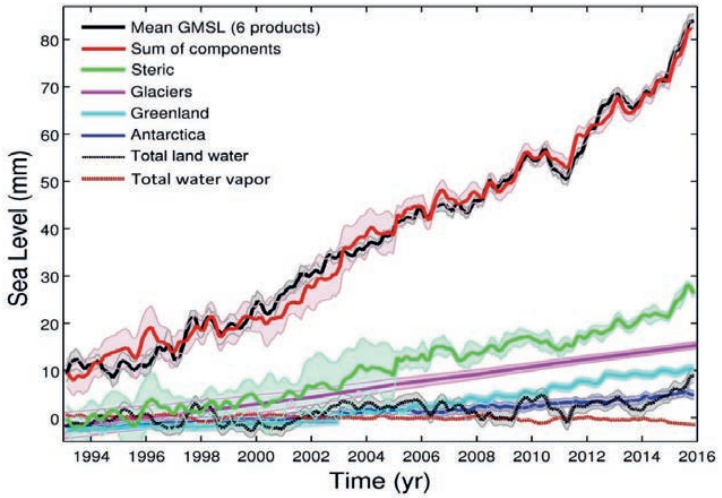
Ce n'est pas le cas de la banquise. La banquise, comme elle est déjà dans l'eau, lorsqu'elle fond, elle ne fait pas bouger le niveau de l'eau. Vous pouvez le vérifier l'été, quand vous mettez un glaçon dans votre boisson préférée, vous vérifierez que lorsque le glaçon a fondu, si vous avez la patience, le niveau de votre verre n'aura pas changé. C'est le principe d'Archimède.

Alors ici, j'ai représenté différentes sources de fonte de glaces continentales. Vous avez en rose les glaciers, la perte de masse dans les calottes polaires en bleu : le bleu clair, c'est le Groenland et la calotte polaire bleu foncé, c'est l'Antarctique. J'ai rajouté également les variations d'eau liquide contenue sur les continents qui varient au cours du temps, en noir pointillé.

Et lorsqu'on somme ces différents termes et qu'on somme le terme d'expansion de l'océan, l'expansion thermique, la dilatation, on obtient la courbe rouge que vous avez ici, qui explique la hausse du niveau de la mer. Cette courbe est extrêmement importante.

Elle est très, très importante pour deux raisons :

La première : l'accord de ces courbes montre que ces systèmes de mesure qui sont complexes, difficiles à mettre en œuvre, sont maîtrisés. Aujourd'hui, on explique la hausse du niveau de la mer, et vous voyez que les différences sont petites. On pourra discuter des différences et d'où elles peuvent venir, mais on maîtrise nos systèmes de



Diapo 11 > Causes de la hausse du niveau moyen des mers

mesure, et on sait qu'on a une explication de la hausse du niveau de la mer aujourd'hui, assez proche de ce qu'on peut attendre de mieux de notre système d'observation .

Le deuxième élément qui est extrêmement important, c'est que vous avez des communautés qui sont totalement différentes : une communauté satellite sur le niveau de la mer, des communautés océanographiques qui font des mesures *in situ*, des communautés glaciologues qui, eux-mêmes, entre eux, ont du mal à se parler quand ils font des glaciers ou des calottes polaires. Vous avez donc des milliers de gens impliqués. Et ce que montrent ces deux résultats, c'est que cette hausse du niveau de la mer qui est observée par les satellites est confirmée par un ensemble de données *in situ*. Donc, on a une confiance très forte dans les valeurs qu'on a aujourd'hui de cette hausse du niveau de la mer de 3,3 mm par an, et qui est confirmée par un ensemble de mesures très différentes.

Pour vous en convaincre, je vais vous expliquer comment on sait que l'océan se réchauffe.

L'expansion thermique de l'océan

On mesure les températures de l'océan depuis longtemps, par campagne océanographique. Les mesures se sont accélérées à la Deuxième Guerre mondiale, encore une fois pour des raisons militaires. Quand vous connaissez la structure de l'océan, quand vous connaissez sa structure thermique, vous avez une meilleure idée de la propagation des ondes sonores, et du coup, vous savez où vous pouvez cacher un sous-marin, par exemple.

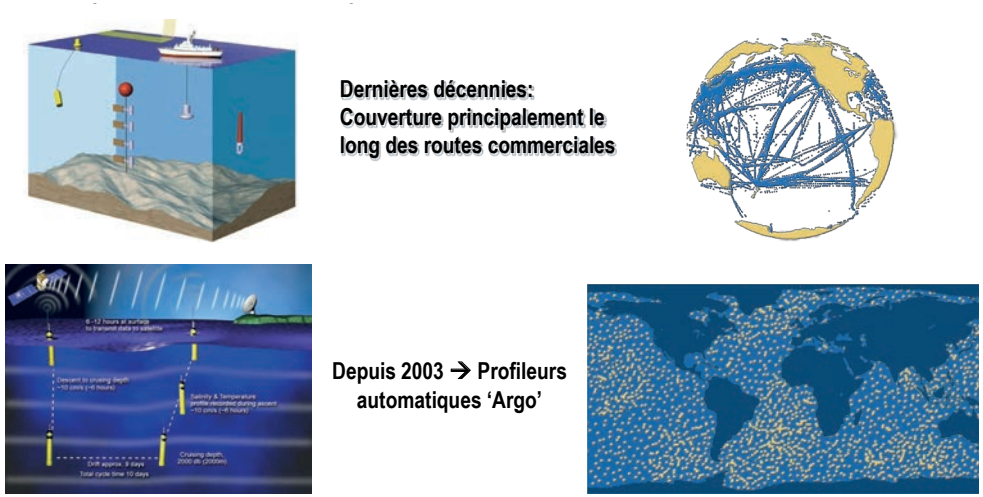
Et à partir de la Deuxième Guerre mondiale, les observations de température de l'océan se sont accélérées, et il y a même eu la mise en place d'observations systématiques le long des routes commerciales, derrière les bateaux commerciaux, avec des sondes jetables.

À partir de 2003, un très gros projet, qui s'appelle le projet Argo s'est mis en route. En fait, il était en route depuis déjà 2000. C'est le développement de profileurs autonomes dans l'océan qui vont profiler la température verticale de l'océan jusqu'à 2 000 mètres de profondeur, aujourd'hui.

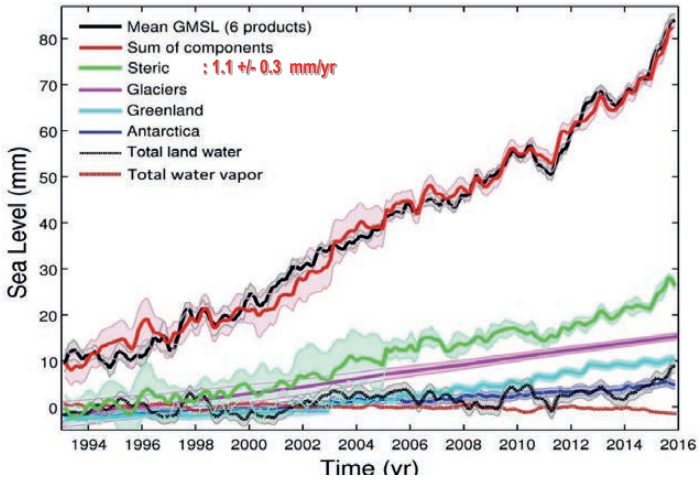
Vous avez diapo 12, le nombre de profileurs Argo autour du monde. C'est un programme international où de nombreux pays interviennent et qui permet de mesurer température et salinité de l'océan de manière systématique.

Lorsqu'on prend toutes ces données, on obtient cette hausse du niveau de la mer, que je vous ai présenté en vert sur ce graphique (diapo 13). La précision devient beaucoup plus grande à partir des années 2005, lorsque le système Argo est à peu près global.

On a plusieurs milliers de flotteurs à partir de cette date-là. C'est basé à partir des sondes jetables essentiellement, mais aussi des campagnes.



Diapo 12 > L'expansion thermique de l'océan



Diapo 13 > Causes de la hausse du niveau moyen des mers

Fonte des glaciers de montagne

Comment est-ce qu'on mesure la fonte des glaciers ? Alors, on a deux méthodes pour mesurer la fonte des glaciers, trois méthodes essentielles et deux particulièrement efficaces.

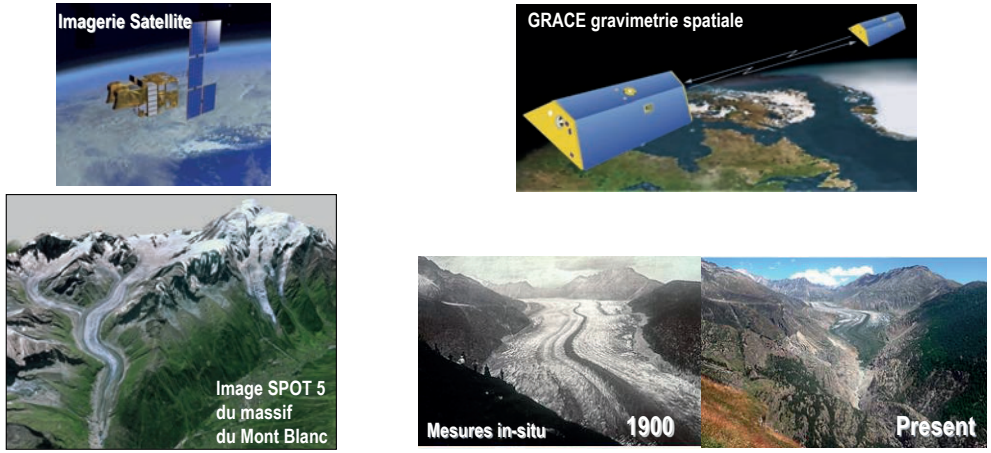
La première méthode, la méthode historique, ce sont les mesures *in situ*, des glaciologues qui vont sur les glaciers mesurer la fonte, l'épaisseur des glaciers. Vous avez, ici, des glaciers dans les Alpes, en 1900, ces mesures i*n situ* comportent aussi des photos et puis vous voyez le glacier présent qui a reculé énormément.

Il y a environ 200 000 glaciers sur la planète. 200 glaciers sont monitorés, mesurés, et ils le sont de manière optimisée pour essayer de représenter la réaction des 200 000 glaciers. Mais ce n'est pas suffisant. On a donc développé dans la communauté - et en particulier aux LEGOS, des techniques de monitoring des glaciers à partir d'images satellites faites par des satellites majeurs dans le visible, type Spot ou Pléiades.

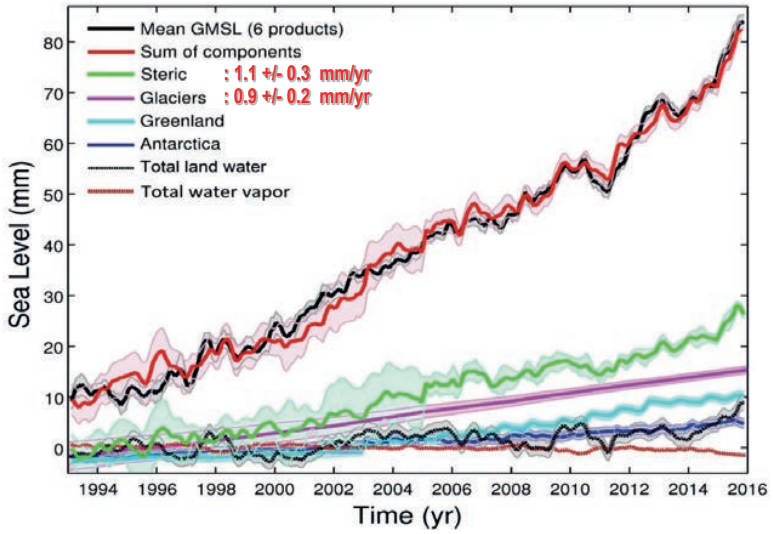
Il s'agit de faire deux images des glaciers à deux dates différentes et par comparaison des images, est créé un modèle numérique de terrain d'après lequel est étudié les variations d'épaisseur des glaciers.

La dernière méthode, c'est une méthode gravimétrique qui se fait par le satellite Grace. Le satellite Grace, ce sont deux satellites qui se suivent : le premier, c'est Tom et le deuxième, c'est Jerry. (ou dans l'autre sens, je ne sais plus). Ces deux satellites se suivent et mesurent le champ de gravité. Lorsque vous approchez d'une montagne, un satellite accélère parce que le champ de gravité est plus fort. Le deuxième n'accélère pas encore lorsque vous avez passé la montagne. Pour le premier satellite, la montagne est derrière lui donc il décélère, attiré par la montagne. Le second qui est devant la montagne accélère, donc, la distance se réduit et puis, ensuite, lorsqu'ils passent tous les deux de la montagne, la distance ré-augmente. On mesure la distance entre ces deux satellites. On en déduit le champ variable de gravité, on inverse ce champ variable de gravité, et on en déduit les variations de masse à la surface de la Terre. Et on peut regarder ça sur les calottes polaires ou sur les glaciers.

Lorsqu'on utilise cette technique, ce que vous représentez ici (courbe rose diapo 15), c'est difficile sur des glaciers, parce qu'ils sont particulièrement petits. Ils sont tellement petits d'ailleurs qu'on a même du mal à les modéliser dans les modèles de climat. Et c'est pour ça que vous avez une courbe aussi plate. On n'a pas les variations inter-annuelles. Ce qui est important ici, c'est la tendance et on a une tendance de 0,9, plus ou moins 0,2 mm par an, qui est aujourd'hui un peu révisée à la baisse, on est plutôt vers les 0,8.



Diapo 14 > Fonte des glaciers de montagne



Diapo 15 > Causes de la hausse du niveau moyen des mers

Fonte des calottes polaires

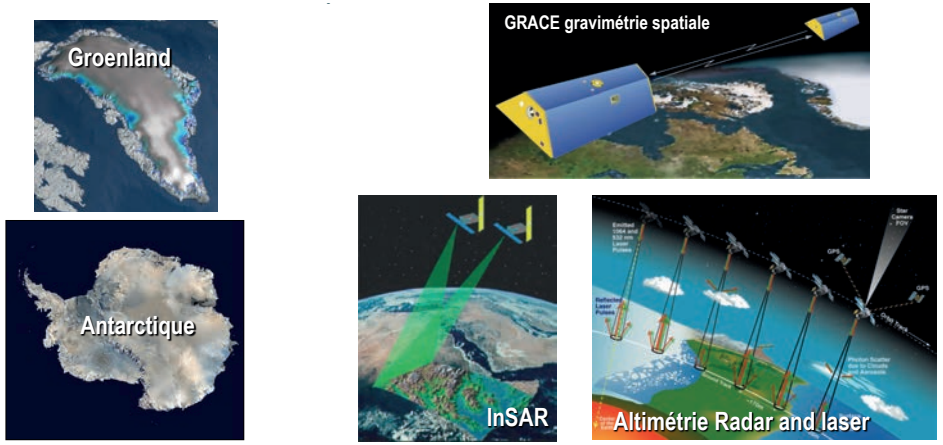
Dernier élément qui est important, c'est comment on mesure la fonte, la perte de masse dans les calottes polaires.

Dans les calottes polaires, il y a deux processus qui vont faire fondre les calottes polaires. Le premier, c'est la fonte en surface. Donc, avec la chaleur, la surface des calottes polaires fond, alors pas la surface des deux calottes polaires, la surface du Groenland, parce que le Groenland est plus au sud et est plus exposé aux entrées maritimes. En Antarctique, qui est relativement protégé, la surface ne fond pas. Donc, ça, c'est la première source qui fait fondre la calotte polaire.

La deuxième, c'est l'écoulement de la glace vers l'océan. Il se trouve que la glace des calottes polaires s'appuie sur un socle rocheux. L'océan, en se réchauffant, vient ronger ce socle rocheux. En rongeant ce socle rocheux, il fait décrocher la glace, et la glace rentre dans des domaines d'instabilité où elle se met à reculer jusqu'à ce qu'elle accroche de nouveau le socle rocheux qui remonte.

J'en reparlerai un peu tout à l'heure dans les détails, mais cette accélération de l'écoulement de la glace vers l'océan est très présente en Antarctique, c'est l'unique forme qu'on a en Antarctique, et elle est aussi présente au Groenland. Alors, comment on mesure ces variations de masses des deux calottes ?

On les mesure, tout d'abord, par altimétrie. Comme on mesure la hauteur du niveau de la mer, on prend des altimètres radar ou au laser et on va mesurer les variations d'épaisseur de la glace.



Diapo 16 > La fonte des calottes polaires

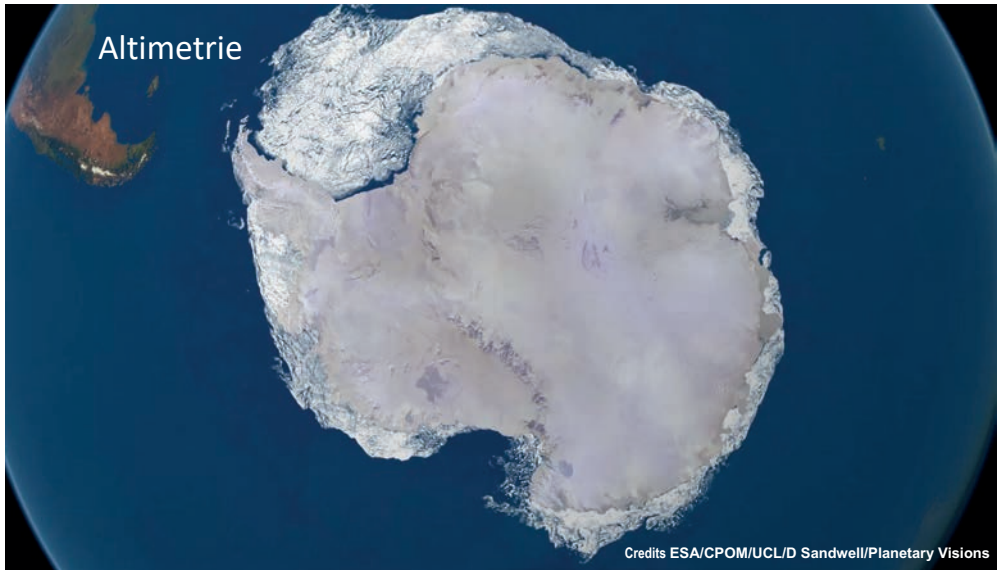
Altimétrie et INSAR : 2 méthodes ***[cf.captation vidéo > 19'15 à 20'35]***

Voici le cas de Cryosat qui a été envoyé en 2002 et qui est sur une orbite défilante. Ce que vous voyez ici, c'est la trace de l'orbite de Cryosat sur l'Antarctique. Cette orbite défilante, au cours du temps, finit par couvrir l'ensemble de l'Antarctique, c'est ce que vous voyez maintenant. Et lorsqu'on traite les mesures, on peut avoir une idée de cette fonte, de la diminution d'épaisseur des glaces.

Et ce que vous voyez ici, très proche de la mer, c'est du fait de la fonte de ces calottes, ici, des calottes au niveau de l'océan, en fait, ces glaciers ici, viennent s'enfoncer dans la mer et font diminuer l'épaisseur de la calotte, en particulier près de la côte.

Alors, on a le même phénomène au Groenland. Je vous montre le Groenland, c'est assez joli. On va accélérer dès qu'on a vu l'image du Groenland, je vous coupe la fin de la vidéo. Vous allez voir que pour le Groenland, la perte d'altitude des calottes est beaucoup plus forte, parce qu'il y a le processus de fonte à la surface.

Vous allez avoir les mesures de 2011 à 2015. Les couleurs ne sortent pas très bien, mais vous voyez, dans ces régions maritimes les pertes d'altitude qui sont extrêmement fortes.



Diapo 17 > Altimétrie

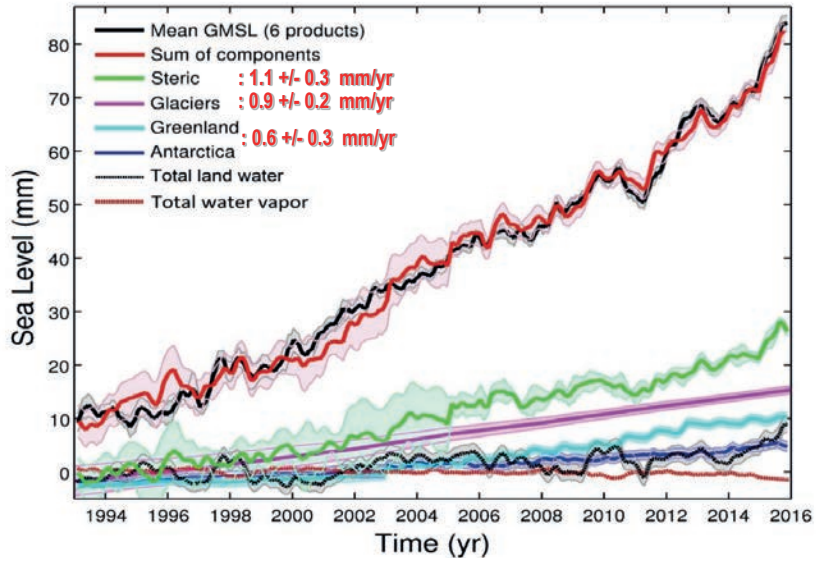
L'autre méthode pour mesurer cette perte de masse dans l'Antarctique, c'est de mesurer la vitesse d'écoulement des glaciers vers l'océan.

Et ça, on peut le faire avec des techniques d'interférométrie radar. Même si la fonte se fait sur la côte, vous voyez que ça vient drainer des glaciers qui sont très, très loin sur le continent antarctique, et on a donc des grosses pertes de glace qui viennent de l'ensemble du domaine de l'Antarctique jusqu'à la côte pour s'écouler vers la mer.

C'est ce qu'on mesure avec les mêmes techniques d'altimétrie, mais en faisant des interférométries radar pour avoir des mesures plus précises.

Alors aujourd'hui, lorsqu'on compile les données, on voit que la perte de masse due à l'Antarctique, due aux calottes polaires, s'élève à 0,6 mm an (diapo 19).

Diapo 18 > INSAR

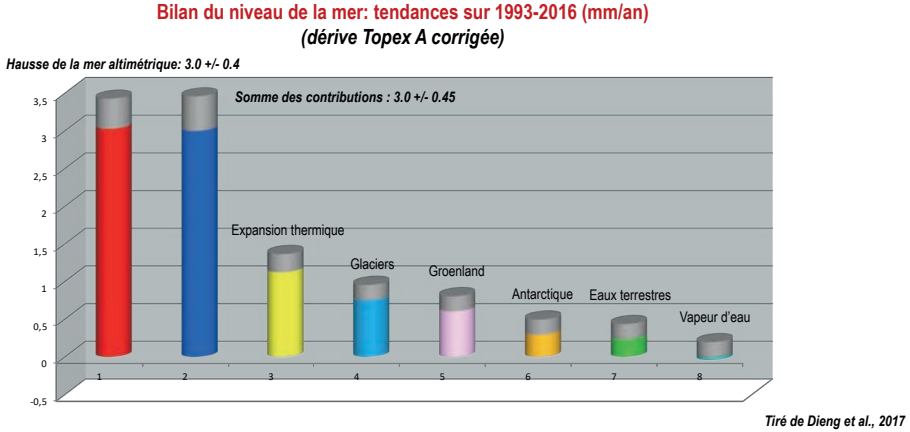


Diapo 19 > Causes de la hausse du niveau des mers

Causes de la hausse du niveau moyen des mers

Lorsqu'on fait le bilan, donc là, je vous passe rapidement sur cette slide, j'ai fait le bilan ici, vous avez la hausse du niveau de la mer observée en tendance sur la période 1993-2016.

On n'a pas exactement la même valeur, parce qu'on est sur une période un petit peu différente. Vous avez, ici, la somme de chacun des termes dont je viens de vous parler et la manière dont ils ont été estimés, et vous voyez que la somme est très proche de ce qu'on observe par altimétrie.



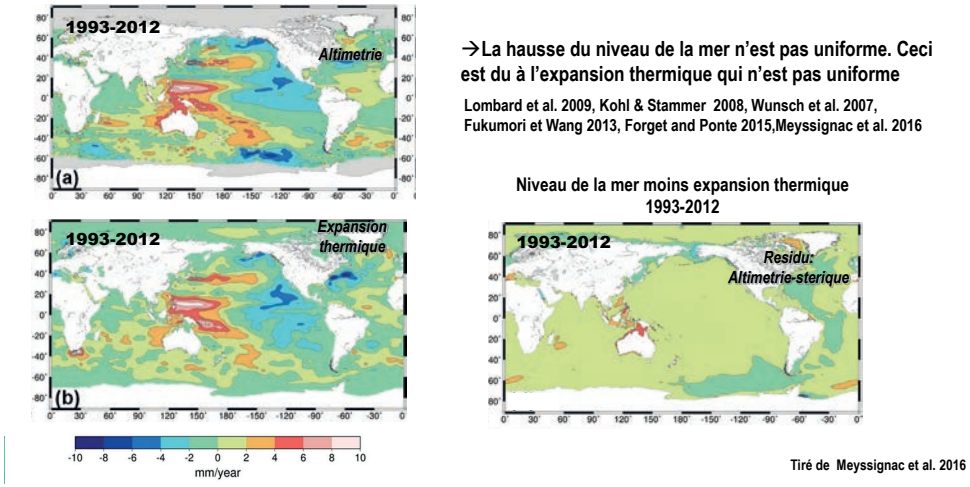
Diapo 20 > Causes de la hausse du niveau moyen des mers

Causes de la hausse du niveau de la mer régional

En régional, la variation du niveau de la mer n'est pas uniforme, essentiellement à cause de l'expansion thermique. La chaleur qui rentre dans l'océan est redistribuée par la circulation océanique, et en redistribuant la circulation océanique, elle est redistribuée de matières inhomogènes dans l'océan et on trouve des régions où le niveau de la mer augmente et d'autres où il augmente moins vite.

Ces régions changent au cours du temps, assez vite, sur l'échelle de quelques dizaines d'années.

Alors vous allez me dire « Et là-dedans, où est le changement climatique et où sont les gaz à effet de serre ? »



Diapo 21 > Causes de la hausse du niveau de la mer régional

III. LES VARIATIONS DU NIVEAU DE LA MER EN RÉPONSE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le niveau de la mer en réponse au changement climatique

Pour expliquer le rôle du changement climatique, il faut revenir sur la définition du changement climatique.

Alain Mazeau vous l'a expliqué tout à l'heure, la définition que l'on a longtemps utilisée sur le changement climatique, c'était de regarder des variables du climat et de regarder si ces variables du climat, sur une échelle de 30 ans, évoluaient plus ou moins.

Depuis une dizaine d'années, on utilise une autre définition du changement climatique. On définit le changement climatique par rapport à ce qu'on appelle l'équilibre climatique.

La Terre est à l'équilibre climatique lorsqu'elle reçoit autant d'énergie du Soleil que ce qu'elle réémet vers l'espace.

Elle reçoit environ 340 watts par mètre carré du Soleil dont elle réfléchit 30 % immédiatement, simplement par effet d'albédo, par réflexion. 70 % de cette énergie rentre dans le système et vient réchauffer l'atmosphère, la surface de la Terre.

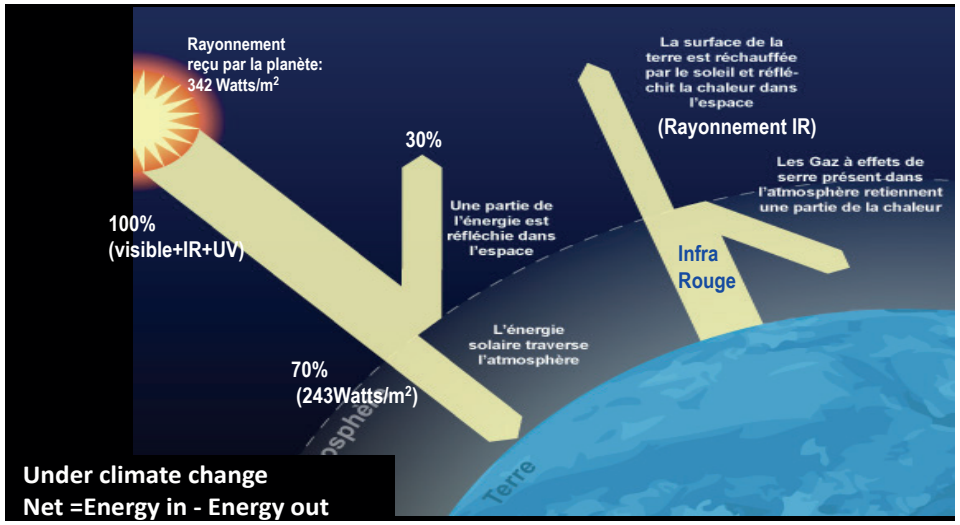
En réchauffant le système et la surface de la Terre, elle réémet sous forme d'infrarouge - parce que tout corps chaud émet sous forme infrarouge. En émettant de l'infrarouge, une partie est renvoyée par les gaz à effet de serre : les gaz à effet de serre naturels, comme la vapeur d'eau, et le CO_2 qui était à l'état naturel à certains taux ; et une part repart vers l'espace.

Si maintenant vous avez dedans une cause extérieure qui vient changer le climat : éruptions volcaniques, changements dans le cycle solaire, émissions de gaz à effet de serre…

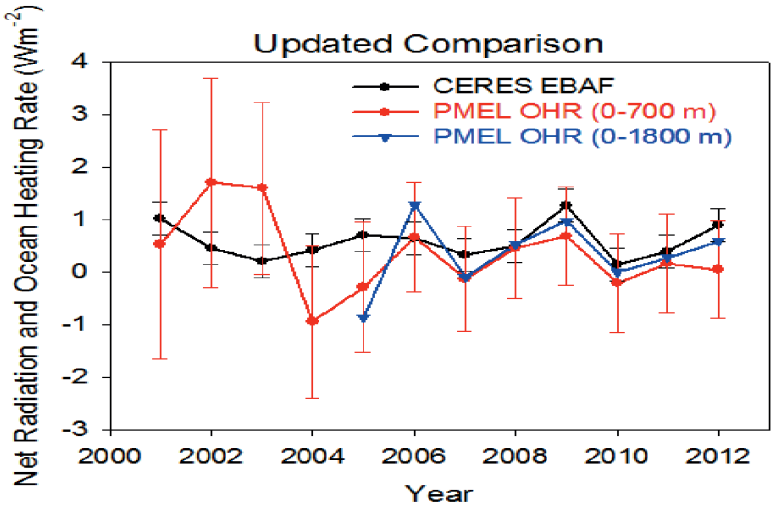
Prenons, par exemple, le cas des émissions de gaz à effet de serre, ce qui sera utile pour la suite : vous allez changer la quantité d'infrarouge qui est capturée par la Terre et qui est renvoyée vers la surface, on a moins d'émissions d'infrarouge de la Terre vers l'espace. Aussi, lorsqu'on somme la quantité que la Terre réémet vers l'espace, on a une quantité qui est inférieure à celle qu'elle reçoit du Soleil. On a un déséquilibre énergétique. La Terre reçoit plus d'énergie que ce qu'elle émet. Elle se met donc à stocker de la chaleur.

Lorsqu'elle stocke de la chaleur, on peut mesurer, ici, la quantité d'énergie qu'elle se met à stocker depuis l'espace en mesurant l'énergie qu'elle reçoit du Soleil et l'énergie qu'elle réémet.

C'est ce que vous avez diapo 24, en noir, mesuré par les instruments (Cérès).



Diapo 23 > Le niveau de la mer en réponse au changement climatique



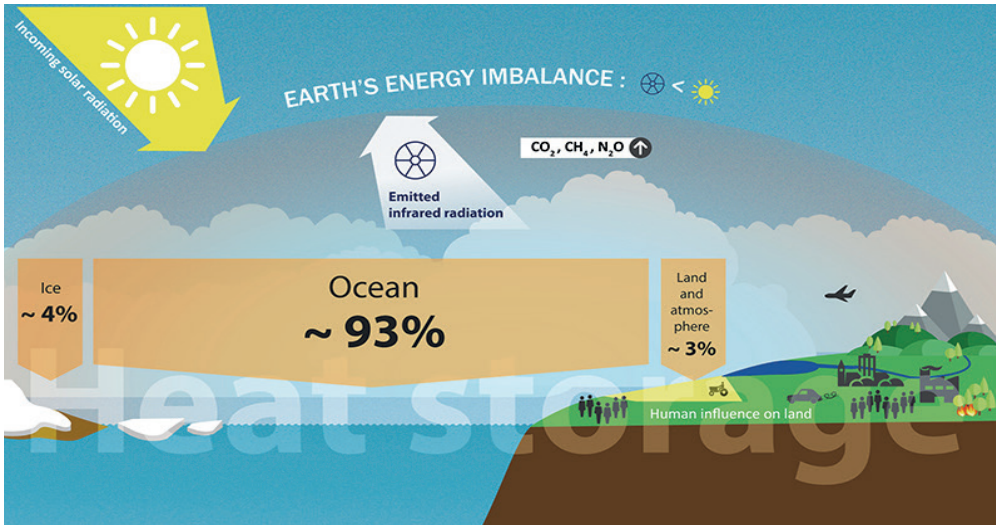
Diapo 24 > Net Radiation and Océan Heating Rate / Adapté de Loeb et al. 2012

Lorsque cette énergie pénètre le système, vous avez le déséquilibre énergétique dont je vous parlais. Lorsque cette énergie pénètre le système, 93 % de cette énergie va rentrer dans l'océan. Pourquoi ? Simplement parce que l'océan a une capacité calorifique beaucoup plus grande que l'ensemble du système.

2,5 mètres de profondeur de l'océan correspond à la même capacité calorifique que l'ensemble de la cryosphère, des terres et de l'atmosphère. 3 % de l'énergie va entrer dans l'atmosphère et la réchauffer, 4 % dans la cryosphère et la faire fondre et 3 % dans les continents et les réchauffer. Ceci va arriver jusqu'à ce que la Terre émette suffisamment, jusqu'à ce que la Terre soit suffisamment chaude pour réémettre assez d'émissions infrarouges, pour que ces émissions infrarouges - en passant à travers le système - recompensent ce qu'on reçoit du Soleil.

Ceci arrivera dans quelques milliers d'années. On sera dans un nouvel état d'équilibre chaud dans lequel on aura plus de gaz à effet de serre, la température sera plus chaude à la surface pour pouvoir émettre suffisamment d'infrarouges pour réémettre. Mais on réémettra autant vers l'espace que ce qu'on reçoit du Soleil. Entre ce futur état d'équilibre chaud et l'état d'équilibre froid préindustriel, avant les émissions de gaz à effet de serre, on a un état transitoire.

Cet état transitoire, c'est ce qu'on définit comme le changement climatique. Et pendant cette étape transitoire, il est caractérisé par une pénétration de la chaleur dans le système.



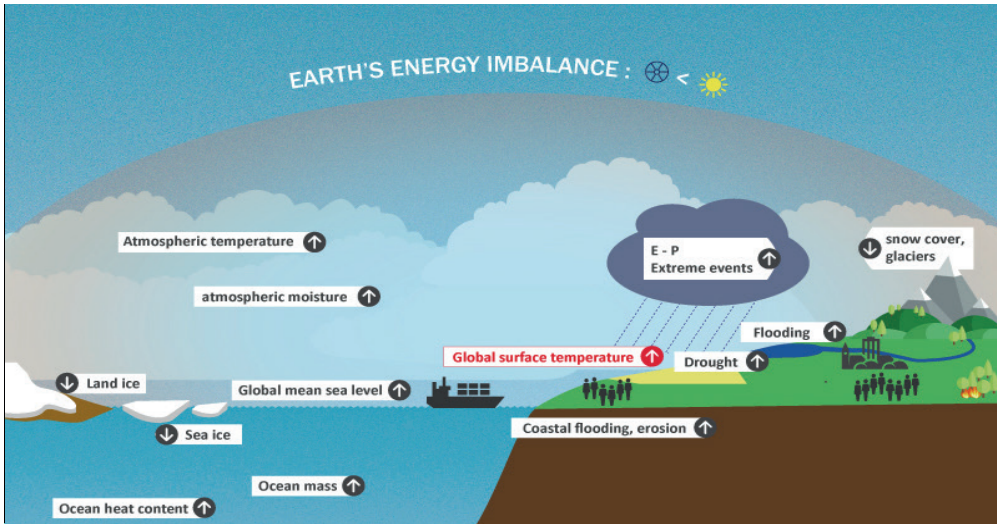
Diapo 25 > Le niveau de la mer en réponse au changement climatique

Cette pénétration de la chaleur, c'est elle qui va créer ce que l'on appelle les changements climatiques.

Lorsque la chaleur rentre dans l'océan, elle fait dilater l'océan, fait augmenter le niveau de la mer.

La chaleur rentre dans les calottes polaires, elle fait fondre les cales polaires, fait augmenter le niveau de la mer.

La chaleur rentre dans l'atmosphère, elle bouleverse les équilibres dans l'atmosphère de températures et de précipitations, elle change les températures de surface et elle change les régimes de précipitations. Et là, vous retombez sur l'ancienne définition du changement climatique, vous avez des variations et des tendances que vous voyez apparaître dans l'ensemble des variables du changement climatique.



Diapo 26 > Le niveau de la mer en réponse au changement climatique

Aujourd'hui, on peut vérifier que la hausse du niveau de la mer actuelle est cohérente avec cette pénétration de la chaleur dans le système, liée au déséquilibre énergétique.

Ce qu'on fait ici (diapo 27), c'est le bilan du niveau de la mer sur la période 2000. On s'arrête, ici, en 2014 et la hausse du niveau de la mer était plus faible à 2,8 mm par an. Dedans, Grace, donc, Tom et Jerry nous montrent qu'on a 1,9 mm par an qui viennent de la fonte des glaces, et 0,9 mm par an qui viennent de l'expansion thermique.

Pour faire fondre l'équivalent de 2 mm par an de niveau de la mer de glace (diapo 28), il faut environ 0,01 watt par mètre carré, quasiment rien, parce que la chaleur latente de fusion de la glace ne demande pas beaucoup. On a énormément d'eau pour une chaleur latente assez faible.

Pour augmenter la chaleur de l'océan (diapo 29), pour faire une expansion thermique de 0,9, il faut mettre dans l'océan 0,72 watt par mètre carré, ce qui est beaucoup plus haut.

Et si vous ajoutez, ici (diapo 30), le réchauffement de l'atmosphère, vous avez ce qu'on appelle le déséquilibre énergétique de la planète.

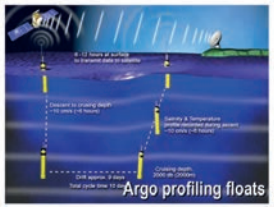
Vous retrouvez la valeur, et donc, la hausse du niveau de la mer actuelle est cohérente avec le déséquilibre énergétique de la planète de 0,75 watt par mètre carré.

Notez au passage : heureusement que l'on a un gros océan !

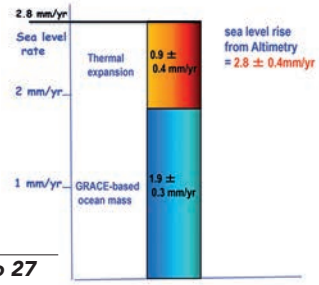
Si l'océan était tout petit, beaucoup plus de chaleur entrerait dans la cryosphère. Et si vous mettez 1 watt par mètre carré dans la glace, vous avez beaucoup, beaucoup de niveau de la mer. Heureusement qu'on était dans un état de déglaciation.

Aujourd'hui, 90 % de ce déséquilibre énergétique sur cette période est lié aux émissions de gaz à effet de serre. 10 % sont liés à des variations naturelles du système : récupération depuis le petit âge glaciaire et on a aussi des émissions d'aérosols. Alors, quand je dis 90 %, c'est « compensations aérosols-CO_2», c'est toutes les émissions anthropiques.

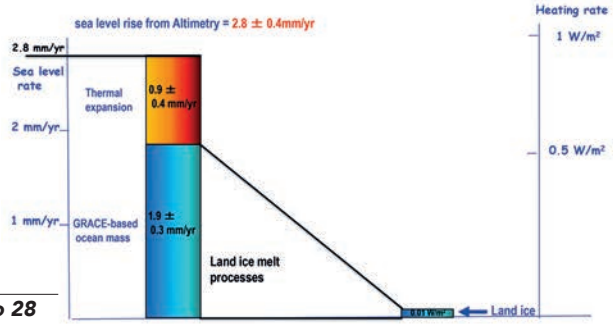
Donc ici, on a 90 % de cette énergie qui est liée aux gaz à effet de serre. Ce qui explique que 90 % aujourd'hui de la hausse du niveau de la mer est liée à ces gaz à effet de serre, et on a une compréhension robuste des processus physiques qui expliquent cette hausse du niveau de la mer.



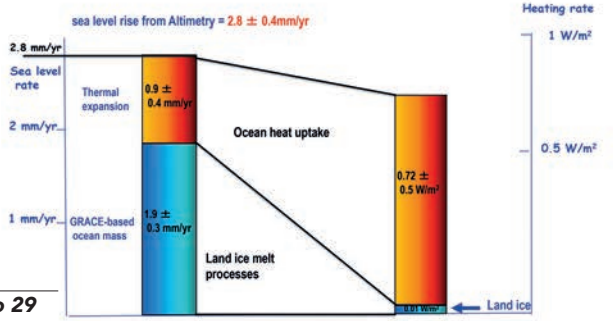
(Tiré de Dieng et al. 2015)



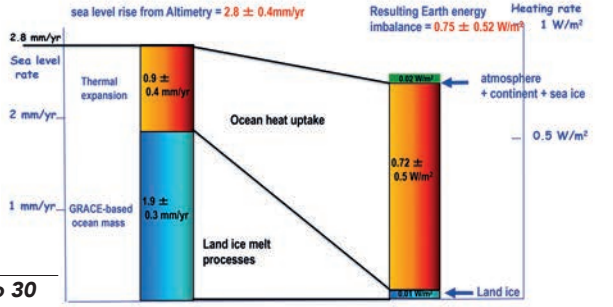
Diapo 27



Diapo 28



Diapo 29



Diapo 30

Les projections du niveau de la mer

Comme je m'approche de la fin, on va vite passer aux projections.

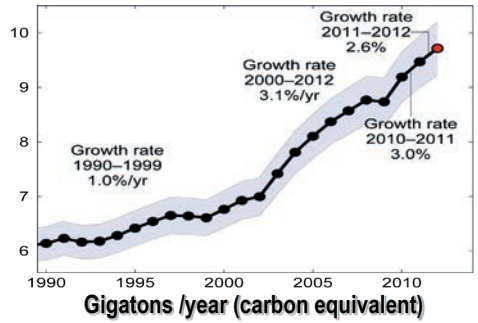
Le niveau de la mer augmentera dans le futur, même si on arrêtait aujourd'hui d'émettre. J'ai une minute et demie pour vous expliquer ça.

Pour schématiser, dans l'atmosphère, il y a beaucoup de CO_2 qui n'est pas encore absorbé par l'océan. Il va mettre plusieurs milliers d'années à être absorbé par l'océan.

Pendant ce temps, l'effet de serre impacte le système, et donc, l'océan augmente. L'océan capte de la chaleur, les glaces fondent et donc, le niveau de la mer augmente.

On a aujourd'hui dans l'atmosphère à peu près suffisamment de CO_2 pour à peu près 2 à 3 mètres d'eau en quelques milliers d'années. Le problème, c'est qu'en plus, on en émet du CO_2, et on en émet toujours plus. La seule chose qui fait qu'on émet moins de CO_2, que vous voyez ici, ce sont les crises économiques.

Emissions de Gaz à Effet de Serre



Tiré de Le Quéré et al., 2012

Diapo 32 > Émissions de Gaz à Effet de Serre (1)

Dans le futur, on aura du niveau de la mer. On aura du niveau de la mer, et on est obligé d'avoir différents scénarios. C'est ce qu'expliquait Alain Mazeau. Je n'entre pas dans le détail. On a le scénario « business as usual » - « on ne change rien », c'est le scénario RCP 8.5.

Et le scénario où on tente de rester à 2 degrés d'augmentation en 2100 c'est le scénario 2.6.

→ Representative Concentration Pathways (RCPs)

→ 4 scenario RCP définis par le forçage radiatif en 2100:

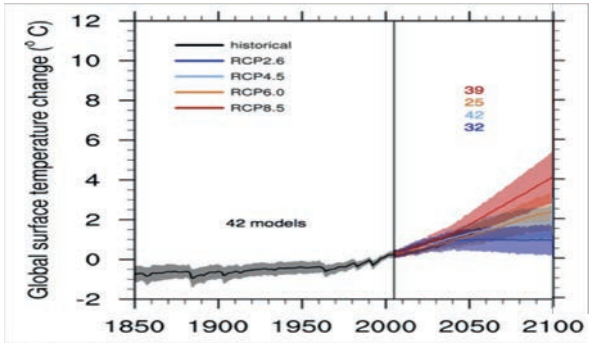
- **RCP2.6 (2.6 Wm^{-2})**
- **RCP4.5 (4.5 Wm^{-2})**
- **RCP6.0 (6.0 Wm^{-2})**
- **RCP8.5 (8.5 Wm^{-2})**

Diapo 33 > Émissions de Gaz à Effet de Serre (2)

Pour chaque scénario, on a une courbe de température différente (diapo 34). Alain l'a bien expliqué, les températures de surface vont changer. Vous avez le scénario 2.6 et 8.5, « business as usual ».

Puisque les températures augmentent, le niveau de la mer va augmenter aussi.

Projections des températures moyennes à la surface



Tiré de IPCC AR5,2013

Diapo 34 > Émissions de Gaz à Effet de Serre (3)

Vous avez, diapo 35, les prévisions du niveau de la mer du dernier rapport du GIEC.

Donc, je passe rapidement sur un scénario 6.0 qui n'est pas tout à fait le « business as usual », mais pas loin. Vous avez une augmentation de 40 cm du niveau de la mer, sans prendre en compte la perte des calottes polaires. Seulement sont pris en compte les autres termes.

Je veux absolument parler des calottes polaires aujourd'hui (diapo 38), parce que c'est l'éléphant dans le magasin de porcelaine.

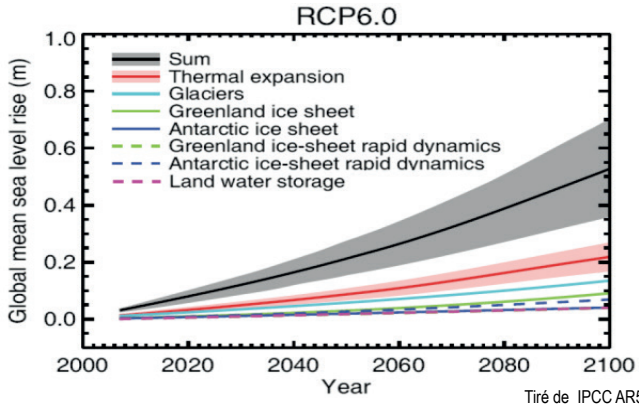
Dans le dernier rapport du GIEC, les calottes polaires n'étaient pas prises en compte, parce que la perte de masse des calottes polaires par écoulement est un processus complexe qu'on ne commence à comprendre que depuis une dizaine d'années et qu'on ne reproduisait même pas dans nos modèles.

Seulement depuis 5 ans, on commence à le reproduire dans nos modèles. Un des processus qui fait que cet écoulement s'accélère, c'est le processus dont je vous parlais : fonte des « ice shelves », qui est la partie de la calotte qui flotte, ici, recul de la « grounding line » qui est une instabilité.

Et comme cette « grounding line » recule, il se trouve que le flux de glaces dans la mer est proportionnel à cette épaisseur. Et quand votre « grounding line » recule, l'épaisseur augmente, et donc, le flux augmente. Ce processus est reconnu. Aujourd'hui, il est observé et on arrive à l'expliquer dans nos modèles.

On a découvert un nouveau processus au Groenland, il y a à peu près 5 ans, procesus qu'on n'observe pas encore en Antarctique, qui est ce qu'on appelle le processus « ice cliff instability ». Lorsque vous avez des falaises de glace qui sont trop grandes, lorsque la calotte recule, si vous avez de l'entrée d'eau qui fond derrière les falaises, les falaises ne peuvent pas tenir la hauteur de glace et les falaises s'écroulent, ce qui accélère encore les pertes de glaces. Aujourd'hui, dans le rapport du GIEC que l'on est en train d'écrire - en février, on écrira le dernier « draft » comme on dit, le dernier brouillon, la dernière version du rapport du GIEC spécial océans et cryosphères - on prend en compte ce processus-là, et on parle de ce processus comme un processus potentiel pour 2100.

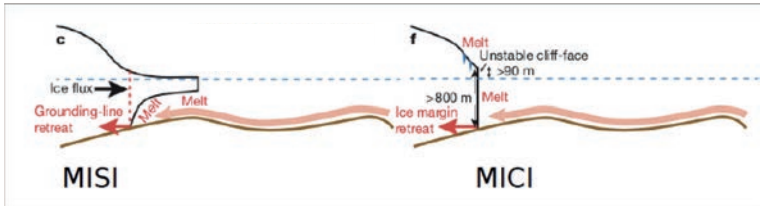
Projections du niveau de la mer moyen



Tiré de IPCC AR5,2013

Diapo 35 > Projections du niveau de la mer moyen

Instabilités dynamique des calottes polaires



Marine Ice Sheet Instability:

- **Consensus**
- **Observé en Antarctique et au Groenland**
- **Soulève des questions sur la qualité des modèles**

Marine Ice Cliff Instability:

- **Débattu**
- **Non observé en Antarctique**

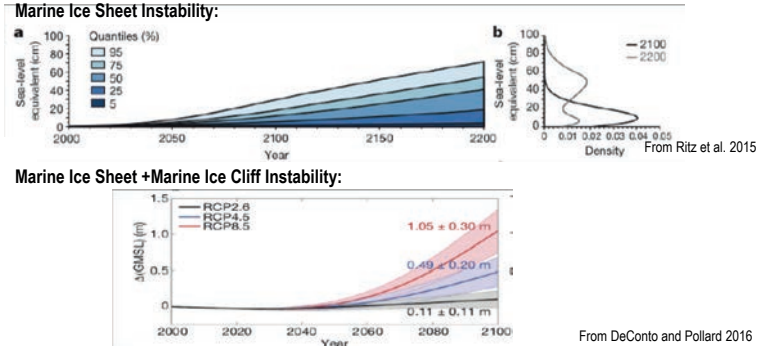
From DeConto and Pollard 2016

Diapo 38 > Instabilités dynamiques des calottes polaires

Lorsqu'on prend en compte ce processus-là, le MISI, vous avez une augmentation du niveau de la mer en RCP 2.6 en 2100 de l'ordre de 4 à 5 cm. Et si on prend un « business as usual », un scénario RCP 8.5, on a une augmentation de 40 cm supplémentaires.

Cela veut dire qu'en 2100, il faut s'attendre aujourd'hui à une augmentation du niveau de la mer, dans un scénario favorable, de 40 cm plus les 5 cm, c'est-à-dire 45 cm, et dans un scénario défavorable, on est vers 1 m, entre 1 m et 1,20 m.

Instabilités dynamique des calottes polaires: simulations avec methodes d'ensemble



Diapo 39 > Instabilités dynamiques des calottes polaires : simulations avec méthodes d'ensemble

CONCLUSION

Le niveau de la mer actuel augmente rapidement comparé aux millénaires précédents. Il est à peu près 5 à 10 fois plus rapide, et il accélère.

Il augmente en réponse au réchauffement de l'océan et à la fonte des glaces continentales. Cette hausse du niveau de la mer est cohérente avec le déséquilibre énergétique de la terre, et on a une compréhension robuste de cette hausse du niveau de la mer.

Dans le futur, le niveau la mer augmentera de 45 cm à 1 mètre du niveau de la mer en 2100 . La principale différence entre ces différents scénarios, c'est la quantité de gaz à effet de serre qu'on émettra dans le futur.

L'estimation que je viens de vous donner, c'est la combinaison de ces 5 à 45 cm avec les deux précédents.

- **Le niveau de la mer actuel augmente rapidement comparé aux millénaires précédents et menace les populations cotières**
- **Il augmente en réponse au réchauffement de l'océan et à la fonte des glaces continentales**
- **La hausse du niveau de la mer est cohérente avec le déséquilibre énergétique de la Terre du aux gaz à effet de serre!! Notre compréhension du phénomène est robuste**
- **Dans le futur le niveau de la mer augmentera entre 40±14cm et 62±19cm en 2100 en fonction du scenario d'émission de GES avec une variabilité régionale de ±30% autour de la moyenne**
- **Cette estimation ne prend pas en compte la perte de masse des calottes polaire par instabilité dynamique. Cette contribution pourrait atteindre entre 5 et 45 cm en 2100**

Diapo 40 > Conclusion

Guy WÖPPELMAN

Université de La Rochelle,
UMR CNRS 7266 LIENSs

2.6 | Évolution du niveau de la mer à la côte et déplacements verticaux terrestres

Bonjour à toutes et à tous.

En guise de transition avec l'exposé de Benoît Meyssignac, je vais revenir sur les différents types d'instruments qui sont à notre disposition pour observer le niveau la mer.

Marégraphes et satellites altimétriques

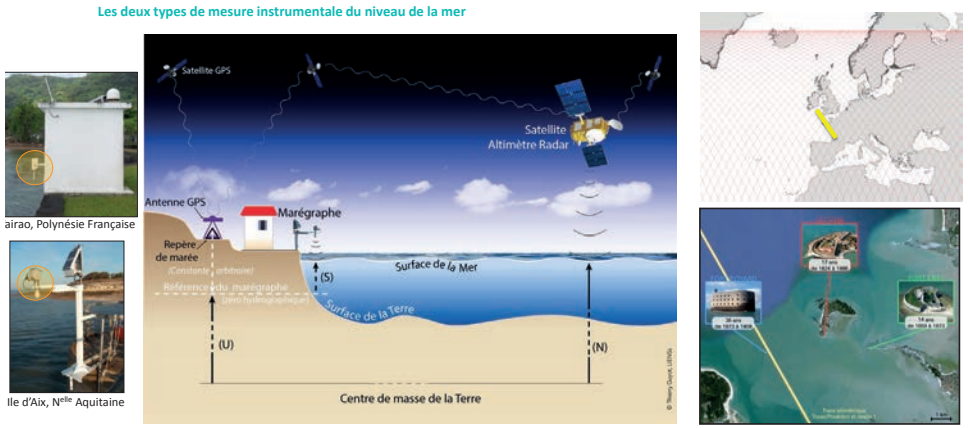
Depuis 25 ans, nous avons des satellites qui observent le niveau de la mer par rapport au centre des masses de la Terre. Leur avantage très net, c'est leur couverture spatiale.

En revanche, ils ont quelques limitations : certaines sont sur le point d'être surmontées, en particulier l'approche aux côtes puisque les observations à 1-2 cm s'arrêtent à une dizaine de kilomètres de la côte. L'autre difficulté, c'est qu'en termes d'interprétation, c'est une mesure par rapport au centre des masses de la Terre.

On a également, à notre disposition et là depuis plutôt plusieurs dizaines d'années, voire 150 ans pour les enregistrements les plus longs, dont celui de Brest, des marégraphes qui sont, eux, à la côte et qui observent le niveau de la mer par rapport au socle sur lequel ils reposent. C'est finalement ces marégraphes qui nous donnent une information sur ce que nous ressentons et que l'origine soit sur une montée des océans liée à la fonte des calottes polaires ou bien liée à des processus de géophysique de déplacement de la côte. Et c'est sur ces processus-là, que va se centrer plutôt mon exposé.

Quelques images pour montrer ce que sont ces instruments. Ce sont des instruments plutôt modernes. Et lorsqu'on remonte dans le temps, ces instruments sont plutôt des instruments mécaniques.

J'ai une petite illustration diapo 02 pour évoquer le problème à la côte et qui est lié à un des instruments qui sont marqués, dont parlait Benoît Meyssignac, qui est le radiomètre à vapeur.



Diapo 02 > Marégraphes et satellites altimétriques

I. PANORAMA DES PROCESSUS À L'ORIGINE DES DÉPLACEMENTS À LA SURFACE DE LA TERRE SOLIDE

Une grande variété de phénomènes géophysiques

Alors quels sont les processus géophysiques qui peuvent causer des mouvements verticaux à la côte?

Une petite illustration de la variété des phénomènes géophysiques qui déforment la surface de la Terre : nous avons une croûte terrestre de quelques dizaines de kilomètres qui repose sur du magma. C'est plus de 3000 km avec le manteau supérieur et le manteau inférieur et qui, à des échelles de temps longues, se comporte comme un fluide.

Notre planète est dynamique. Nous avons donc des déplacements de plaques tectoniques et nous verrons dans le focus que nous fera Valérie BALLU juste après mon exposé, les problèmes sur les mouvements verticaux associés à des questions de subduction.

Il y a également l'activité volcanique qui peut créer des mouvements verticaux du sol liés au gonflement des chambres magmatiques ou des gonflements, les séismes, bien entendu.

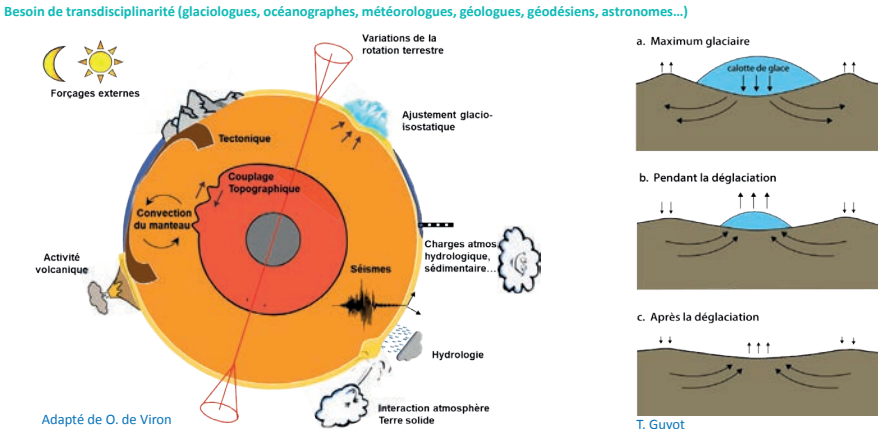
Je voudrais faire brièvement une description d'un autre phénomène qui, à une échelle planétaire est lié justement aux cycles de glaciation et déglaciation.

Dans le chemin ci-contre vous avez une situation d'ère glaciaire (a.). Vous avez de l'eau des océans qui a été piégée sur les continents. Vous avez d'énormes calottes polaires de plusieurs kilomètres qui, en fait, ont un poids. Donc, les couches fluides, les masses fuient, se compensent. C'est ce qu'on appelle l'ajustement glacio - isostatique et nous avons un enfoncement de la Terre solide qui se comporte d'une manière plutôt élastique. Et en périphérie, comme vous le voyez, nous avons un soulèvement de la surface de la Terre.

Pendant la déglaciation (b.), nous avons des phénomènes inverses. Donc là où sont les calottes qui fondent, nous avons un mouvement de soulagement et de soulèvement. Et en périphérie, on a un mouvement vertical de subsidence, donc, un mouvement vertical de tassement.

Après la déglaciation (c.), même bien après cette période de la dernière déglaciation il y a quelque 20 000 ans, on a encore sous l'écorce terrestre, des mouvements de masse qui sont en dessous, qui continuent à affluer vers les anciennes zones couvertes par ces calottes polaires. Il y en a encore en soulèvement et en périphérie, une subsidence.

J'illustrerai ce phénomène un peu plus en détail, tout à l'heure.



Diapo 04 > Une grande variété de phénomènes géophysiques

Principales causes des déplacements verticaux de la surface terrestre et caractéristiques

Je suis allé regarder un petit peu la littérature pour avoir des ordres de grandeur de l'ampleur de ces différents phénomènes qui sont listés là et qui ont été publiés par différents collègues.

Ce qu'il faut regarder, c'est ce graphique de Benoit avec ces 1-2 mm par an et sur les 25 dernières années, 3 mm par an, et comparez ça à des phénomènes tels que l'ajustement glacio-isostatique dont je parlais tout à l'heure, ainsi que l'ajustement actuel lié à la déglaciation actuelle, mais qui est plus modeste, comme vous pouvez le voir, et également, les autres phénomènes qui sont indiqués là.

Vous voyez que ce taux de montée peut être observé dans les océans plusieurs fois sur les 5 dernières années, avec parfois un ordre de 1 ou 2 de grandeur.

Par contre, pour les échelles spatiales que vous voyez dans cette colonne, à part ce phénomène-là qui a une emprise vraiment globale, les autres vont avoir des emprises plutôt localisées.

II. QUELQUES EXEMPLES CONCRETS DE LEUR IMPORTANCE SUR LE NIVEAU DE LA MER À LA CÔTE

2 exemples concrets sur l'importance de ces mouvements verticaux à la côte.

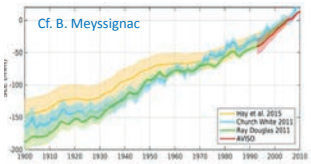
Rebond postglaciaire (déglaciation, ~19 000 ans BP)

Effet global mais surtout dans les régions recouvertes par des calottes de glace (en périphérie et sous les océans subsidence)

Tout d'abord, liés à ce phénomène qu'on appelle aussi rebond post-glaciaire lié à la dernière déglaciation. Ce que vous avez ici représenté, c'est un modèle géophysique de ce phénomène et on reconnait bien les anciennes calottes qui ont totalement disparu au nord de l'Europe et au nord de l'Amérique, avec un soulèvement très net de l'ordre du centimètre par an. Et partout ailleurs, vous voyez, surtout au niveau de la surface des océans, on a plutôt une subsidence et cette subsidence-là, si vous faites un calcul d'une moyenne sur l'ensemble des océans, elle n'est pas négligeable, même si on reste quand même modeste de l'ordre de 10 % de ce qu'on observe comme montée générale du niveau des mers, c'est de l'ordre de 0,2-0,3 mm par an.

Autrement dit, un satellite qui observerait le niveau de la mer par rapport au centre de masse de la Terre et qui verrait une stabilité de la mer, ne verrait pas que le niveau la mer est en train de monter de 0,2 -0,3 mm par an.

Principales causes des déplacements verticaux de la surface terrestre et caractéristiques

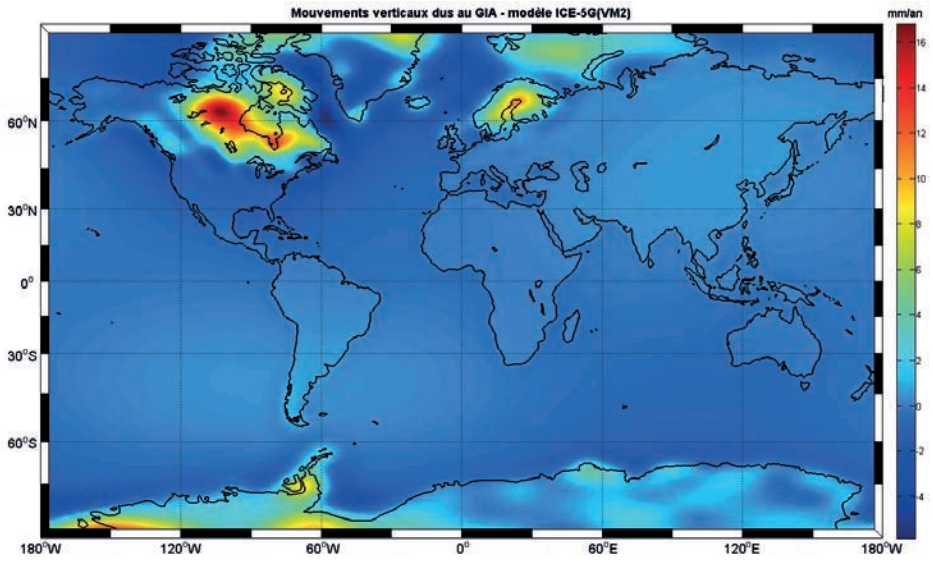


Rappel pour comparaison :

- Elévation du niveau général des océans au 20ème siècle : de l'ordre de 1 à 2 mm/an

Cause de déplacement vertical du sol	Echelle spatiale	Magnitude (mm/an)	Ref.
GIA (déglaciation passée)	Globale	-5 à 15	Peltier 2004
Déglaciation actuelle	Régionale	-1 à 2	Riva *et al.* 2017
Redistribution masses atmos./ocean/hydro.	Régionale	-1 à 1	Santamaría & Mémim 2015
Tectonique	Locale	-10 à 10	Ballu *et al.* 2011
Extraction fluides souterrains	Locale	Jusque -150	Raucoules *et al.* 2013
Compaction sédiments	Locale	Jusque -160	Bekaert *et al.* 2019
Charge sédiments	Locale	Jusque -2	Karpytchev *et al.* 2018
Volcanisme	Locale	100	Cazenave *et al.* 1999
Tassement infrastructures	Locale	?	?

Diapo 05 > Principales causes des déplacement verticaux de la surface terrestre et caractéristiques



Diapo 07 > Rebond postglaciaire (déglaciation, ~1900 ans BP)

Faisons un petit focus dans l'Europe du Nord, et plus particulièrement en Finlande, à Vaasa. Dans cette ville-là, le modèle prédit près de 1 cm par an, 9 mm par an et l'enregistrement marégraphique se trouve au port de Vasa, mais vous le voyez là, avec un lissage. Ce qui est observé, c'est bien une baisse du niveau de la mer relatif par rapport à la côte. Et l'exercice qui a été fait par le collègue finlandais, ici il y a quelques années, c'est de prendre ces projections du climat et regarder dans le futur.

Et vous voyez que les citoyens de Vasa vont connaître quelque chose d'assez exceptionnel qui est une stabilité finalement du niveau la mer à l'horizon du 21e siècle alors que pendant des centaines et des milliers d'années, ils ont vu reculer ce niveau, avec des stratégies de gestion du littoral assez différentes de ce qu'on peut anticiper ailleurs.

Compaction sédiments, extraction fluides souterrains…

Effet régional mais taux de subsidence souvent importants, très supérieurs à la montée générale du niveau des océans

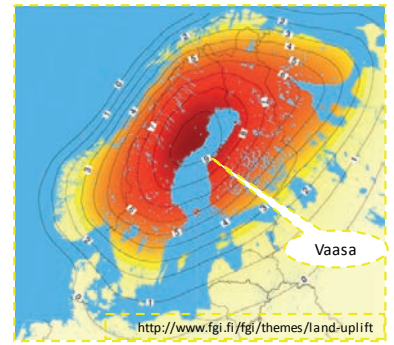
Ailleurs dans le monde, ici, dans le nord du golfe du Mexique, à Grand Island - ce n'est pas loin de l'embouchure du delta du Mississippi - on voit que le taux de montée indiqué par le marégraphe est de l'ordre de 9 mm par an. C'est l'inverse de celui de Vaasa.

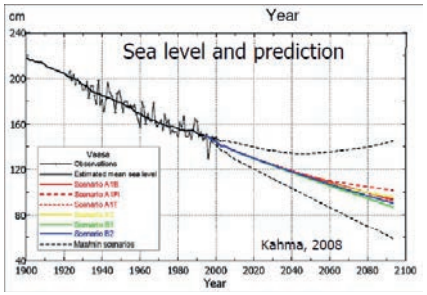
Et ces 9 mm par an ont été observés par un marégraphe qui a démarré dans les années 1930. En parallèle, l'administration américaine avait commencé à faire des photographies du territoire et vous voyez sur la carte où est situé ce marégraphe, avec une reconstitution du trait de côte et en 1932, donc, 2 ans après la mise en opération du marégraphe.

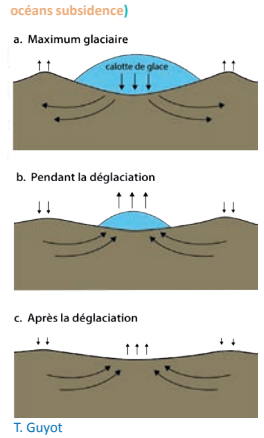
Et fig.02, 70 ans plus tard, le trait de côte. Donc, effectivement ce n'est pas du tout les mêmes conséquences qu'en Finlande.

Alors, ces 9 mm par an, on les comprend en grande partie, puisque depuis une dizaine d'années, on a installé 10 stations d'observation à proximité du marégraphe, j'y reviendrai dans un instant, c'est une station GPS.

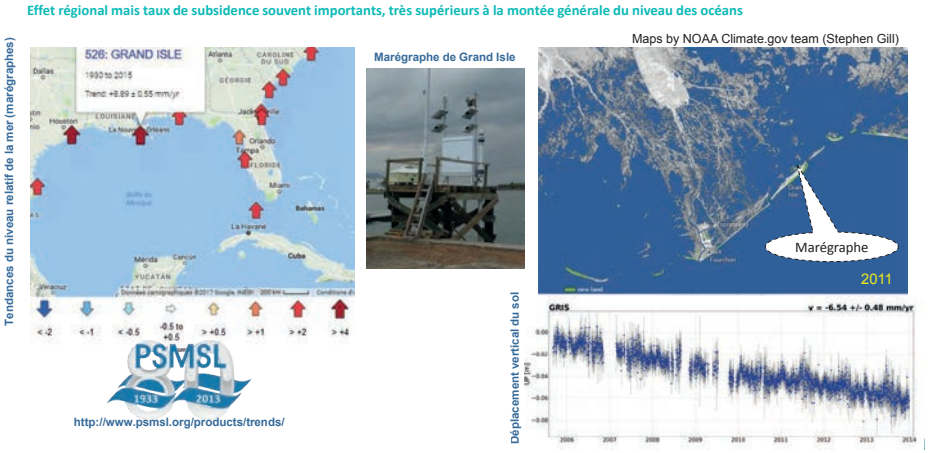
Et ce que vous voyez fig. 03, c'est une série temporelle qui démarre en 2005 et dans laquelle on calcule une position de cette station tous les jours. Ce qu'on voit, c'est une tendance effectivement à la subsidence, donc, à la baisse du sol. Et cette tendance est de l'ordre de 5-6 mm, ce qui explique deux-tiers à trois-quarts de l'observation du marégraphe.







Diapo 07 bis > Rebond postglaciaire (déglaciation, ~1900 ans BP)



Diapo 08 > Compaction sédiments, extraction fluides souterrains

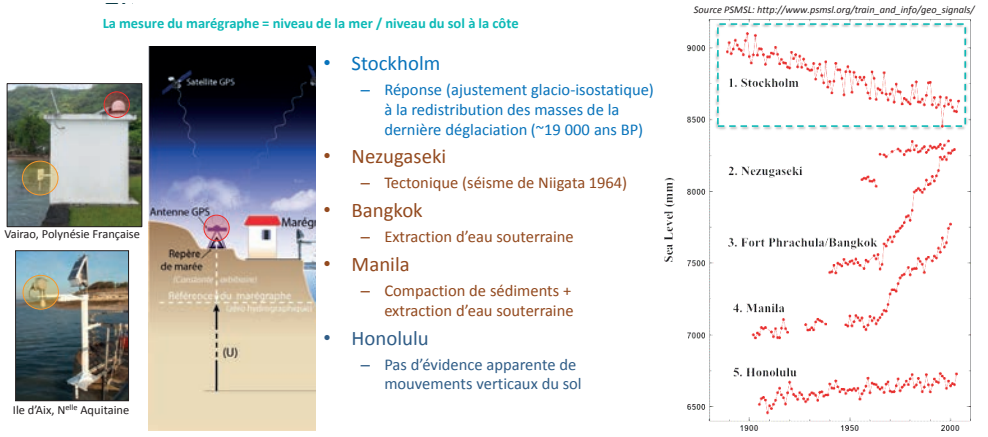
Enregistrements des marégraphes

Des exemples comme ça, on peut en trouver un peu partout dans le monde.

C'est illustré ici avec des enregistrements marégraphiques en différents lieux du monde. Ce que je voudrais souligner, c'est que le seul processus géophysique pour lequel on ait des modèles, pour que l'on puisse anticiper l'avenir avec la qualité suffisante de ces quelques millimètres par an, et bien, c'est cet ajustement glacio-isostatique. Pour tous les autres, nos connaissances ne sont pas encore assez fines.

Donc, l'alternative à cette connaissance est la mesure, jusqu'à ce que le processus soit bien compris et qu'on puisse le modéliser de manière satisfaisante. Cette mesure-là, on peut la faire, depuis une décennie ou deux, à travers des méthodes qu'on appelle de géodésie spatiale et en particulier, les méthodes GPS.

Les instruments ne sont pas du même type que ce que vous avez dans les voitures. Ils vont capter des signaux avec une résolution beaucoup plus fine et on ne va pas faire confiance non plus aux orbites qui sont radiodiffusées par les Américains, on va ré-analyser les forces sur ces orbites de façon à les restituer avec la qualité nécessaire.



Diapo 09 > Enregistrements des marégraphes

III. CONNAISSANCE DES DÉPLACEMNETS PAR L'ANALYSE DE MESURES INSTRUMENTALES

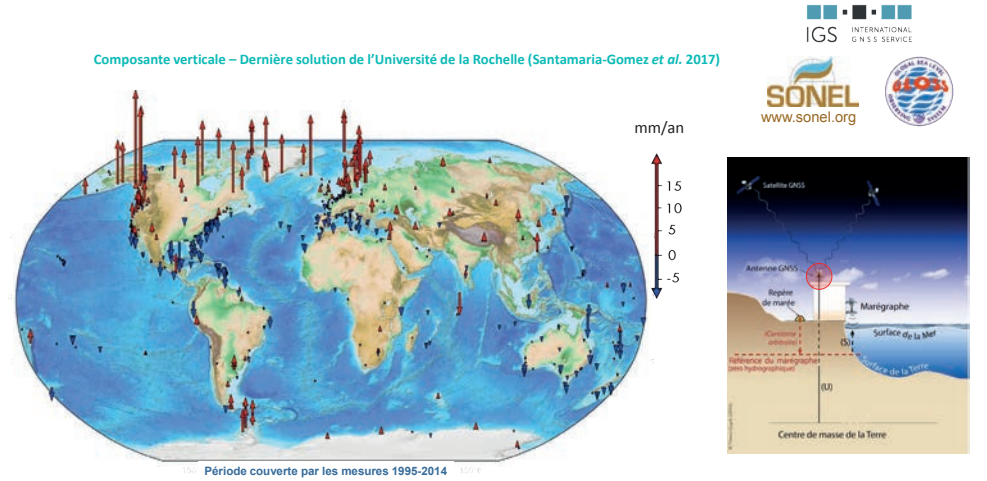
Mesure des déplacements du sol par GPS

Alors, justement cette connaissance des déplacements par l'analyse de mesures instrumentales, c'est à l'Université de La Rochelle que l'on a développé une expertise sur cette analyse de la mesure GPS, dédiée aux stations qui sont proches des côtes.

Ce qui est représenté ici, c'est la dernière solution que l'on a obtenue et qui était publiée en 2017. C'est une solution qui analyse des mesures depuis 1995. Avant, on n'avait pas de stations qui étaient déployées, ou elles étaient plutôt rares, ou dans un mode qui ne permettait pas d'atteindre le niveau de précision dont on a besoin.

Ce que l'on voit ici, ce sont les structures dont on parlait tout à l'heure de rebond post-glaciaire et on voit, par ailleurs, les flèches qui sont bleues, c'est plutôt de la subsidence.

Par exemple, on aperçoit dans les côtes nord-américaines, une subsidence un peu plus prononcée que dans les côtes européennes. Ces résultats, on les a appliqués. Éric Chaumillon m'a demandé d'apporter des résultats scientifiques récents, Benoît Meyssignac en a aussi parlé tout à l'heure.



Diapo 11 > Mesure des déplacements du sol par GPS

IV. APPLICATION DE CES RÉSULTATS GPS

L'élévation générale du niveau des mers au 20e siècle

Il a dit qu'il manquait une courbe, une courbe qu'on a effectivement obtenue avec les collègues allemands, espagnols, américains et hollandais. On a ré-analysé les observations des marégraphes et on a fait ce qu'on appelle une reconstruction.

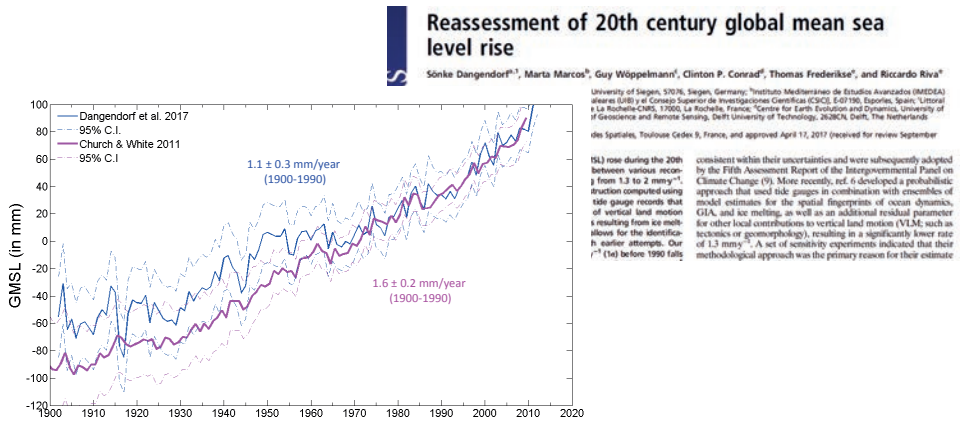
J'ai placé celles qui étaient parmi la plus cité des Australiens, avec 1,6 mm par an et la nôtre qui est par-dessus et qui prend en compte par rapport à tout ce qui avait été fait jusqu'à présent, la mesure de ces déplacements verticaux, alors que jusqu'à présent, ce qu'on prenait, c'était le modèle géophysique d'ajustement glacio-isostatique.

Autrement dit, on ne prenait pas en compte tous les autres phénomènes, donc, on a écarté beaucoup de mesures qu'on savait affectées par ces mouvements-là. Ici, on a intégré un maximum de mesures avec ces résultats de déplacement proches des marégraphes. On a fait cette reconstruction et on a obtenu un résultat qui concorde avec ceux des collègues américains, publié en 2015 avec un taux de montée qui est moindre sur le 20e siècle, donc, de l'ordre du millimètre par an au lieu de 1,5 mm par an.

Mais les Américains, ils l'avaient obtenu avec une méthode plutôt probabiliste.

Alors, d'un côté, on voit que le niveau de la mer est monté un peu moins au 20e siècle. D'un autre côté, ça veut dire qu'il s'est accéléré sur ces 20-25 dernières années, plus que ce qu'on pensait.

Prise en compte des déplacements du sol observés par GPS à proximité des marégraphes



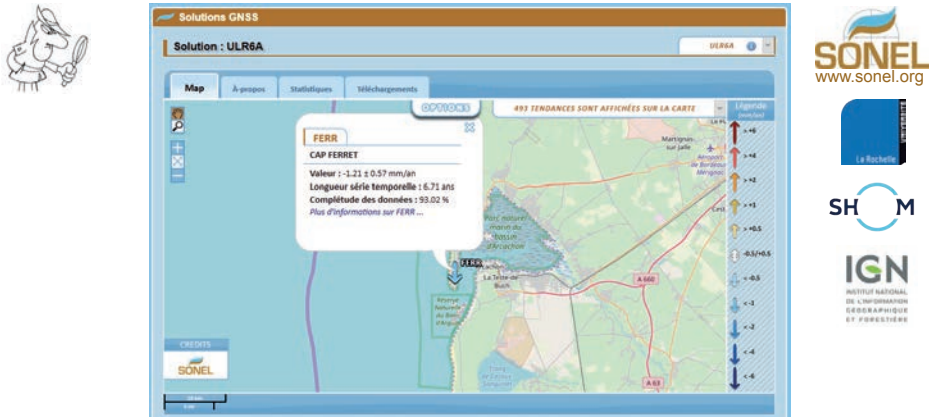
Diapo 13 > L'élévation générale du niveau des mers au 20e siècle

Le long des côtes métroplitaines et atlantiques

Les mesures GPS et les résultats des analyses sont disponibles et c'est la contribution de l'Université de La Rochelle à un service d'observation national qui s'appelle « Sonel » que voici.

Vous pouvez vous même récupérer ces observations ou éventuellement les résultats de l'analyse de ces observations, et regarder un peu plus dans le détail ce qu'il se passe le long de nos côtes. C'est ce qu'on va faire maintenant.

Mesures et résultats GPS disponibles (extraits de www.sonel.org)



Diapo 14 > Le long des côtes métropolitaines et atlantiques (1)

Et voilà ce qu'on a : ce sont plutôt des flèches blanches qui sont entre -0,5 et +0,5 mm par an. C'est plutôt stable. Ces stations marégraphes sont entretenues par des collègues du SHOM et de l'IGN, des partenaires institutionnels et c'est leur contribution dans ce service d'observation.

Et, par exemple, au Cap Ferret près d'Arcachon, on voit qu'il y a une subsidence plutôt du millimètre, soit 1,2 mm par an. Vous pouvez regarder le détail. Ce que je vais faire ici, c'est simplement récupérer ces séries, faire une analyse pour voir les valeurs numériques de tendance.

Comme je le disais, à Brest, aux Sables d'Olonne et à La Rochelle, la tendance est nulle, elle ne sort pas des marges d'incertitude. En revanche, au Cap-Ferret, on a vu, c'est - 1,2 mm par an, mais le signal que l'on a enregistré est plus complexe que ça, puisqu'on a des phénomènes saisonniers annuels dans cet enregistrement-là.

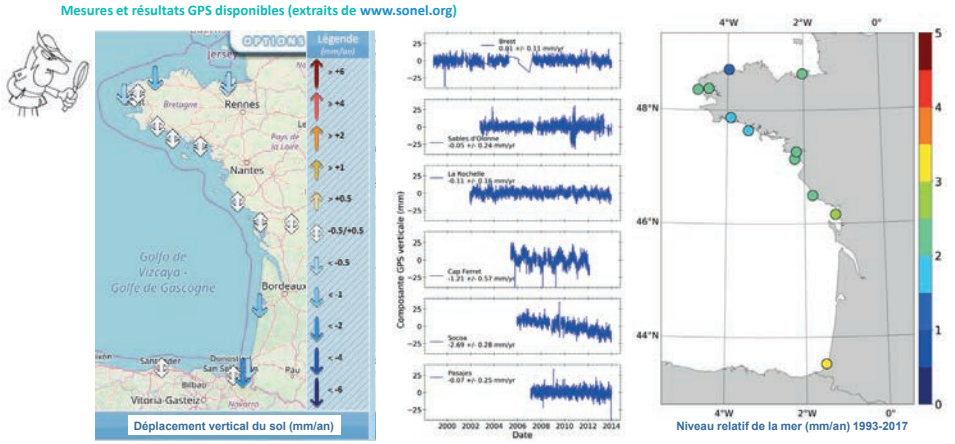
A Socoa et à Saint-Jean-de-Luz, on voit une subsidence qui est assez forte. Et en croisant ces données avec des collègues, on ne comprend pas très bien quelle en est l'origine. On pense que l'origine pourrait être instrumentale, et on dépend un peu du soin qu'on va apporter à cette instrumentation.

Si on croise maintenant avec les données de marégraphie (fig.03) qu'on ressent, c'est la carte qui est ici. Donc sur les 25 dernières années, voyez ici l'échelle des couleurs et effectivement ça colle avec ce que Benoît nous a présenté, avec des taux de montée de l'ordre de 2,5 mm par an, plus importants que sur les 50 dernières années. Je n'ai pas la carte ici, mais c'était environ 1 mm par an de moins et ce que vous voyez, ce sont les endroits où ça monte un peu plus.

Alors ici, on n'est pas à Socoa ou à Saint-Jean-de-Luz, voyez qu'il y a une autre flèche qui est à côté, c'est à Anglet ou Boucaux, je ne me souviens plus si c'est l'un ou l'autre et c'est de l'ordre de 0,5 mm par an de subsidence qu'on observe, et qui viennent de se rajouter aux 2,5 mm par an qu'on observe un petit peu ailleurs, ce qui explique le fait qu'on a un taux qui est un peu plus élevé.

Pour revenir à Saint-Jean-de-Luz, on se posait la question s'il n'y avait pas des artefacts d'analyse, puisque les systèmes spatiaux sont des systèmes assez complexes , et on pourrait avoir un gradient lié à la manière dont on analyse les mesures. C'est pour ça que je suis allé chercher une station qui est à 25 km de Saint-Jean-de-Luz, de l'autre côté de la frontière, Pasajes. Et là, on voit une stabilité assez remarquable sur pratiquement la même période.

C'est pour ça qu'on pense que c'est un problème extrêmement local, lié peut-être à la digue de Socoa.



Diapo 15 > Le long des côtes métropolitaines et atlantiques (2)

Extension de l'information GPS (ponctuelle) par INSAR

Pour conclure, il est important d'insister sur une des limites de ces méthodes-là, c'est le caractère très ponctuel des stations GPS qu'on va placer à côté des marégraphes, puisqu'on a vu que ces phénomènes de déplacements du sol peuvent être très localisés.

Il y a bien sûr d'autres méthodes, Benoît les a évoquées pour les glaces et on peut les appliquer en terre dénudée de glace : c'est ce qu'on appelle l'interférométrie radar.

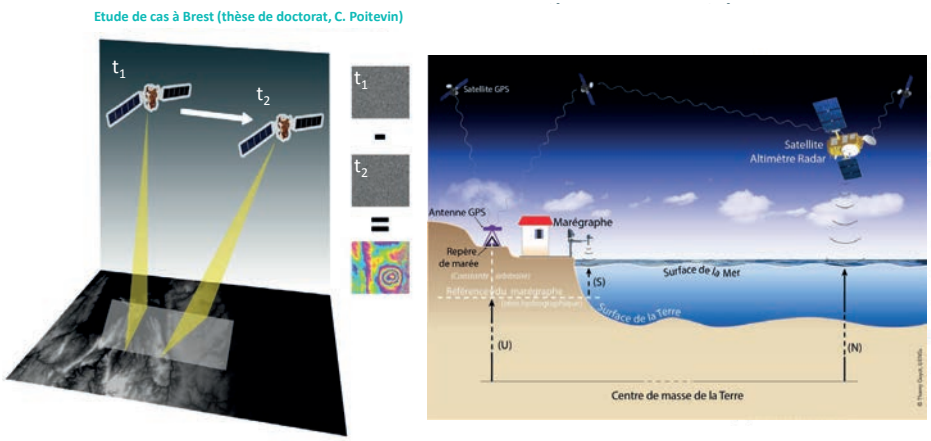
Je ne vais pas rentrer dans les détails, mais on a une thèse de doctorat avec Cyril Poitevin sur une étude de cas où on sait que ça ne devrait pas bouger. Brest est l'exemple qu'on a pris.

Et voilà les résultats qu'obtient Cyril sur la ville de Brest (diapo16.bis). Cette méthode a un avantage, c'est qu'on a une cartographie de ces mouvements-là. Son désavantage, c'est que c'est relatif à un pixel qu'on va choisir dans ces images-là.

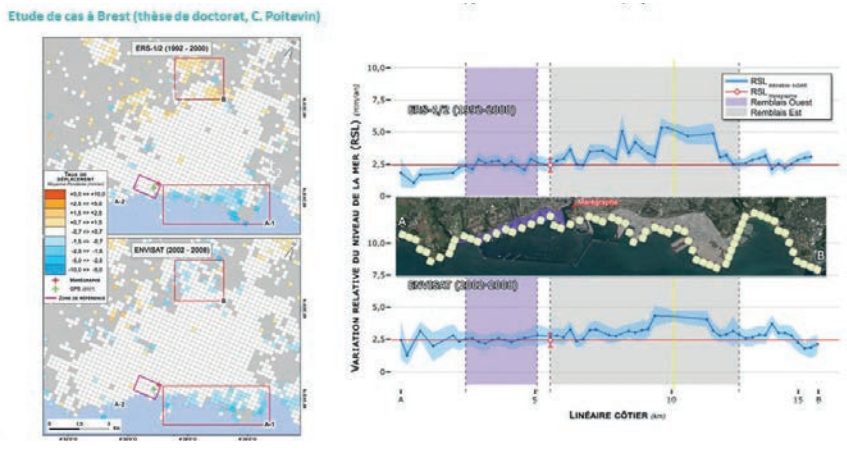
Donc, le pixel qu'on a choisi, c'est la station GPS ou proche de la station GPS puisqu'on sait que le moment est stable et en faisant cette combinaison entre les mesures GPS et l'INSAR, on a cette cartographie sur la ville de Brest qui est effectivement globalement instable, mais il y a quelques zones où on voit des instabilités du sol et c'est en particulier cette zone-là de la ville de Brest. Alors, simplement pour montrer à quoi ça correspond, ça correspond au port de commerce et à des remblais.

Alors, ici aussi, c'est le port militaire et le port militaire est beaucoup plus ancien que le port de commerce et ici, il n'y a plus de tassement. En tout cas, ça colle avec ce qu'on observe avec le GPS.

Et ce qu'on peut faire avec cette méthode, c'est regarder le long de la côte, bien au-delà de la station GPS et du marégraphe, ce qui se passe en combinant l'information du marégraphe et l'information des satellites pour arriver ici à un taux qui correspond à celui du marégraphe et du GPS de 2,5 mm par an. Ce qui permet de voir qu'ici, dans cette partie-là de la ville de Brest, le taux est beaucoup plus important et probablement lié à ce tassement-là. Donc voilà, ça clôt mon exposé…



Diapo 16 > Extension de l'information GPS (ponctuelle) par INSAR



Diapo 16 bis > Extension de l'information GPS (ponctuelle) par INSAR

2.7 | Mouvements verticaux et cycle sismique. Généralités et un exemple au Vanuatu

Valérie BALLU

Université de La Rochelle
UMR CNRS 7266 LIENSs

Bonjour!

Je vais effectivement faire un petit zoom sur la contribution des mouvements verticaux et le rôle, en particulier de la tectonique et des séismes sur ce niveau marin relatif.

Mouvements de la croûte terrestre et tectonique des plaques

Guy vient de nous parler des mouvements verticaux de la croûte. On a vu que ça montait à certains endroits, ça descendait à d'autres (diapo 02). En fait, il y a une partie de ces mouvements qui peuvent être liés à la tectonique des plaques.

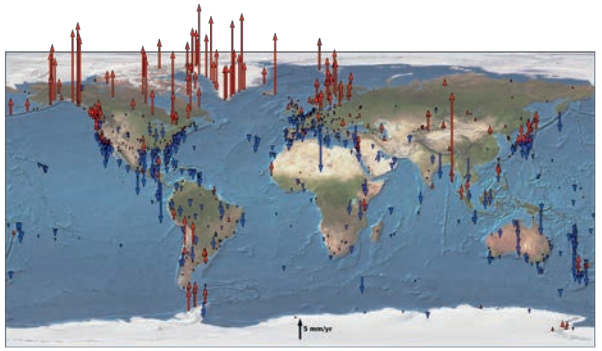
Donc là, je vous montre une carte des mouvements horizontaux mesurés également par GPS (diapo 03). Vous voyez qu'il y a des mouvements cohérents, à la surface du globe, qui ne sont pas forcément les mêmes et qu'on peut découper sous forme de plaques tectoniques. Je pense que vous avez tous entendu parler de la tectonique des plaques. Vous avez des couleurs différentes en fonction de l'appartenance à chacune des plaques et on voit qu'il y a des mouvements cohérents et des plaques qui se déplacent les unes par rapport aux autres de façon différente en fonction du type de frontière qu'elles ont entre ces plaques.

On a des endroits où les plaques s'ajoutent, s'écartent l'une de l'autre. Ça va être par exemple, lorsqu'il y a une dorsale que j'ai imagée en rouge, ici (diapo 04). Il y a des plaques qui coulissent les unes par rapport aux autres, ici, le long de failles de décrochement ou des failles transformantes et puis, d'autres zones qui vont nous intéresser plus particulièrement dans le cas des littoraux, qui sont les zones de subduction.

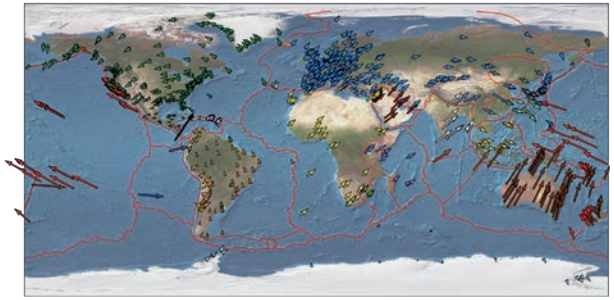
Ce sont des zones de convergence entre deux plaques où il y a une plaque qui plonge sous l'autre et ce sont des zones importantes pour les littoraux parce que, d'abord, vous voyez qu'il y en a beaucoup le long des littoraux du monde, ici, et ce sont des sources d'aléas, à la fois aléa sismique et tsunami et également aléa niveau marin.

C'est ce à quoi on va s'intéresser aujourd'hui et, en particulier, dans la zone des îles Torrès au Vanuatu, qui est ici située dans une zone de subduction, la zone des Nouvelles Hébrides.

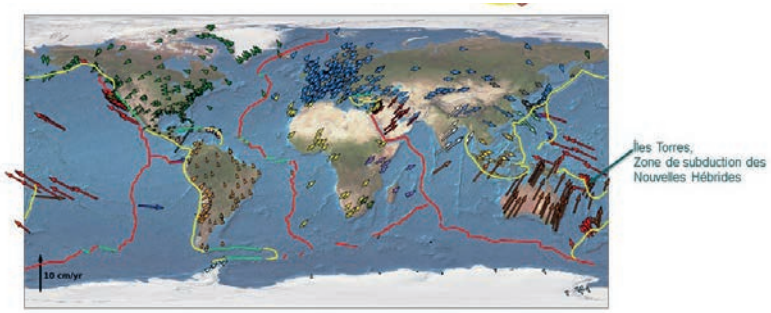
Diapo 02 >



Diapo 03 >



Diapo 04 >



Diapo 02 à 04 > Mouvements de la croûte terrestre et tectonique des plaques

Contexte géodynamique

C'est dans cette zone que la plaque indo-australienne plonge sous la plaque pacifique à une vitesse de l'ordre de la dizaine de centimètres par an et vous voyez, fig.02 à droite, je vous ai représenté une carte de sismicité à partir d'enregistrements globaux. Je ne vous demande pas de regarder précisément, mais ce qui est important de voir c'est ici, vous avez donc les îles de l'archipel du Vanuatu et vous voyez qu'il y a beaucoup de séismes, à des profondeurs différentes.

Ça, c'est la couleur qui vous donne la profondeur, et également de magnitude très variée. Il y a des petits points et puis il y a des points plus importants, et vous avez également parfois des séismes de grande magnitude.

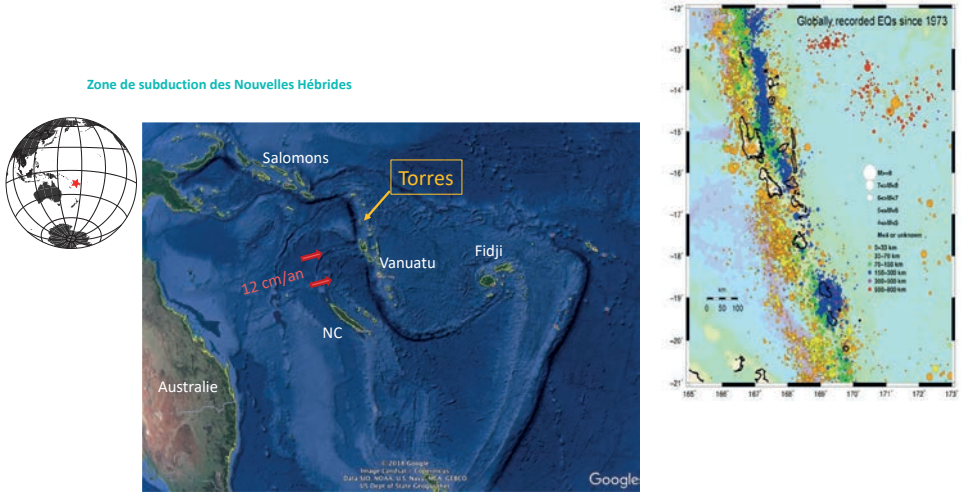
Cycle sismique en zone de subduction

Ces séismes ont lieu principalement à l'interface entre les plaques, parce qu'il y a du frottement entre ces deux plaques. Donc le mouvement est continu à distance et quand on arrive au niveau de la frontière de plaques, il y a éventuellement un blocage, qui fait que la plaque qu'on appelle chevauchante, est entraînée vers le bas. Il y a une accumulation d'énergie élastique jusqu'à un séisme, qui rompt et où la plaque chevauchante remonte ***(animation vidéo - diapo 06)***.

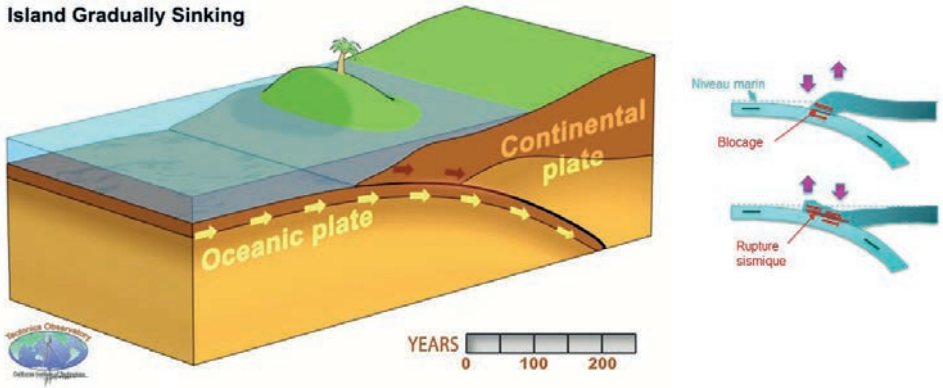
Regardez particulièrement le mouvement de cette île : vous voyez que l'île entre deux séismes descend, ce qu'on appelle la subsidence intersismique, et au moment du séisme cette île va remonter. Et vous avez des mouvements qui sont inverses, quand on s'éloigne un petit peu de la frontière de plaques et qu'on va plus dans les terres.

C'est ce que j'ai représenté par le petit schéma à droite. Vous voyez, entre des séismes, ça, c'est le schéma d'en haut, vous voyez qu'il y a un blocage, une accumulation de contraintes, avec des zones qui sont en subsidence ici, d'autres zones qui remontent plus en arrière des plaques.

Au moment du séisme, on a la rupture et le mouvement inverse, avec les zones qui étaient en subsidence entre les séismes, qui vont remonter et inversement, les zones qui étaient en uplift, c'est-à-dire en soulèvement entre deux séismes, qui s'effondrent.



Diapo 05 > Contexte géodynamique



Diapo 06 > Cycle sismique en zone de subduction

Inondations côtières aux Torrès, Vanuatu

Si on regarde maintenant ce qui s'est passé au Vanuatu.

Quand on voit une plantation inondée (photo 1), une plantation complètement mourante, les pieds dans l'eau. Les images de cette plantation ont fait un petit peu le tour du monde, associées à celle du déménagement d'un village sous couvert d'adaptation au changement climatique, et ce qui a fait dire, lors d'une conférence des Nations unies en 2005, que ces habitants des îles du Vanuatu étaient probablement les premiers réfugiés climatiques.

Connaissant l'existence des mouvements du sol, il était naturel pour nous de se poser la question, quelle était la contribution du niveau marin dans ces inondations et des mouvements du sol, puisque les deux peuvent être ajoutés. (fig.03)

Mouvements verticaux aux différentes échelles de temps

Si on regarde sur le long terme, ces îles montent. Ça vous est montré à la fois par la morphologie des îles, qui font plusieurs centaines de mètres d'altitude, mais également par la présence de plateaux coralliens.

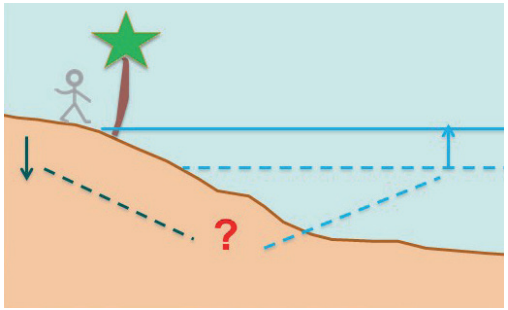
Qui dit corail dit formation sous-marine, et en fait ces plateaux coralliens dont vous voyez la bordure sur la photo ci-contre sont éventuellement soulevés, et la datation des plateaux nous permet d'avoir une estimation de la vitesse de soulèvement qui a été estimée dans ce cas à l'ordre du millimètre par an. Ce sont les mouvements à long terme.

Mais qu'est-ce qui se passe à court terme ? Pourquoi est-ce que les gens ont les pieds dans l'eau ?

Ça, c'est la géodésie, en particulier les mesures GPS, qui peuvent nous répondre.

Vous voyez sur cette carte qu'il y a un point GPS qui a été installé à proximité de la plantation inondée. Le village déplacé, lui est sur une autre île, mais tout ça ce n'est pas très loin.

"possibly the world's first community to be formally moved out of harms way because of climate change" [2005 Climate Conference in Montreal, UNEP].

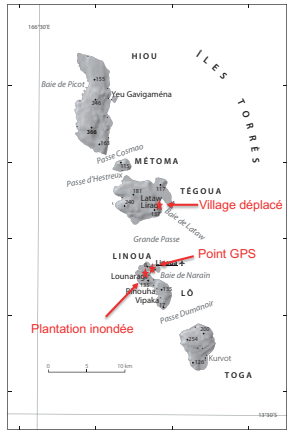


Diapo 08 > Inondations côtières aux Torrès, Vanuatu

A long terme : les îles Torres montent
- Datation plateaux coralliens surélevés
- Tendance 1 mm/an (Taylor et al., 1985)

A court terme ?
- géodésie

Plateaux coralliens soulevés



Diapo 09 > Mouvements verticaux aux différentes échelles du temps

Inondations côtières

Diapo 10 | Nous avons eu l'occasion de refaire une mesure en 2009 sur ce point GPS, qui avait été installé dans les années 2000 par des collègues de l'IRD. Ce qui nous a permis de mettre en évidence qu'il y avait ce qu'on appelle une subsidence intersismique entre deux séismes importants, une subsidence de l'ordre du centimètre par an.

Donc là on parle de centimètre par an, on est déjà dans des ordres de grandeur qui sont intéressants par rapport au niveau marin.

Diapo 11 | En 2009, peu de temps après notre mesure, il se trouve qu'il y a eu une série de très gros séismes, qui sont représentés ici par les points et qui sont des séismes de magnitude supérieure à 7, 7.4 - 7.7 - et 7.8. Nous sommes donc allés remesurer ce point GPS, pour s'apercevoir que l'île était remontée d'une vingtaine de centimètres.

Ce cas nous montre qu'on a, à la fois des mouvements qui peuvent être lents, assez imperceptibles pour l'humain, lents de l'ordre du centimètre par an, et ensuite de la dizaine de centimètres soudainement lors d'un séisme.

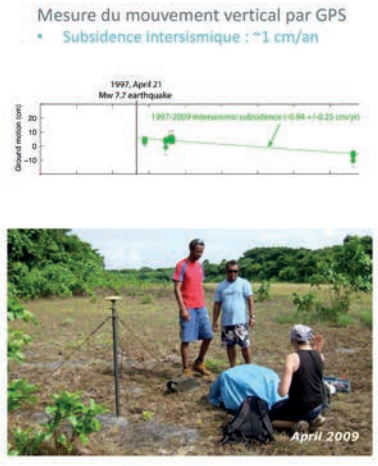
Diapo 12 | Maintenant si on regarde ce qui a pu se passer du côté compartiment marin - comment varie le niveau marin dans cet endroit - on voit sur cette carte (fig.02) des variations de niveau marin altimétrique (mesures satellitaires qui sont donc indépendantes du sol) et que les îles Torrès sont situées dans une zone, où le niveau marin monte particulièrement vite. On est pas loin du centimètre par an dans cette zone, sur la période d'observation.

On voit aussi, fig.01, par la courbe bleue foncé, qu'il y a des variations saisonnières ou inter-annuelles, qui sont d'amplitudes importantes, que subissent également les habitants.

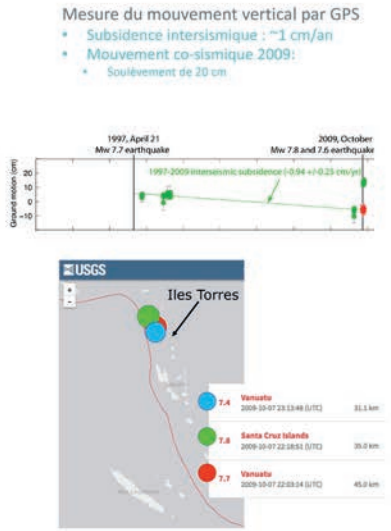
Maintenant, si on combine à la fois les variations du niveau marin qui viennent du côté mer, et les mouvements lents du sol, vous voyez c'est la courbe en bleu clair ici, on a une variation lente qui est de l'ordre de deux centimètres par an cette fois-ci.

Diapo 13 | Et maintenant, si on combine à la fois ces mouvements lents, mais également les sauts cosismiques, donc l'influence des séismes, on voit que les habitants ont subi des variations du niveau marin de l'ordre du mètre sur la période considérée.

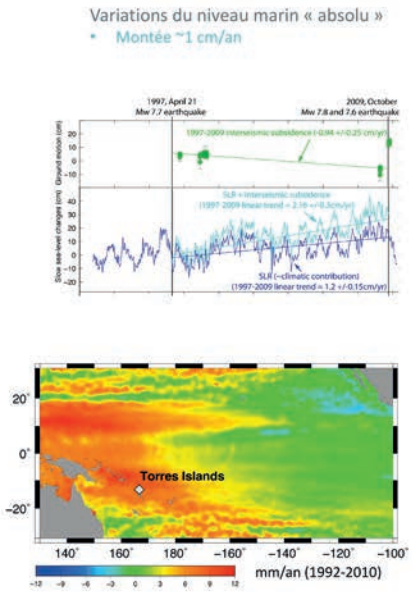
Et vous voyez ici qu'il y avait eu un séisme en 97 qui a fait descendre l'île de 50 centimètres à un mètre, et puis un autre séisme qui l'a fait remonter ici d'une vingtaine de centimètres.



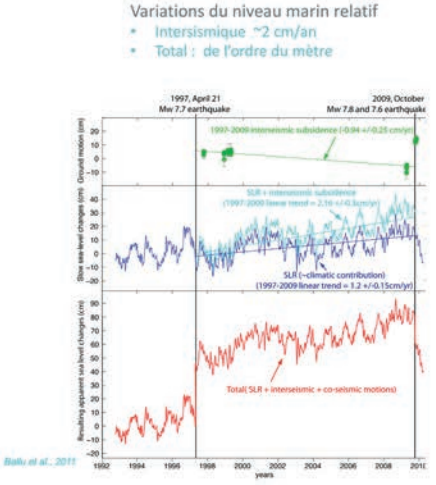
Diapo 10



Diapo 11



Diapo 12



Diapo 13

Diapo 10 à 13 > Inondations côtières

Cycle sismique en zone de subduction - exemple d'un cycle simple

Dans une zone sismique, dans une zone de subduction comme je vous ai montré sur le premier modèle, les plaques ont un mouvement continu. Il n'y a pas juste un séisme puisqu'en fait le moteur ne s'arrête pas, la plaque continue à avancer, et donc on observe classiquement une succession de mouvements intersismiques.

Dans le cas des îles Torrès, on a principalement une subsidence intersismique, puis un mouvement cosismique qui peut faire remonter l'île, à nouveau une subsidence intersismique, un mouvement cosismique qu'il fait remonter, etc., puiqu'ici pour les Torrès, on est dans cette zone qui subside en intersismique.

Cycle sismique en zone de subduction - le cycle peut être complexe...

Ce n'est pas toujours aussi simple, puisqu'on a vu également dans cet exemple-là, que le premier séisme de 97 avait fait descendre l'île, alors qu'on est dans une zone où c'était en subsidence intersismique, donc on s'attendait à ce qu'elle monte.

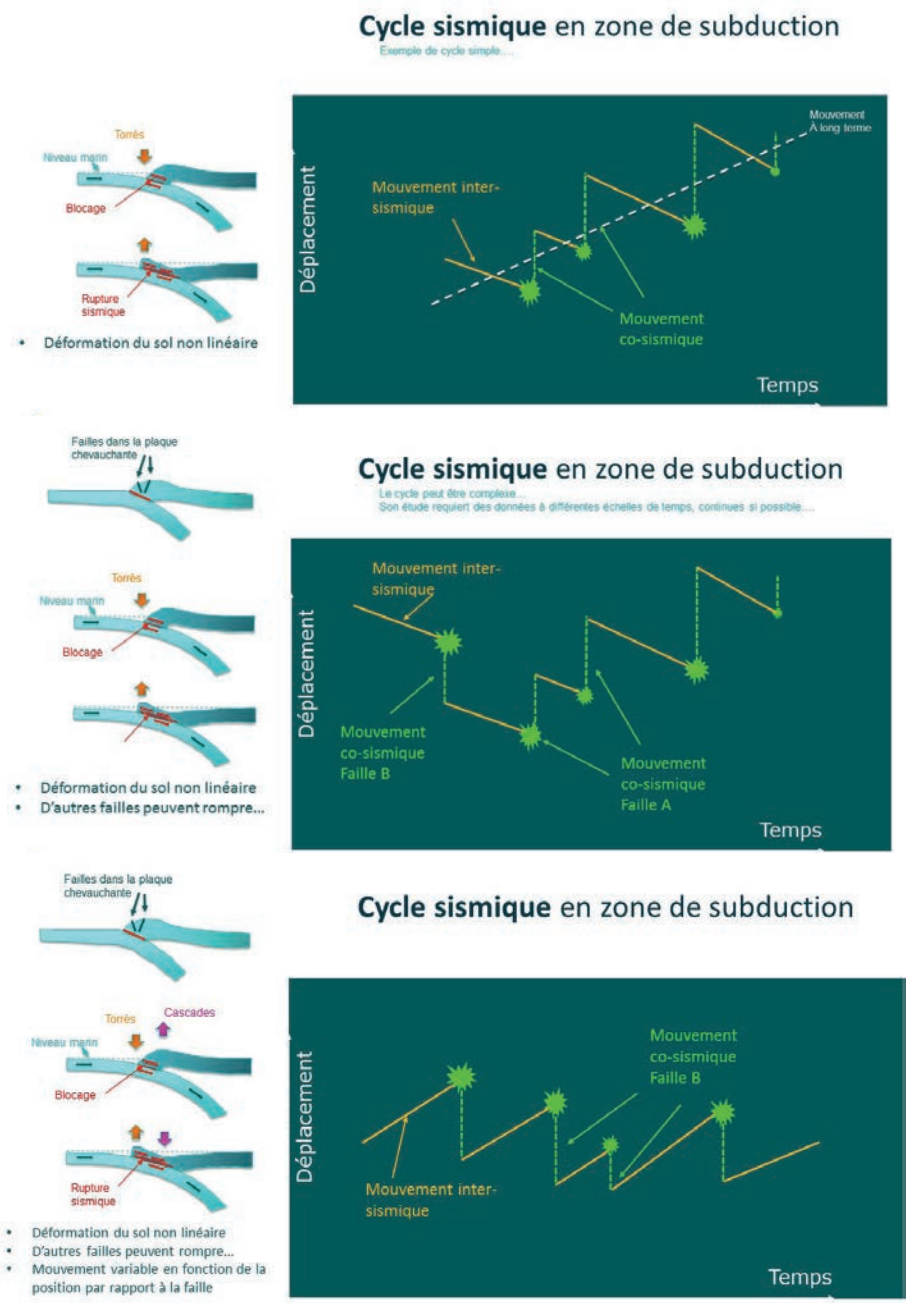
En fait, c'est parce que ce sont des zones de fortes tensions dans la croûte, ces frontières de plaques. Et donc vous pouvez avoir des failles qui sont à proximité de la faille principale, qui elles aussi sont activées. Et une fois de temps en temps, on peut avoir un mouvement inverse, et c'est ce qui s'est passé pour les îles Torrès.

C'est pour ça que je vous ai précisé ici que ce n'était pas forcément la même faille, qui avait bougé en 97 et en 2009.

Cycle sismique en zone de subduction

Il existe également des zones, si on se met un petit peu plus en arrière de la frontière de plaques, où on va être en soulèvement intersismique et subsidence cosismique.

Cette fois-ci, le séisme risque de faire descendre la zone littorale.



Diapo 14 à 16 > Cycle sismique

Autre exemple : la subduction des Cascades

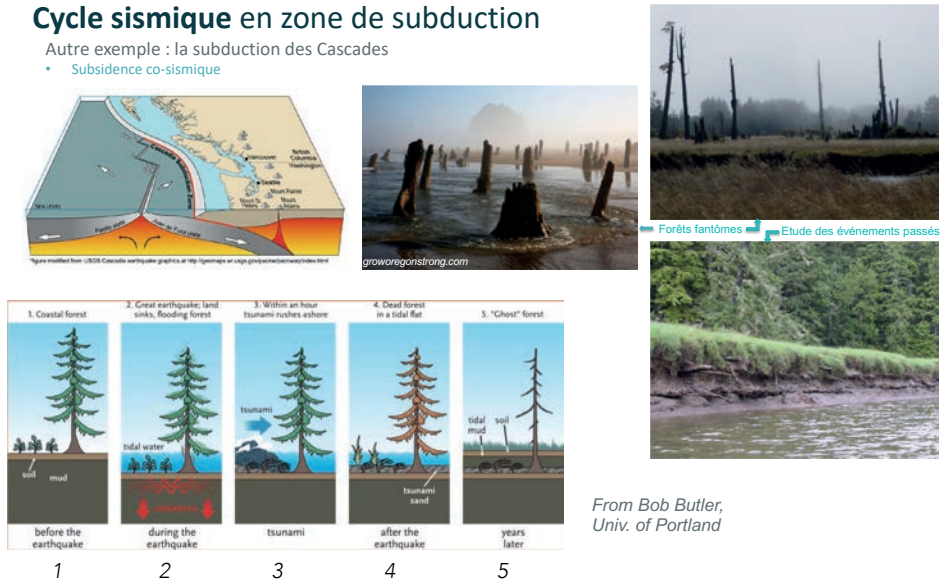
C'est ce qui se passe aux cascades, en Amérique du Nord, la plaque Juan de Fuca qui plonge, qui subducte sous l'Amérique du Nord et qui est en fait plutôt un effet de soulèvement intersismique et subsidence co-sismique, et subsidence lors des séismes. Cela a été montré sur des séismes anciens. Il n'y a pas eu de gros séismes récents dans cette zone où la ville de Seattle n'est pas loin. Par contre, on sait qu'en 1700, il y a eu un séisme absolument majeur et il y a eu d'autres séismes 500 ou 800 ans au préalable.

Vous voyez que ce qui se passe, c'est qu'en fait au moment d'un séisme, il y a une forêt littorale (1). Au moment d'un séisme le sol descend, la forêt a les pieds dans l'eau (2). Il y a éventuellement un tsunami qui est associé (3), et dans les sédiments (4) - je pense qu'Éric pourrait vous en parler plus précisément - mais on peut avoir des traces dans les sédiments avec par exemple du sable grossier, qui est un témoignage d'une vague de tsunami, et ensuite la forêt meurt évidemment (5) et un sol peut se reconstituer avec vasières, etc., au cours du temps.

Vous avez une photo que je trouve assez impressionnante, de cette forêt fossile avec des arbres qui ont plus de 2000 ans. On appelle ça les forêts fantômes.

Et si vous étudiez au cours du temps, vous pouvez voir sur une zone littorale (photo 3), qu'on a plusieurs étages de végétation qui sont morts, avec les racines encore en place. L'étude de ces sols anciens nous renseigne sur l'histoire sismique qui a pu avoir lieu dans ces zones.

Ainsi, on voit que ces mouvements verticaux à la côte, ça n'est pas seulement une fois, mais que ça peut avoir lieu plusieurs fois. Et en termes d'aménagement du territoire, c'est absolument crucial.



From Bob Butler, Univ. of Portland

Diapo 17 > Autre exemple : la subduction des Cascades

Mouvements verticaux de la croûte et cycle sismique

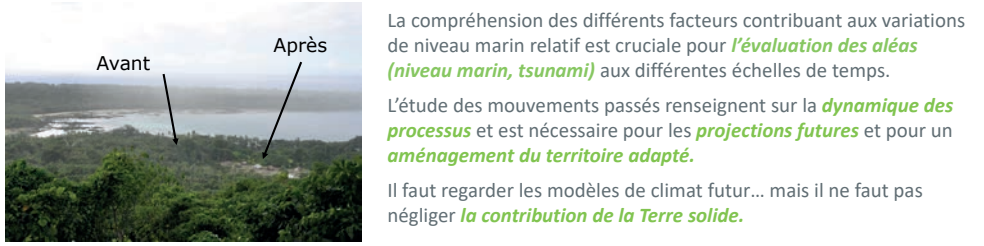
Je vous ai remis une photo de la zone des Torrès, où on voit que le village a déménagé entre cette zone extrêmement littorale et un tout petit peu plus en arrière.

Une question qu'il est légitime de se poser : est-ce que ce déménagement - ici c'est un village, mais on parle d'autres zones de repli stratégique... - est-ce que le nouvel emplacement est vraiment adapté en fonction des variations du niveau marin futur ?

L'objectif de ma présentation, c'était de vous montrer qu'on ne peut pas non plus faire complètement l'impasse sur les mouvements verticaux en termes d'aménagement du littoral.

Parce qu'ils peuvent parfois être lents, avec des mouvements intersismiques - enfin la partie tectonique des mouvements verticaux - mais également parfois catastrophiques, comme nous l'ont montré des séismes récents.

C'est donc un paramètre à prendre en compte aussi.



Diapo 18 > Mouvements verticaux de la croûte et cycle sismique

2.8 | Les deltas face à la subsidence et à l'élévation du niveau de la mer

Mélanie BECKER

Université de La Rochelle,
UMR CNRS 7266 LIENSs

Tout d'abord, merci de m'avoir invitée. Je vais vous faire un focus sur un objet physique tout à fait intéressant que sont les deltas.

Les deltas sont vraiment un objet intégrateur de tous les processus dont on vous a parlé ce matin, et c'est ce sur quoi on travaille au laboratoire Littoral, Environnement et Sociétés, notamment avec mes collègues.

Le delta, un équilibre fragile

Eric Chaumillon vous en a parlé en amont, mais voici une petite figure pour vous représenter en fait qu'un delta, c'est un état d'équilibre entre des forces océaniques et puis des forces fluviales.

Vous avez ici la représentation d'une lagune et d'un estuaire, qui sont contrôlés par un hydrodynamisme marin important : des vagues, de la houle.

Et puis quand on se positionne dans le cas d'un delta, c'est tout à fait différent. On a, de même, un grand fleuve pour la plupart, voire des tributaires, mais aussi un apport sédimentaire conséquent et surtout, un hydrodynamisme marin relativement faible, qui permettent à cette quantité de sédiments de venir stagner dans ce qu'on appelle donc le delta, et progader vers l'océan.

C'est ce qu'on appelle un équilibre naturel entre les forces océaniques et les forces de l'océan.

Voici une carte de tous les plus grands deltas de la planète ; vous pouvez constater qu'ils sont nombreux, aussi bien positionnés au Nord et au Sud.

Et ci-dessous vous avez des topographies, des altitudes de certains deltas comme l'Amazone. Tout ce qui est rouge signifie qu'on est à peu près au niveau de la mer, à peu près zéro au niveau d'altitude.

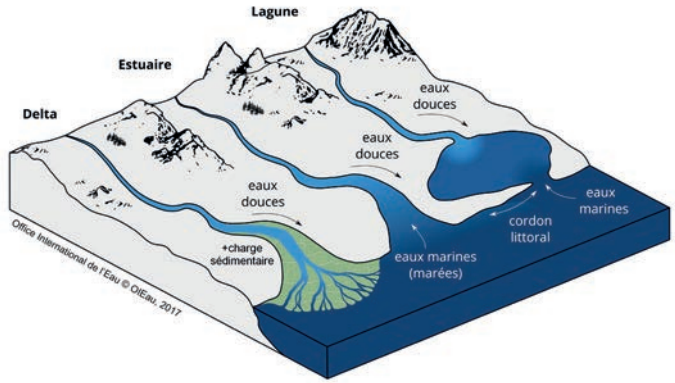
Donc on a l'Amazone, le Nil, ici le Gange Brahmapoutre dont je vais vous parler un petit peu plus tard, et puis le Chao Phraya qui est un delta situé en Thaïlande.

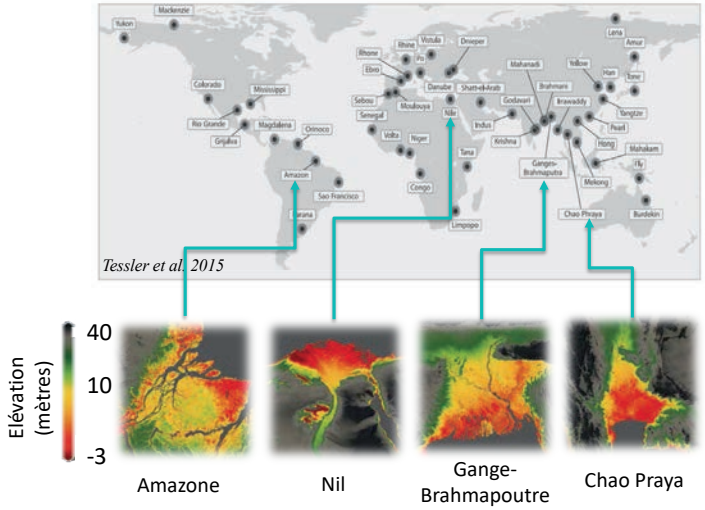
Tous ces deltas sont vraiment des très grandes régions d'intérêt. Pourquoi ?

Parce que ces deltas regroupent 14 % de la population mondiale sur moins de 2 % de la surface des territoires. Ils présentent des densités de population de 10 fois la moyenne mondiale. Ils ont des démographies importantes, une urbanisation croissante et sont aussi des zones d'intérêt, et économique et écologique.

La plupart d'entre eux subissent des aléas climatiques importants, notamment tous les deltas qui sont dans la zone inter-tropicale.

Un équilibre fragile entre, d'une part, un fleuve, avec des flux d'eau douce et des matières sédimentaires, et d'autre part l'océan.





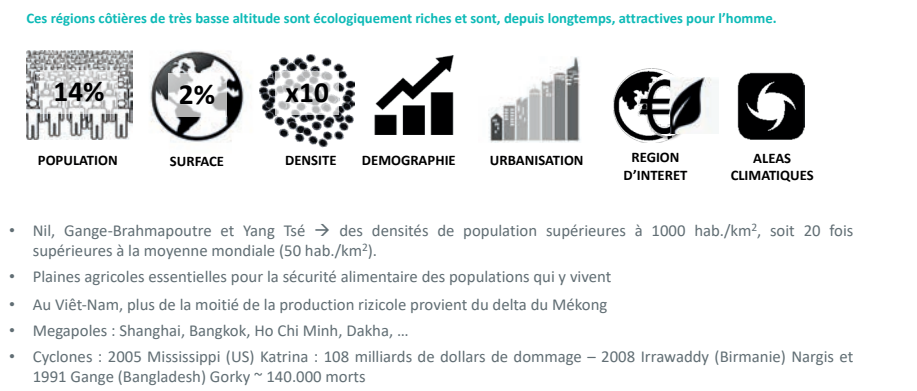
Diapo 02 > Le delta, un équilibre fragile

Le delta, une région attractive pour l'homme

Je vous livre ici quelques chiffres en pagaille, puisqu'en dix minutes parler des deltas c'est un petit peu un challenge.

Donc le Nil, le Gange et le Brahmapoutre et le Yang Tsé, présentent des densités de population de 1000 habitants km², soit 20 fois la moyenne mondiale. Ce sont des régions extrêmement fertiles, qui sont à la fois le moteur, la crainte et la dynamique de toute la sécurité alimentaire de beaucoup de populations qui y vivent. Par exemple au Vietnam, le Mékong fournit plus de 50 % des récoltes de riz.

Ce sont aussi des endroits où il y a des mégapoles, comme Shanghaï, Bangkok ou encore Hô Chi Minh et Dacca au Bangladesh, et qui subissent des aléas climatiques. On se souviendra de Katrina, dont a parlé Eric et puis Guy, en 2005, ce cyclone qui a fait plus de 108 milliards de dommages. Et puis des cyclones comme Nargis en 2008 en Birmanie, ou Gorki au Bangladesh en 91, qui ont fait plus de 140 000 morts.



Diapo 03 > Le delta, une région attractive pour l'homme

Le delta, une région menacée

Ces régions, comme je vous l'ai montré, sont menacées.

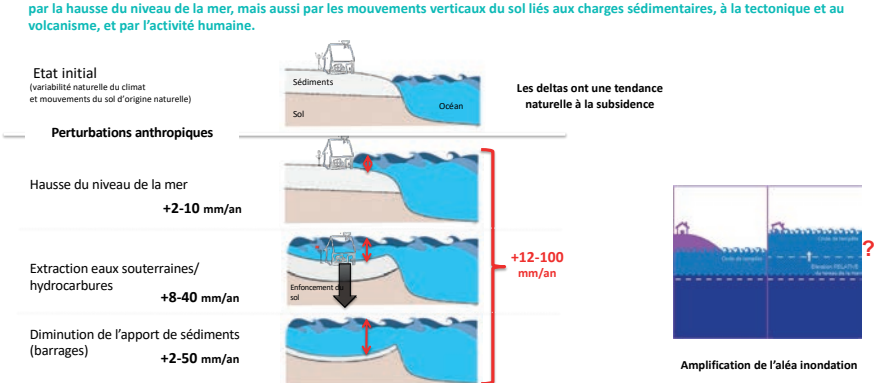
Il y a plusieurs processus. Ici je montre une petite figure d'un état initial d'un delta. On a le fleuve, qui va apporter des sédiments et puis on a l'océan, et puis on a une variabilité naturelle du climat, notamment celle dont nous a parlée Benoît, et puis des mouvements du sol naturel comme le rebond post-glaciaire, dont nous a parlé Guy, et puis cette charge sédimentaire, puisque ces grandes quantités de sédiments qui viennent naturellement se déposer dans le delta provoquent des mouvements du sol, des subsidences.

Depuis le siècle dernier, on a des perturbations anthropiques, celles dont nous a parlé Benoît, donc on a le changement climatique avec cette hausse du niveau de la mer, avec des projections entre deux et dix millimètres par an. Mais on a aussi des mouvements verticaux du sol, comme nous en a parlé Guy, avec par exemple le pompage des eaux souterraines ou des hydrocarbures, qui vont créer des subsidences.

En fait, quand on somme ces paramètres, on va avoir une élévation de la mer relative. C'est-à-dire l'élévation du niveau de la mer ressentie directement par la population. Ici, on a le sol qui diminue et la mer qui va augmenter.

Et puis, il y a d'autres paramètres comme la diminution de l'apport de sédiments, due aux captages dans les barrages et due aussi à l'extraction de granulats.

Il y a d'autres paramètres que je ne liste pas ici, mais quand on fait la somme de tous ces paramètres, on arrive entre 12 et 100 millimètres par an d'élévation relative du niveau de la mer.



Diapo 04 > Le delta, une région menacée

Et une des questions scientifiques qui nous intéresse, notamment au LIENSs, c'est de savoir si on change ce niveau relatif d'élévation du niveau de la mer - on est (fig.02) dans un cas où il n'y a pas eu de modification - on a une zone de tempête qui arrive. Mais si on a une élévation relative du niveau de la mer qui augmente aussi fortement, qu'est-ce qu'il va se passer quand la zone de tempête va arriver ? Comment l'inondation va-t-elle se propager ? Et si c'était une question de recherche? Car il y a des interactions non linéaires entre ces processus, et qui nécessitent toutes une modélisation. Et ça, c'est notamment le travail de Xavier Bertin qui vous fera sa présentation tout de suite après.

Le delta, une région vulnérable

Cette carte présente la vulnérabilité des populations dans ce delta - elle est issue du rapport du GIEC de 2007, qui a tenu compte de l'élévation relative du niveau de la mer, du captage des sédiments, de la subsidence du sol et d'autres phénomènes de l'élévation du niveau de la mer, mais aussi des densités de population et de la démographie.

Et ils ont classé ça en différentes parties : ce sont les populations déplacées d'ici 2050. Plus d'un million de personnes pourraient être déplacées dans le delta du Nil, dont je vous avais parlé, le delta du Gange Brahmapoutre, et puis le delta du Mékong, et entre un million à 100,000 personnes au Mississippi, au Godavari en Inde et puis dans le Yangtsé en Chine.

Le delta du Grange-Brahmapoutre

Tout ça pour vous amener aux travaux d'étude que nous sommes en train de réaliser au LIENSs. En effet, on s'intéresse à un delta qui est tout à fait particulier, qui est le delta du Gange Brahmapoutre. Je vous présente une image ici.

Vous avez deux grands fleuves, donc le Gange et le Brahmapoutre, et puis un autre un peu plus petit, mais très important tout de même, la Meghna, et tout ce que vous voyez en gris est le charriage des sédiments qui arrivent saisonnièrement dans notre delta.

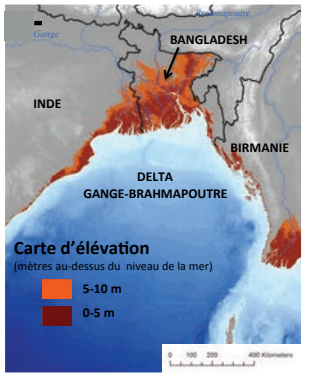
Ici (fig.02) vous avez une carte des altitudes. Quand on est en orange foncé, on est entre zéro et cinq mètres au-dessus du niveau de la mer ; vous pouvez constater qu'on a quand même toute une zone qui est très vulnérable.

C'est un des plus grands deltas du monde, et ce qu'il faut savoir aussi c'est que sa charge sédimentaire est estimée à près d'un milliard de tonnes de sédiments par an, qui arrivent dans ce delta. Pour faire une analogie, c'est à peu près 1,5 fois la distance Terre-Lune, avec des camions bennes de sable. Imaginez la quantité de sédiments qui arrivent dans cet endroit...

La vulnérabilité relative des deltas, indiquée en fonction de la population potentiellement déplacée par rapport à l'élévation relative du niveau de la mer d'ici 2050

Diapo 05 > Le delta, une région vulnérable

Le delta du Gange-Brahmapoutre



- ~100 000 km² → un des plus grands du monde
- Trois grands fleuves: bv ~1,7 million km²
- Transport sédimentaire: 10^9 tonnes/an
- Une des régions les plus fertiles du monde (~70% riz)
- Marnage: jusqu'à 4-5m
- Delta : 40 millions de personnes et 60 millions d'ici 2050.

Diapo 06 > Le delta du Gange-Brahmapoutre

Pour autant, ça devient une région extrêmement fertile, puisqu'on a à peu près 40 millions de personnes qui vivent dans cet endroit, mais en même temps il y a des processus physiques qui doivent être compris, et qui aujourd'hui le sont très mal.

Ce que l'on sait de ce delta, c'est qu'il y a une forte subsidence, c'est ce que je vous présente sur cette carte. Vous avez des données issues des marégraphes, les points noirs, comme vous les a présentés Guy Wöppelmann. Et puis des données GPS, comme vous en a parlé Valérie Ballu, ce sont les flèches jaunes. Ce qu'on peut voir, c'est qu'on a que des flèches qui sont vers le bas, que des subsidences à plus de cinq millimètres par an.

Et puis c'est aussi une carte des zones inondées au fil du temps. Alors quand il y a des grandes moussons, on peut avoir jusqu'à 60 % de tout le delta qui est inondé, et cela sur plusieurs jours.

On a aussi, comme l'a présenté Guy Wöppelmann, utilisé de l'interférométrie radar, des données issues de satellites, pour caractériser cette subsidence du sol. Ce sont les travaux d'Higgins et al.

Vous pouvez voir Dahka, la capitale, et puis tout autour on a réussi à obtenir sur 120 kilomètres et 200 kilomètres, tous les mouvements du sol. On arrive à des taux de subsidence jusqu'à 18 millimètres par an, ce qui est quand même assez considérable quand on parle d'élévation relative du niveau de la mer.

Diapositive non disponible

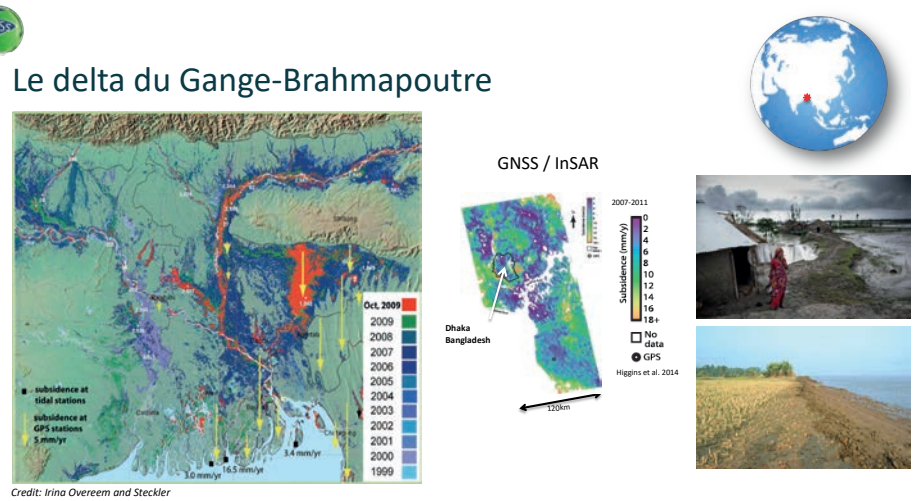
Et puis enfin, notre objectif : nous sommes un consortium, avec notamment le laboratoire dont dépend Benoît Meyssignac, le Laloratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales, et des collègues aussi de sciences humaines.

Notre premier travail a été d'aller instrumenter le delta, aller positionner des GPS et des marégraphes. Comme vous avez pu le voir, et comme Eric Chaumillon a pu en parler, ce sont des zones très complexes. Parce que quand vous êtes dans le delta, ce n'est pas évident de trouver un point fixe pour installer un marégraphe.

Une fois qu'on a trouvé le point fixe, c'est un peu compliqué. On a des exemples : Valérie Ballu a été installer ce marégraphe, et six mois après, quand nous sommes revenus pour récupérer les mesures, on s'est rendu compte que le marégraphe avait été démonté, parce que le pilier de pont avait été démoli. C'est extrêmement complexe comme zone, mais en même temps ce sont des zones d'intérêt scientifique et sociétal conséquent, à l'échelle de la planète et vis à vis du changement climatique.

Après, nous utilisons aussi des données d'altimétries. Donc ici, ce sont les cartes que vous avez colorées. Alors ça reprend l'exposé de Benoît, on est entre quatre et six millimètres par an, sur les 20 dernières années, d'élévation du niveau de la mer. On utilise des données marégraphiques.

Au départ, nous n'avions que cinq stations, donc on a été travailler avec nos collègues du Bangladesh dans leurs archives, pour aller extraire des informations qui



Diapo 07 > Le delta du Gange-Brahmapoutre

existaient, mais qui n'étaient pas mises à disposition et qui avaient besoin d'être qualifiées, validées et retraitées. On a quand même réussi à extraire plein d'informations sur lesquelles on est en train de travailler.

Les deltas face à la subsidence et à l'élévation du niveau de la mer

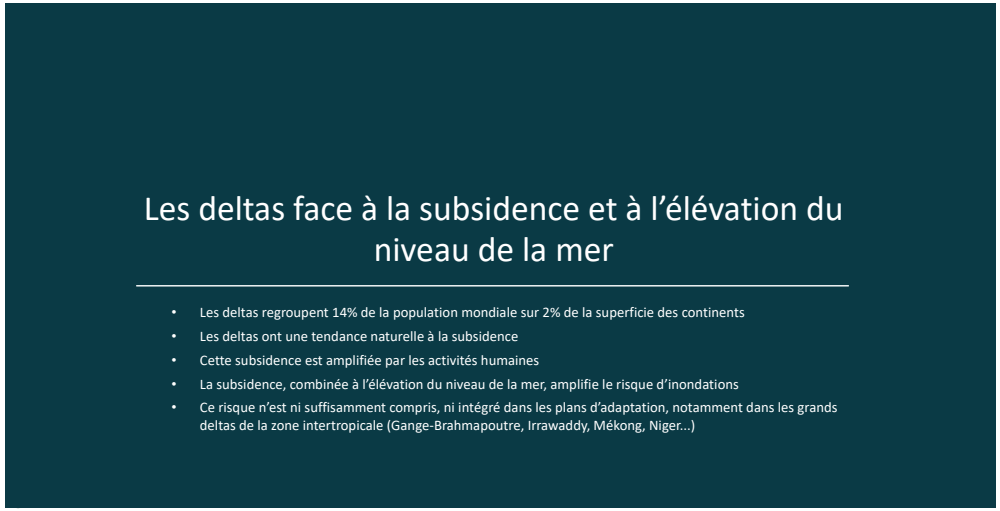
Et puis une autre composante, qui est tout aussi importante, celle dont je vous parlais, qui est la charge sédimentaire.

Quelle est la subsidence due à la charge sédimentaire, et notamment la charge sédimentaire due à la dernière déglaciation? Quand il y a eu la fonte de ces glaces, il y a eu énormément de sédiments qui ont atterri dans le delta.

Et aujourd'hui, on utilise des modèles numériques qui nous permettent de faire une charge sur notre delta, et de déterminer qu'on a à peu près entre 1, 6 et 2 millimètres par an d'élévation du niveau de la mer aujourd'hui, qui sont dus à cette charge sédimentaire d'il y a 20 000 ans.

Voilà, tout ça pour dire que ces objets sont des objets physiques qui sont intégrateurs, qui nous permettent de rassembler toute une communauté.

Parce que finalement, il y a un vaste corpus de connaissances sur les deltas, mais dans des disciplines séparées. Et pour avoir une vue d'ensemble et répondre aux questions sociétales, nous avons besoin de travailler de manière conjointe sur ces disciplines. Voilà. Je vous remercie.



Diapo 09 > Les deltas face à la subsidence et à l'élévation du niveau de la mer

Xavier BERTIN

Université de la Rochelle,
UMR CNRS 7266 LIENSs

2.9 | Vers de meilleures stratégies pour atténuer les inondations provoquées par les tempêtes

Pour commencer, merci aux organisateurs de m'avoir invité à présenter mes travaux dans le cadre de ce colloque. En effet, je vais vous parler de méthodes un peu nouvelles pour limiter l'impact des submersions marines lors des tempêtes. Je vais commencer par une introduction assez générale.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Nous allons vers une augmentation des risques de submersion marine, comme cela avait été dit par mes collègues précédemment. On a constaté une élévation du niveau de la mer au cours des dernières décennies. Celle-ci va se poursuivre, quel que soit le scénario considéré, en général on s'arrête à 2100, mais on a vu que ça allait se poursuivre au-delà.

Je suis très prudent là-dessus : dans certaines régions du globe, on peut s'attendre à une modification des régimes de tempêtes dans la bande tropicale et peut-être une augmentation des cyclones extrêmes. Et puis dans le même temps, on a dans certaines régions du monde une explosion de la démographie dans les zones littorales, comme à Manille en Asie du Sud-est ou en Afrique de l'Ouest, où les littoraux sont entièrement urbanisés.

Il y a une étude assez récente par Neumann et collaborateurs, qui suggère que d'ici 2060, le nombre d'humains qui habitent dans une zone littorale va doubler.

Alors, pour faire face à ces risques de submersion marine, quelle stratégie de défense de côtes ? Je vais juste montrer deux exemples assez extrêmes, diamétralement opposés.

Il y a la défense de côtes en dur. Ceux qui connaissent la région auront reconnu la digue du Boutillon (photo 1). Puis, à l'inverse, complètement à l'opposé (photo 2), dans certains pays d'Europe du Nord, les gens réfléchissent et expérimentent des méthodes dites douces où on recrée des zones humides pour essayer d'atténuer un petit peu l'étendue des submersions marines. C'est un peu de ça dont je vais vous parler aussi.

Quelques évènements majeurs récents - 1. Katrina

Alors, quoi qu'il en soit, les submersions marines correspondent aux catastrophes naturelles les plus impactantes, celles qui occasionnent les plus lourds dégâts. Je vais juste passer en revue quelques événements récents, des événements vraiment majeurs.

Tout le monde a entendu parler de Katrina en 2005, un ouragan de catégorie 5 qui a atteint les côtes de Louisiane et du Mississippi, avec une surcote estimée localement

Diapo 03 > Introduction générale

Diapo 04 > Quelques éléments majeurs récents : Katrina

à plus de neuf mètres : c'est vraiment colossal.

La surcote, c'est les variations de hauteurs d'eau liées à la tempête qui se superposent à la marée.

Quasiment 2000 morts, plus de 100 milliards de dollars de dégâts assurés, c'est vraiment colossal. En grande partie, les dégâts ont été occasionnés au niveau de la ville de La Nouvelle-Orléans qui était bien inondée.

2. Nargis

Beaucoup moins médiatisé, l'ouragan Nargis en 2008 qui a submergé une partie importante du delta de l'Irrawaddy, un delta très densément peuplé. Cela a été évoqué rapidement par Mélanie tout à l'heure. Plus de 140000 morts. Cela montre bien le déséquilibre qu'il peut y avoir dans le traitement de l'information. Probablement, que certains d'entre vous n'avaient jamais entendu parler de cette catastrophe.

3. Haiyan

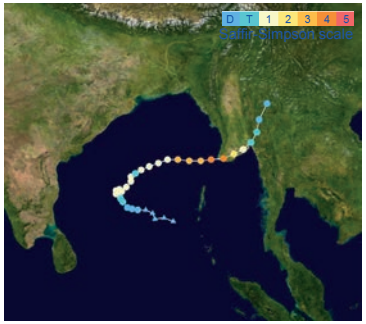
Plus récemment, l'ouragan Haiyan aux Philippines. C'était un ouragan de catégorie cinq, un peu l'ouragan de tous les records, d'une pression atmosphérique de 850 millibars, avec des rafales à plus de 300 kilomètres/heure et une surcote estimée à un peu plus de cinq mètres à Tacloban. S'en suivirent des scènes de désolation.

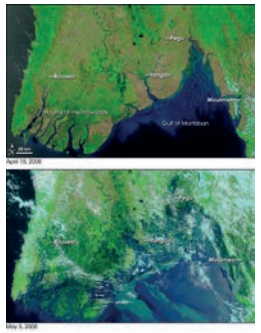
➢Nargis (2008/05):

-Ouragan de catégorie 3 aux abords du Myanmar (pression 962 mbar, rafales à 240 km/h)

-Surcote estimée localement à plus de 4.0 m (Fritz et al., 2010)

->140000 morts, 4 milliards de dollards de dégats.





Submersion du delta de l'Irrawaddy pendant Nargis

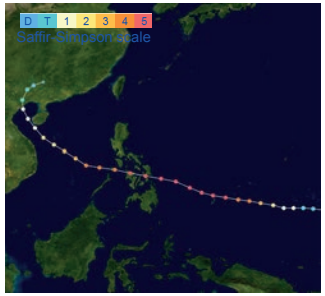
Diapo 05 > Quelques éléments majeurs récents : Nargis

➢Haiyan (2013/11):

-Ouragan de catégorie 5 aux abords des Phillipines (pression min. 858 mbar, rafales à 315 km/h)

- Surcote >5 m à Tacloban (Deltares, 2013)

->10000 morts, >4 milliards de dollards de dégats.



Tacloban après la submersion associée à Haiyan (2013/11)

Diapo 06 > Quelques éléments majeurs récents : Haiyan

Conditions propices aux submersions marines

Si on cherche à hiérarchiser un petit peu tout ça, essayer de mieux comprendre pourquoi certaines régions du globe sont beaucoup plus touchées par ces phénomènes, sur cette figure, on peut voir la compilation de toutes les trajectoires de ces tempêtes tropicales entre 1985 et 2005. La couleur correspond à leur intensité.

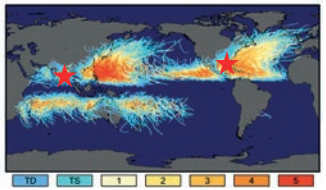
La région dans laquelle il y a le plus de cyclones intenses, c'est l'Asie du Sud-est, et ce n'est pas forcément là où on a les catastrophes les plus importantes. Je vous ai dit, dans l'histoire récente, c'est essentiellement dans le golfe du Bengale, puis, dans le golfe du Mexique.

En fait, il y a un deuxième phénomène, un deuxième paramètre à prendre en compte qui est très important, c'est la bathymétrie et la morphologie de ces zones littorales.

Les deux régions dont je viens de parler ont à la fois des zones littorales qui sont basses et qui peuvent donc être submergées, puis des plateaux continentaux qui sont très larges qui font entre 200 à 500 km de large à l'ouest de la Floride.

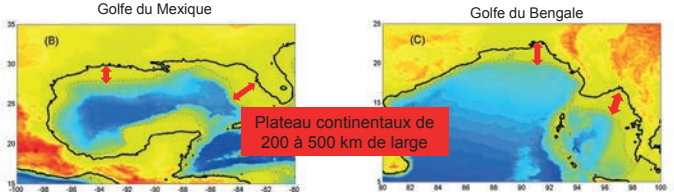
Et c'est très important, parce que lors des tempêtes, l'eau qui est transportée par le vent va s'empiler, va s'accumuler dans ces zones très peu profondes et c'est la seule condition sous laquelle on peut avoir des surcotes de l'ordre de neuf mètres. On n'aura jamais une surcote de neuf mètres, par exemple, au niveau des îles volcaniques du Japon où il n'y a quasiment pas de plateau continental.

(A) Trajectoire des principales tempêtes tropicales



Trajectoire et intensité des tempêtes tropicales entre 1985 et 2005 (NOAA)

(B) Zones côtières peu profondes, bordées de plateau continentaux larges



Diapo 07 > Conditions propices aux submersions marines

Qu'en est-il pour l'Europe de l'Ouest ?

On a des plateaux continentaux qui sont très larges, notamment en Europe du Nord, en Mer du Nord. Cela fait plus de 500 kilomètres de large. Ici, à La Rochelle, c'est quasiment 200 kilomètres de large au niveau du plateau continental.

On est sur la trajectoire des dépressions de latitudes intermédiaires. Heureusement, elles sont beaucoup moins fortes que les cyclones tropicaux, même si on peut avoir de fortes tempêtes en hiver.

Puis, on a la présence de zones de côtes basses aux Pays-Bas, tout est dans le nom, mais en France aussi, dans la partie centrale du Golfe de Gascogne, en Camargue, en Normandie et en Allemagne également.

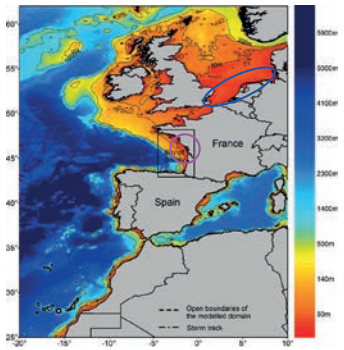
Dans l'histoire récente, la plus grosse catastrophe, c'est la tempête de 1953 aux Pays-Bas, qui a occasionné une surcote de plus de trois mètres pendant des grandes marées. Il y aurait eu plus de 2000 morts entre les Pays-Bas, l'Allemagne, un peu la Belgique et le sud-est de l'Angleterre également.

Plus récemment, dans la partie centrale du Golfe de Gascogne, c'est la tempête Xynthia dont je vais reparler un peu tout à l'heure, qui a occasionné 47 morts directement des suites de la submersion et plus de deux milliards d'euros de dégâts assurés.

➔Plateau continental très large (100-500 km)

➔Sur la trajectoire des dépressions de latitude intermédiaire.

➔Présence de cotes basses (Pays-Bas, France, Allemagne,…)



➔La plus grosse catastrophe dans l'histoire moderne est la tempête de 1953 (surcote > 3 m; > 2000 morts)

➔Plus récemment, la tempête Xynthia dans le Golfe de Gascogne (Février 2010, 47 morts, > 2.0 milliards € de dommages assurés)

Diapo 08 > Qu'en est-il de l'Europe de l'Ouest ?

I. AMÉLIORATION DE LA PRÉDICTION DES SURCOTES EN ZONE LITTORALE

Introduction

Dans cette première partie, je vais vous parler de l'amélioration de la prédiction des surcotes dans les zones littorales au cours des 15 dernières années.

Il y a eu un certain nombre de progrès, et notamment un des progrès importants, c'est la prise en compte et la représentation de l'effet des vagues.

Lors des tempêtes, les vagues peuvent contribuer de façon importante aux surcotes, jusqu'à un mètre ou plus. Le problème, c'est que ça se passe essentiellement au niveau des zones de déferlement des vagues - là où les vagues déferlent. Et ces zones de déferlement, même pendant les tempêtes, ne sont pas énormes. Elles sont de l'ordre de quelques centaines de mètres.

Donc pour bien représenter tout ce qui s'y passe, cela implique d'avoir une résolution dans les modèles, un maillage très fin, des mailles de l'ordre de la dizaine de mètres, ou quelques dizaines de mètres. Et cela pose un défi majeur en termes de temps de calcul, parce que la taille du maillage - le nombre de points dans le maillage - va être multiplié par 100 ou par 1 000 et il y une vingtaine d'années on ne savait pas faire.

Le progrès très important qui a permis de relever ce défi, c'est la démocratisation du calcul parallèle. Cela veut dire qu'on a des gros calculateurs, pas des simples PC, on a un très grand nombre de processeurs, des centaines ou des milliers. Puis, on découpe notre domaine de calcul en petits morceaux et on répartit le calcul sur plusieurs processeurs. C'est quelque chose de vraiment standard. La plupart des bureaux d'études ont des calculateurs plus ou moins importants. C'est quelque chose qui s'est complètement démocratisé.

La contribution des vagues dans la surcote associée à Klaus

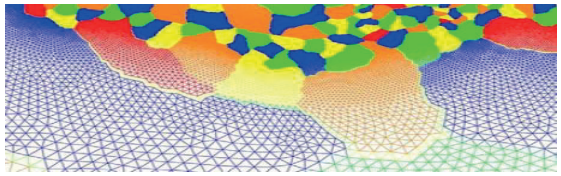
Je vais vous montrer un exemple sur lequel on a travaillé il y a quelques années et sur lequel nous continuons de travailler. C'est la contribution des vagues dans la surcote associée à Klaus. Klaus, c'est une tempête extrêmement violente qui a frappé le sud du golfe de Gascogne en 2009, avec des vents mesurés au Cap Ferret à plus de 30 à 35 mètres par seconde (en rouge). C'est le vent moyen. Le vent en rafales est presque le double du vent moyen. On a atteint quasiment 200 km/heure en rafales.

Ce qui nous intéresse particulièrement, c'est que c'est la tempête qui a généré les plus grosses vagues jamais mesurées dans cette partie du golfe de Gascogne. L'holographe permanent est installé depuis 1997. Sur un peu plus de 20 ans, ce sont les plus grosses vagues qui ont été mesurées.

✓ Lors des tempêtes, les vagues peuvent contribuer de façon significative aux surcotes (e.g. Kennedy, 2012).

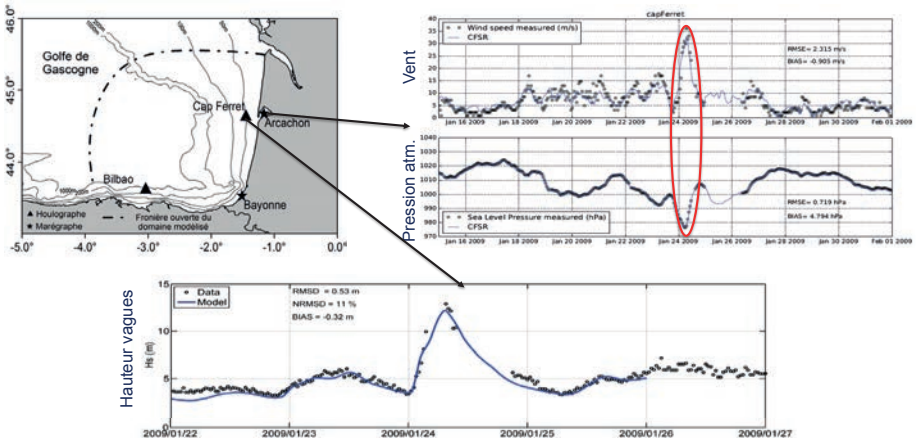
✓ La représentation des processus liés aux vagues implique une résolution spatiale très fine dans les modèles (i.e. O(10 m)), ce qui pose un défi majeur en termes de temps de calcul.

✓ La démocratisation du calcul parallèle au cours de la dernière décennie a permis de répondre à ce défi.



Diapo 10 > Introduction

(Arnaud et Bertin, GCGC 2014)



Diapo 11 > La contribution des vagues dans la surcote associées à Klaus (1)

Au pic de la tempête, (graphe 03 / diapo 11) on peut voir la hauteur significative : c'est une grandeur statistique qui atteint 12-13 mètres assez près du bord. Cela veut dire qu'individuellement, les plus fortes vagues approchaient probablement les 20 mètres. On s'est donc dit que c'était la bonne tempête pour étudier la contribution des vagues dans les surcotes.

Pour répondre à cette question, on a mis en place un modèle numérique (fig 02 / diapo 12) qu'on co-développe au laboratoire LIENSs. Voilà le fameux maillage de calcul : on découpe l'espace en petits éléments triangulaires. Puis la couleur correspond à la résolution de ce maillage et on voit qu'on a raffiné la résolution au niveau de l'entrée du bassin d'Arcachon. On a des mailles de l'ordre de 40 à 50 mètres. Puis, au niveau de l'Adour - c'est un des points de mesure - on a des mailles de l'ordre de 25 mètres.

Comment est-ce que ça fonctionne ? On a deux boîtes principalement : un modèle de circulation hydrodynamique qui représente les courants et les variations de hauteurs d'eau, puis, un modèle de vagues qui représente la génération et la propagation des vagues. Ces deux modèles sont entièrement couplés parce que les hauteurs d'eau et les courants vont impacter les vagues. Et inversement, les vagues peuvent générer des courants.

Voici le résultat assez important qu'on a obtenu (diapo 13).

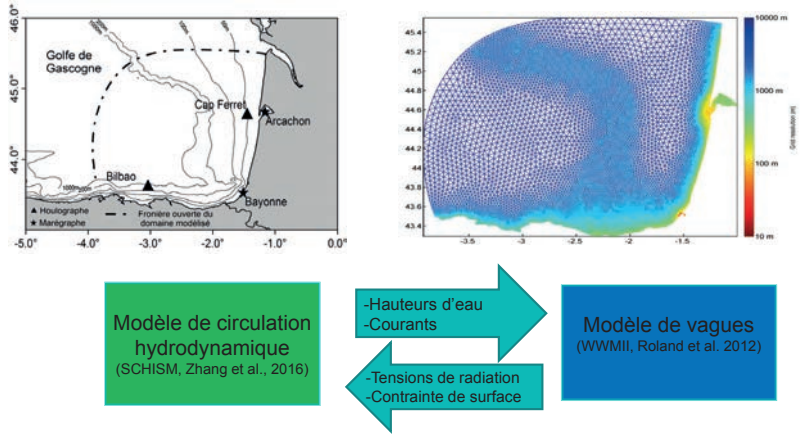
En noir, c'est l'observation de la surcote déduite des observations. On ne peut pas mesurer directement une surcote. À Arcachon, elle atteint quasiment 1,70 mètre. À Bayonne, c'est un peu plus modeste : c'est un mètre.

En bleu, c'est notre modèle : la surcote modélisée, en prenant en compte l'effet du déferlement des vagues. En rouge, c'est quand on nommait tous les effets des vagues. Et on voit qu'on rabote complètement le pic.

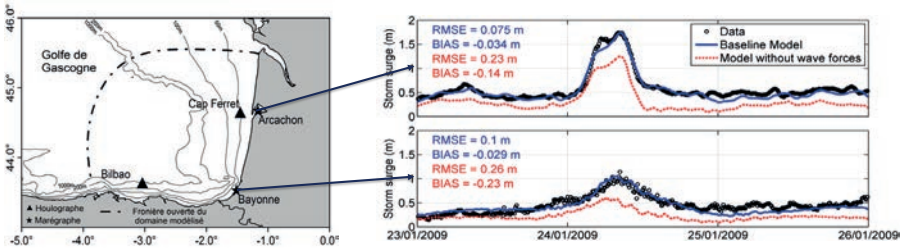
Dans les deux cas, il manque à peu près un demi-mètre. Il y a un demi-mètre de surcote qui provient du déferlement des vagues.

Ce qui est également important c'est que ces marées graves ne sont pas situées dans les zones de déferlement. Elles sont situées dans des ports qui sont abrités de l'agitation. Ce qui se passe, c'est que le déferlement de ces vagues de tempête à l'entrée de l'embouchure va induire une surélévation qui se propage à l'échelle de tout le bassin d'Arcachon et à l'échelle de tout l'estuaire de l'Adour.

Puis, on a travaillé sur la Gironde. C'est la même chose : le déferlement des vagues de tempête à l'entrée de la Gironde induit une surélévation à l'échelle de toute la Gironde. Même si on a réussi à le faire - parce que c'est un domaine qui n'est pas si grand que ça, c'est le quart sud-est du golfe de Gascogne - la représentation de ce phénomène à l'échelle de toute la France métropolitaine serait vraiment un défi en termes de calcul. On sait le faire techniquement, mais, le faire de façon opérationnelle, on n'y est pas encore. Ce sera pour la décennie à venir probablement.



Diapo 12 > La contribution des vagues dans la surcote associée à Klaus (2)



- ✓ Le déferlement des vagues de tempête associées à Klaus contribue à la surcote à hauteur de ~0.5 m **jusque dans les zones abritées du déferlement**.
- ✓ La représentation de ce phénomène implique une grille de calcul dont la résolution est de l'ordre de la dizaine de mètres.

Diapo 13 > La contribution des vagues dans la surcote associée à Klaus (3)

II. RECONFIGURER LES DÉFENSES DE COTE POUR LIMITER L'IMPACT DES SUBMERSIONS MARINES

Introduction

À partir du moment où on a fait des progrès et où on est arrivé à bien reproduire les hauteurs d'eau à la côte, on a pu étudier la submersion marine et en particulier l'impact de la configuration des défenses de côtes sur l'étendue des submersions marines. On peut distinguer principalement trois types de submersion marine.

La surverse (1), c'est quand le niveau moyen est plus haut que les ouvrages qui protègent habituellement des submersions. Il y a une submersion qui est continue.

Le franchissement par paquet de mer (2) c'est un peu l'inverse. Le niveau marin est plus bas en moyenne que la crête des ouvrages du front de mer par exemple. Mais de façon intermittente, les vagues en déferlant sur l'ouvrage, vont projeter des paquets de mer, et vague après vague on peut aussi aboutir à une submersion importante.

Le dernier mécanisme, c'est la rupture de barrière (3). Ci-contre la Dolphin Island dans le golfe du Mexique pendant l'ouragan Ivan : ce qu'on peut voir, c'est que le passage du cyclone a complètement transpercé de toute part le cordon dunaire. Et évidemment, la submersion va se propager de façon plus efficace.

Bien sûr, on peut avoir une combinaison de plusieurs mécanismes.

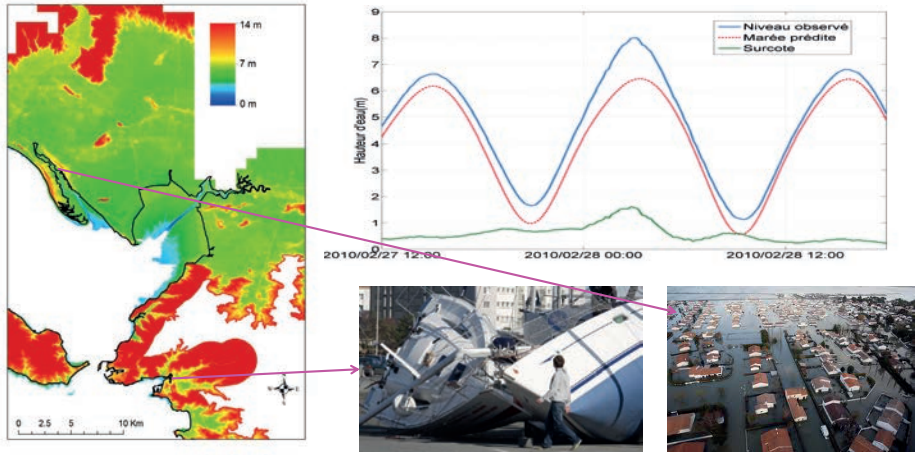
Diapo 15 > Introduction

La submersion marine associée à Xynthia

Je vais vous parler essentiellement de la surverse qui a été le mécanisme dominant pendant Xynthia, même si bien sûr, il y a eu des ruptures d'ouvrages localement.

Quelques rappels sur Xynthia : voici sur le graphe, l'enregistrement de hauteurs d'eau au niveau du port de commerce de La Pallice en bleu. On atteint 8 mètres par rapport au zéro hydrographique. Et en rouge, c'est la marée astronomique. C'est-à-dire que c'est la hauteur d'eau qu'on enregistre, s'il n'y avait eu aucune tempête.Et la différence entre les deux, c'est ce qu'on appelle la surcote qu'on voit ici en vert. La surcote était de l'ordre de 1,60 mètre. Elle était exactement en phase avec une marée haute de vives-eaux. Ce n'était vraiment pas de chance.

Ce qu'on voit fig.01, c'est la topographie au nord de La Rochelle en utilisant la même échelle verticale que pour les hauteurs d'eau. Cela signifie que tout ce qui est en vert était situé nettement en-dessous du niveau de la mer pendant Xynthia. Et en conséquence, une large partie de ce territoire a été submergée, avec les conséquences que vous connaissez : le village de La Faute-sur-Mer a été particulièrement impacté avec 27 morts, et La Rochelle a subit des dégâts matériels considérables. C'est anecdotique, mais on a retrouvé des bateaux sur la route parce que les pontons étaient sortis de leurs pylônes.



Diapo 16 > La submersion marine associée à Xynthia

Modélisation de la submersion marine associée à Xynthia

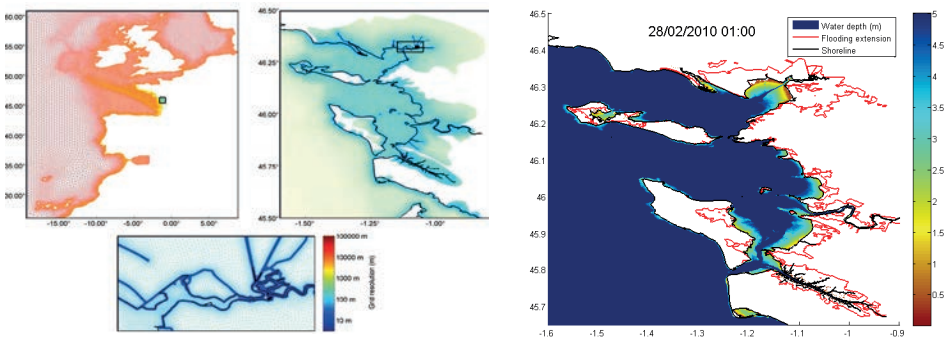
Voici la grille de calcul qu'on a développée pour cette étude. On a fait le choix d'avoir une grille unique qui couvre tout l'Atlantique Nord-est, avec une résolution qui varie fortement en l'espace de quelques dizaines de kilomètres aux larges à localement trois mètres au niveau de la crête des ouvrages.

Sur la droite, c'est l'animation de la submersion modélisée. Les couleurs correspondent à la hauteur d'eau dans le modèle.

On voit qu'à l'ouest du Marais poitevin, on a localement des hauteurs d'eau supérieures à deux mètres. C'est vraiment impressionnant. Puis, en rouge, c'est l'extension de l'inondation telle qu'elle a été déduite des observations au lendemain de Xynthia, et on voit globalement qu'il y a quand même un bon agrément entre les deux. Bien sûr, localement, si on regarde dans le détail le long du front de mer, on sous-estime assez fortement la submersion.

À l'inverse, localement, dans le Marais de Brouage, c'est l'inverse. La submersion va un peu trop loin parce qu'on n'a pas réussi à représenter une route qui a arrêté l'inondation. Mais, globalement, on est quand même assez satisfait de ces résultats.

On s'est posé à l'époque une question un peu farfelue qui était : est-ce que ce volume d'eau qui est passé par-dessus les digues, qui est colossal - on parle d'à peu près 300 millions de mètres cubes - n'aurait pas pu avoir un impact sur le niveau des eaux en mer ou en d'autres termes, vider un petit peu l'océan ?



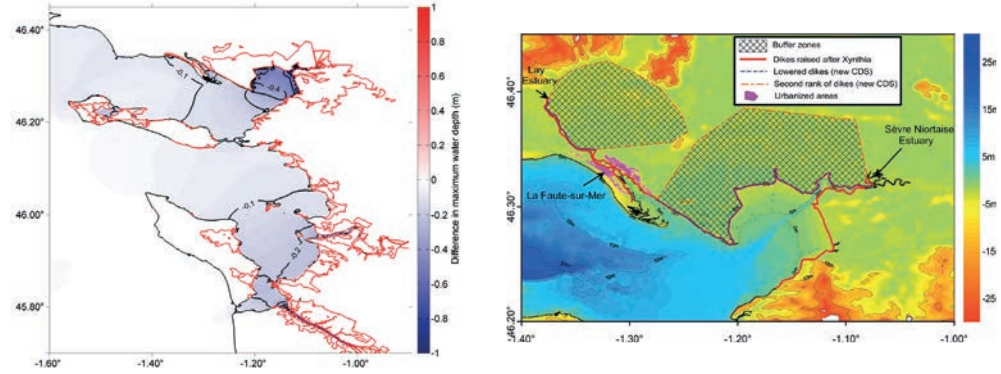
Diapo 17 > Modélisation de la submersion marine associée à Xynthia

Limitation des hauteurs d'eau lors des débordements massifs

C'est ce qu'on voit sur cette diapo : cette carte correspond à la différence entre la simulation de référence que je vous ai montrée et une simulation où on a empêché l'inondation, en mettant des digues très hautes. On a mis des digues de 10 mètres de haut pour être sûr qu'il n'y ait aucun franchissement. Et on était très surpris. Bien sûr, on a vérifié une dizaine de fois tellement on était surpris.

En fait, ce qu'on peut voir, c'est que la différence n'est pas du tout négligeable. Elle est de l'ordre de 10 centimètres à l'entrée des pertuis charentais. Puis, quand on s'enfonce dans les estuaires, par exemple dans la Sèvre niortaise, on arrive à plus d'un mètre de différence. Et dans la Charente, c'est pareil, on arrive à peu près à un mètre de différence. Donc quand l'eau déborde massivement, elle monte jusqu'à un mètre moins haut que dans le cas où on empêchait ce débordement en faisant des digues très hautes.

À partir de ce mécanisme, on a trouvé vraiment intéressant, avec un ingénieur qui, à l'époque travaillait en CDD dans le cadre d'un projet européen, Jean-Rémy Huguet, de réfléchir à des solutions d'ingénierie inspirées de ce phénomène, pour en tirer parti et essayer d'atténuer l'effet des tempêtes sur les submersions.



Diapo 18 > Limitation des heuteurs d'eau lors des débordements massifs

Alors, avant de vous exposer ces résultats j'ai une petite précision.

C'est complètement fictif. Cela ne correspond pas du tout à une étude d'ingénierie réaliste. On a vraiment fait de la science-fiction dans le Marais poitevin, où on a délimité des zones, les «buffer zones» qu'on a appelé des zones-tampons, le long desquelles on a complètement abaissé la hauteur des digues de l'ordre d'un mètre. Donc, ici, et puis en aval de la Faute-sur-Mer par rapport à la submersion, pour générer une submersion massive, mais de façon contrôlée. On a aussi rajouté une deuxième rangée de digues en aval qui protège les enjeux de la submersion, c'est-à-dire les zones habitées, les routes, etc... On a essayé de regarder l'impact qu'avaient de telles stratégies.

Limitation des hauteurs d'eau lors des débordements massifs

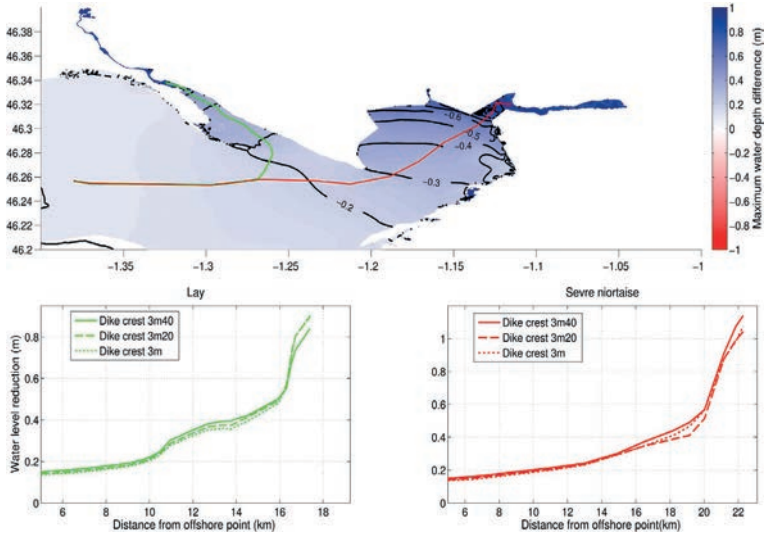
On retrouve un peu la même figure que tout à l'heure, sauf que cette fois-ci, c'est contrôlé, au moins dans notre modèle. Ce que l'on peut voir en vert, c'est une coupe qui suit l'estuaire du Lay et en rouge la Sèvre niortaise.

Dans les deux cas, dans l'estuaire du Lay on arrive à un abaissement du plan d'eau d'un peu plus de 80 centimètres, et dans la Sèvre niortaise, on est au-dessus d'un mètre.

Cette solution est encore une fois complètement fictive et son effet est tout de même robuste. C'est vraiment notre modèle dans lequel on peut avoir confiance, parce qu'il a réussi à bien reproduire ce qui s'était passé pendant Xynthia.

La mise en place de ce type de solution, si elle était réaliste - je n'en sais rien, mon expertise s'arrête là - permettrait d'abaisser la hauteur d'eau maximum pour un événement de type Xynthia jusqu'à quasiment un mètre. Cela pourrait compenser l'élévation du niveau de la mer pour la fin du siècle.

Ce qu'on dit simplement en conclusion, c'est que ça vaudrait le coup de considérer ce genre d'approche lorsqu'il s'agira de réviser les stratégies de défense des côtes dans les décennies à venir.



Diapo 19 > Limitation des hauteurs d'eau lors de débordements massifs

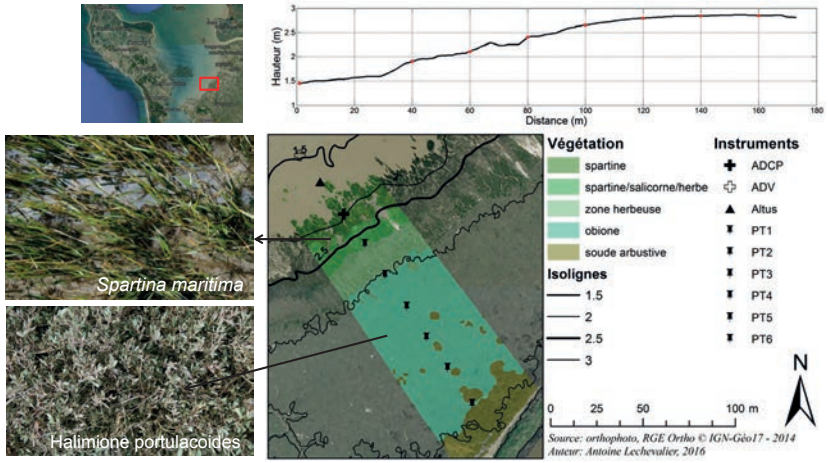
III. LE POTENTIEL DE LA VÉGÉTATION POUR LIMITER LES SUBMERSIONS MARINES

La campagne de mesure de mars 2016

Le dernier volet dont je vais vous parler c'est la végétation comme solution pour limiter l'impact des submersions marines. C'est une question qui est vraiment à la mode dans le milieu scientifique. Il y a des dizaines d'articles tous les ans qui traitent de ce sujet.

Nous avons succombé à cette mode. Plus sérieusement, on s'est rendu compte que dans les pertuis charentais, il y avait un certain nombre de sites qui étaient particulièrement adaptés et en particulier, un très bel herbier dans la réserve de Moëze-Oléron qui s'appelle la Pointe aux herbes, où on a un certain nombre d'étages de végétation, des spartines, et un petit peu plus haut, c'est plus original, un bel étage d'obiones Halimione portulacoïde. C'est une espèce de pourpier sauvage qui est extrêmement dense.

Puis, dans le cadre du stage de Master d'Antoine Le Chevalier, on a réalisé une campagne de mesures, dans le cadre de laquelle on a déployé neuf capteurs perpendiculairement au rivage, pour bien voir l'évolution des vagues et des hauteurs d'eau pendant un coup de vent. Ce n'était pas une tempête.



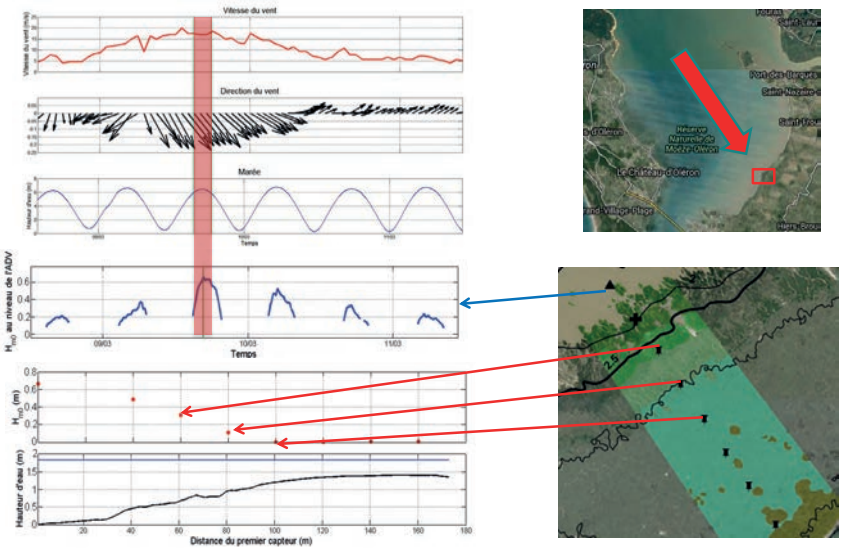
Diapo 21 > La campagne de mesure de mars 2016 (stage de A. Lechevalier)

Dissipation des vagues par la végétation

Les herbiers par définition se développent plutôt à l'abri de l'agitation. Donc il a fallu attendre un coup de vent de Nord-Ouest, pour avoir des vagues suffisantes pour avoir quelque chose d'intéressant à mesurer. Ce n'est pas une tempête, on a du vent de 15 à 20 mètres par seconde, c'est un bon coup de vent on va dire.

Et puis ce coup de vent au niveau du début de l'herbier a généré des vagues de l'ordre de 60 centimètres. Ce ne sont pas du tout des vagues de tempête, mais c'est déjà ça. Et ce que l'on peut voir, c'est qu'au fur et à mesure qu'on s'enfonce dans l'herbier, la hauteur des vagues diminue rapidement. Et quand on arrive dans l'obione, la hauteur des vagues disparaît, les vagues disparaissent complètement, et on a des vagues de l'ordre du centimètre. C'est dans notre marge d'erreur, on arrive à peine à mesurer ça.

Et ce n'est pas du tout parce qu'il n'y a plus d'eau, parce qu'à cet endroit-là il y a encore un mètre d'eau. Donc il pourrait y avoir des vagues de 60 centimètres, ce n'est pas le cas, les vagues ont complètement disparu.



Diapo 22 > Dissipation des vagues par la végétation

Une dissipation exceptionnelle des vagues par les obiones

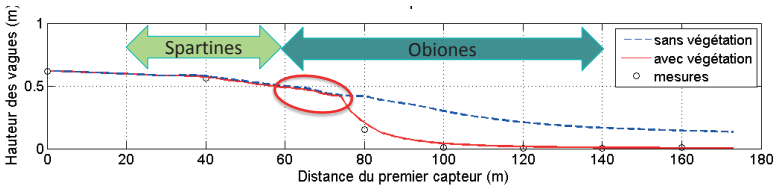
Afin d'expliquer ce phénomène, on a développé un petit modèle simplifié. Je ne vais pas rentrer dans les détails techniques, mais en résumé ce qui se passe, c'est que le flux d'énergie des vagues, c'est-à-dire l'énergie des vagues multipliée par la vitesse à laquelle ça se propage, est une quantité qui est conservée, sauf s'il y a de la dissipation, de la perte d'énergie.

Dans notre modèle, il y a deux pertes d'énergie. Il y a le déferlement et puis la végétation. Ce qu'on voit en noir, c'est la hauteur des vagues observées, en bleu le modèle sans végétation et en rouge le modèle avec végétation. Le modèle avec végétation permet de bien reproduire cette diminution brutale de la hauteur des vagues, en particulier au niveau des obiones où on a des taux de dissipation.

En général, on chiffre cette disspation en pourcentage par mètre, quasiment 5 % par mètre. C'est colossal. En fait, pour retrouver des valeurs similaires, il faut trouver des études sur la mangrove. Cette obione est tellement dense, en termes de ramification, etc., que vraiment elle empêche toute propagation des vagues.

Le gros problème c'est qu'à l'endroit-clé, on n'a vraiment pas eu de chance, on a un capteur dont la pile a fondu et donc nous n'avons pas de mesure de l'endroit où tout se passe. C'est pour ça que nous allons répéter cette expérience.

$$\frac{\partial(C_g E)}{\partial x} = -D_{déferl.} - D_{veget.}$$



Dissipation spartine: 1.9 %/m

Dissipation obiones: 4.6 %/m

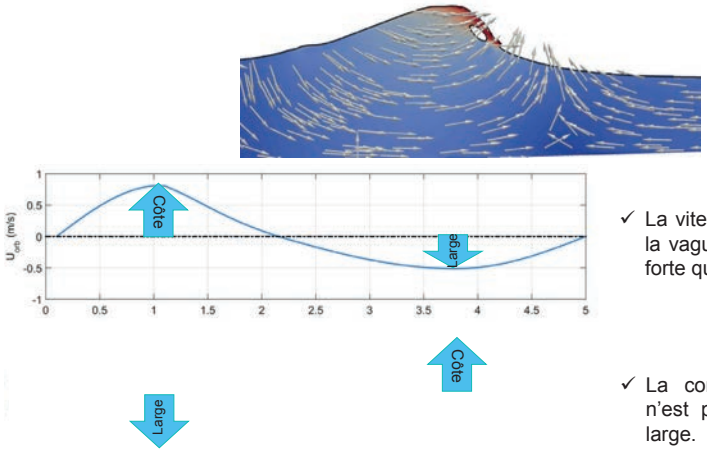
Diapo 23 > Une dissipation exceptionnelle des vagues par les obiones

Cette dissipation brutale produit un léger abaissement du plan d'eau

Ce n'est pas complètement fini, il y a un deuxième effet qui est très intéressant. C'est qu'en théorie cette dissipation brutale des vagues devrait produire un abaissement du plan d'eau. Je vais essayer d'expliquer très rapidement pourquoi.

Lorsque les vagues se propagent, il y a un mouvement orbital avec une vitesse qui est dirigée vers la côte sous la crête de la vague, et puis vers le large sous le creux de la vague. Et en eaux peu profondes, cette vitesse est asymétrique. Elle est quasiment deux fois plus forte sous la crête, donc on s'est dirigé vers la côte et pas sous le creux. La contrainte au fond est beaucoup plus forte sous la crête de la vague que sous le creux, mais elle l'est dans l'autre sens, donc dirigée vers le large.

Si on fait la moyenne sur une perte de vague, c'est différent de zéro, donc on a une contrainte qu'on peut qualifier de résiduelle, dirigée vers le large, et qui va tendre à abaisser le plan d'eau. Ça avait été montré uniquement en laboratoire jusque là.



- ✓ La vitesse orbitale sous la crête de la vague est environ deux fois plus forte que dans le creux.
- ✓ La contrainte résiduelle au fond n'est pas nulle et dirigée vers le large.

Diapo 24 > Cette dissipation brutale produit un léger abaissement du plan d'eau

Là encore on a développé un petit modèle simplifié, qui prend en compte ces différents phénomènes.

En noir, c'est le niveau observé où on arrive à mesurer un léger abaissement du plan d'eau. Et ça réaugmente, on n'a pas d'explication pour le moment. En rouge, c'est le modèle où il n'y a pas de végétation, et ce qui est assez classique, c'est que la surcote ne fait qu'augmenter en s'approchant des petits fonds. Et puis avec la végétation on arrive à reproduire un abaissement du plan d'eau qui est, on va dire, dans le bon ordre de grandeur.

Malheureusement, c'est très ténu, on est proche de notre marge d'erreur et donc on aimerait répéter cette expérience pendant des conditions de tempête où on aura un effet d'abaissement qui pourra atteindre 30 ou 40 centimètres. Et dans ce cas là, on ne serait pas du tout dans la marge d'erreur, on aurait quelque chose de significatif.

Les herbiers ont un fort potentiel pour limiter les submersions marines

Ces herbiers entraînent une forte dissipation des vagues, en particulier dans le cas des obiones, où c'est vraiment exceptionnel. Cette forte dissipation entraîne en théorie un léger abaissement du plan d'eau, qu'on a réussi à mesurer partiellement. C'est un petit peu dans notre marge d'erreur, donc on attend des conditions, bien sûr une tempête pas trop extrême pour qu'il n'y ait pas trop de dégâts, mais avec des vents assez forts pour générer des vagues un peu plus fortes que précédemment. De l'ordre d'un mètre, on aimerait bien.

On a une thèse de doctorat qui va s'attaquer à ces questions ; Laura Lavaud est ici.

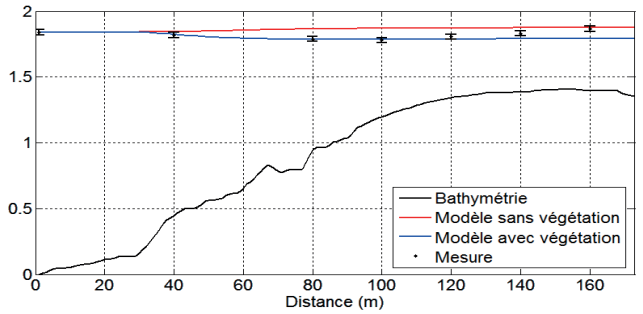
CONCLUSION

L'augmentation récente de la puissance de calcul permet de mieux représenter les surcotes en zone littorale, principalement parce qu'on arrive à mieux représenter les différents effets des vagues.

La création de zones tampon, où la submersion est contrôlée lors des tempêtes, permet d'abaisser la hauteur d'eau côté mer de façon très significative. On a eu jusqu'à plus d'un mètre dans un petit estuaire. Et cela permet d'atténuer les conséquences d'une tempête majeure là où les enjeux sont forts.

Et puis finalement, la présence de végétation entraîne une forte dissipation des vagues et un léger abaissement du plan d'eau. On a tout à gagner à préserver ces herbiers, qui sont en régression dans certains secteurs comme dans le bassin d'Arcachon. Cela me paraît prioritaire de les préserver et de les développer ailleurs. Merci pour votre attention.

$$g\frac{\partial \zeta}{\partial x} = -\frac{1}{\rho H}\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\tau_s}{\rho H} - \frac{\tau_{veget}}{\rho H}$$



Diapo 25 > Dissipation des vagues par la végétation

- ✓ Les herbiers entrainent une dissipation brutale des vagues, l'effet des obiones est exceptionnellement élevé.
- ✓ Cette forte dissipation entraine en théorie un léger abaissement du plan d'eau (Van Rooijen et al., 2016), que nous avons partiellement réussi à mesurer.
- ✓ Nous attendons des conditions de tempête pour répéter ces mesures (thèse L. Lavaud).

Diapo 26 > Les herbiers ont un fort potentiel pour limiter les submersions marines

Reide CORBETT

East Carolina University

John Patrick WALSH

University of Rhode Island, Coastal Ressouces Center

2.10 | Evolutions sédimentaires et géomorpholiques des zones humides littorales : connaissances nouvelles issues de recherches françaises et américaines

Bonjour tout le monde. Je m'appelle J. P. Walsh, et je vais présenter avec mon collègue Reide Corbett. Merci pour l'invitation. Je vais commencer avec les remerciements. Immédiatement, je voudrais dire merci à Éric Chaumillon qui a fait beaucoup de choses, également à Johanna Jupin qui a aidé les recherches. Je dois dire merci au programme de Fulbright qui a financé mon travail à l'Université de Bordeaux. Et finalement, je voudrais dire merci à tous les partenaires qui ont soutenu le colloque aujourd'hui.

« Venez avec nous dans les marais ».

Je vais commencer par vous communiquer l'information générale, après Reide expliquera les méthodes que nous avons dû utiliser et le résultat de notre travail aux États-Unis. Et je terminerai en vous donnant des résultats de notre travail en France, et un petit peu de discussions et une conclusion.

Nous avons entendu ce matin qu'il y a beaucoup de choses qui impactent les côtes, et il y a beaucoup d'échanges sur ces sujets autour du monde. Et cet échange ne date pas d'aujourd'hui, mais existe depuis beaucoup d'années.

I. INFORMATION GÉNÉRALE SUR LES MARAIS

La côte est attaquée

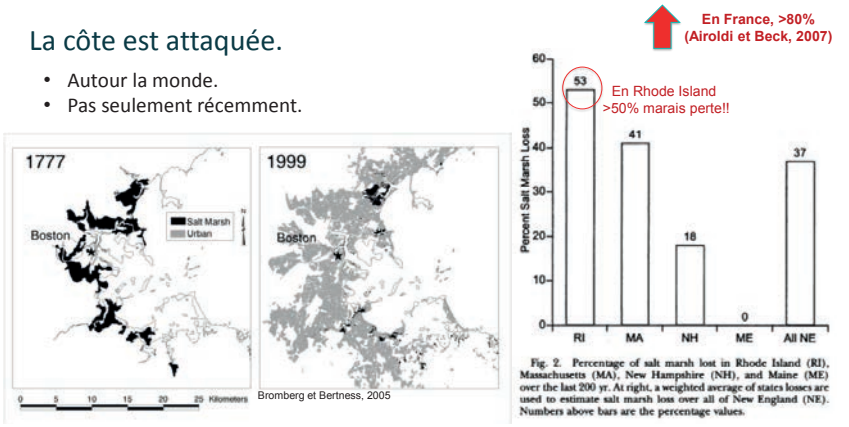
Sur le côté gauche de cette slide, ou diapo, vous pouvez regarder qu'autour de Boston, il y avait beaucoup de marais qui ont été perdus.

Sur le côté droit de cette diapo, vous pouvez regarder un graphe qui indique qu'en Rhodes Island où j'habite, plus que 50 % des marais ont été perdus. C'est un grand pourcentage. Mais je pense que c'est intéressant parce qu'en France ce pourcentage est plus grand : c'est 86 % dans cette publication et c'est vraiment impressionnant.

Vulnérable

Pourquoi le marais est vulnérable ? Il y a beaucoup de raisons que nous avons entendues ce matin. La montée des niveaux marins est la première raison. Mais aussi, l'érosion par la vague et les courants, et la pression anthropique. Par exemple l'urbanisation, l'euthrophisation et la pollution.

Diapo 02 > Remerciements



Diapo 05 > La côte est attaquée

Diapo 06 > Vulnérabilité

Utile

C'est un grand souci, parce que les marais protègent les côtes contre les inondations et les tempêtes. Ils stockent le carbone et les contaminants, et sont très importants pour l'écologie et la biodiversité. Et pour toutes ces raisons, ils ne sont pas seulement une zone d'écologie, mais aussi une zone très importante pour les activités économiques : la pêche, par exemple et la mariculture.

Les marais sont très importants

En quoi les marais sont très importants ?

Vous pouvez regarder une diapo qui démontre que les zones d'écologie dépendent de l'élévation. Mais je voudrais expliquer aujourd'hui que le marais évolue.

Cette évolution dépend de la segmentation spatiale, spatialement et aussi temporairement. Il y a deux choses auxquelles nous devons penser.

L'augmentation de marais

Il y a beaucoup de choses qui sont importantes pour l'augmentation du niveau du marais.

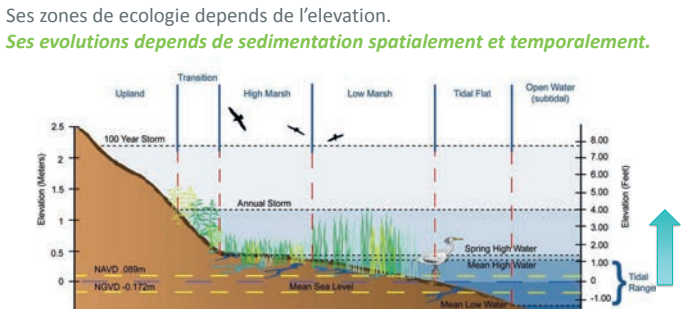
Ce graphe indique le processus : par exemple, le climat est très important, et pas seulement pour le niveau de la mer mais aussi pour le marais, la bio productivité, et la sédimentation.

C'est important que tout le monde comprenne que le processus le plus dominant est différent pour chaque système. Et chaque système peut changer, avec par exemple l'impact anthropogénique.

Une autre chose très importante, c'est la variabilité du niveau marin, pas seulement le niveau marin mais la marée peut également changer avec le changement de la géomorphologie de la côte.

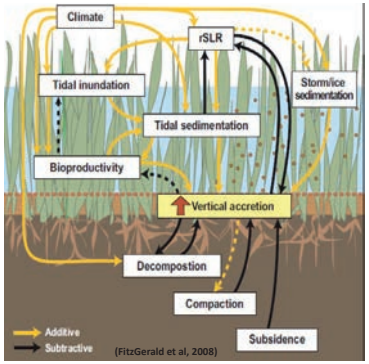
Donc il y a deux types de sédimentation que nous étudions, quand on étudie les marais : les sédiments organiques, et aussi les sédiments inorganiques ou minéraux.

Diapo 07 > Utilité



Diapo 08 > Les marais sont très importants

- Beaucoup de processus importants.
- Le plus dominant est different pour chaque système, et aussi, un système peux changer.
- Le variabilité de niveau marin
  - Le marée
  - L'augmentation relatif
- Sedimentation
  - Organique
  - Inorganique
- Decomposition



Diapo 09 > L'augmentation de marais

Les marais du Golfe du Méxique disparaissent, pourquoi ?

Cette carte montre la possibilité de perdre la terre du delta du Mississippi : pourquoi?

C'est parce que la montée du niveau marin est plus grande ici. Nous avons entendu ce matin, la montée du niveau marin est d'environ un centimètre par an, c'est vraiment grand. Et un autre problème, c'est que les sédiments sont limités, à cause de la pression anthropogénique.

Changement de débit de sédiment

Je vais vous le démontrer avec un autre graphe, ci-contre.

Sur le côté gauche, vous pouvez regarder le Mississippi dans le passé : il y avait un grand débit de sédiments. Mais aujourd'hui, parce qu'il y a beaucoup de barrages, le débit de sédiments a beaucoup diminué.

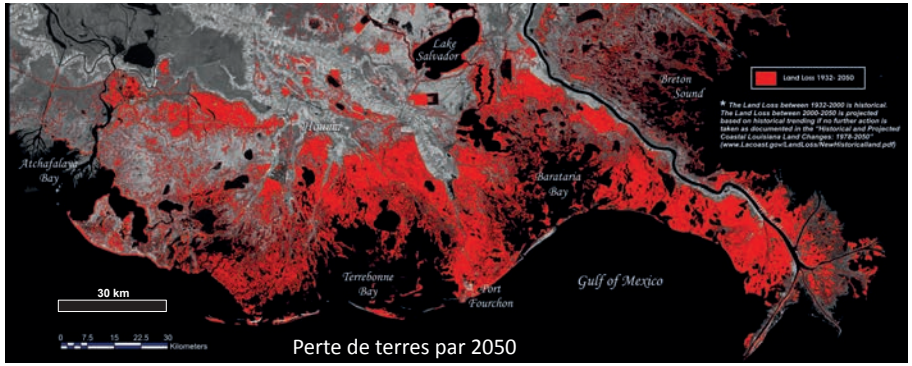
Un autre problème du delta, c'est qu'aujourd'hui il y a beaucoup de digues autour du delta, et les digues limitent les sédiments dans le marais. C'est la possible explication de perte des terres.

Marais du Golfe du Mexique : localement ils poussent

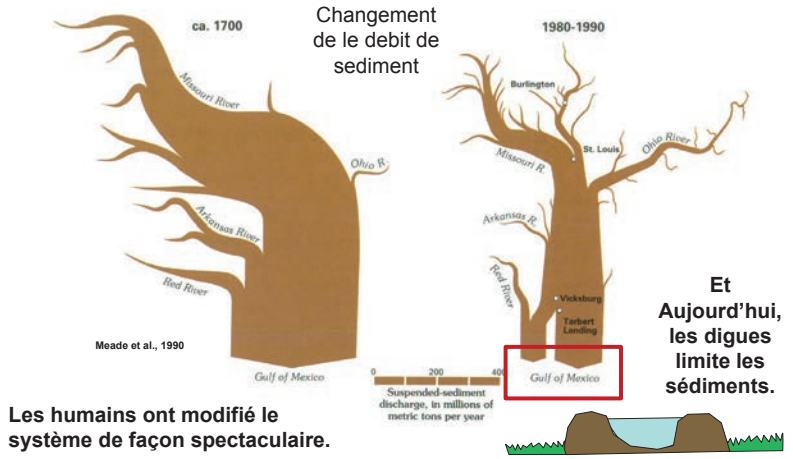
C'est intéressant ici, il y a aussi des possibilités de pousser le marais.

Dans le cadre jaune, vous pouvez voir une région du delta où une partie du fleuve a donné le sédiment dans la baie d'Atchfalaya. Et le delta s'avance dans la baie d'Atchfalaya. Donc, s'il y a le sédiment, c'est possible pour le marais de réussir avec exister.

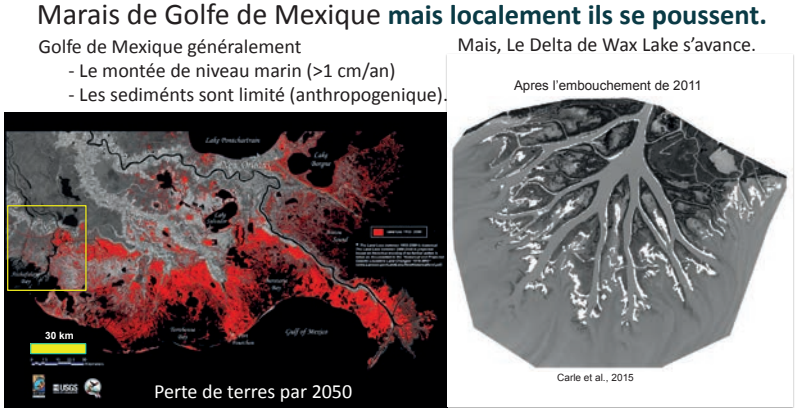
Voilà une autre image qui montre, après un embouchement en 2011, que le delta avance, encore, avec beaucoup de sédiments dans le système. Quand vous avez beaucoup de sédiments, le système peut se maintenir.



Diapo 10 > Les marais du Golfe du Mexique disparaissent, pourquoi?



Diapo 11 > Changement de débit de sédiment



Diapo 12 > Les marais du Golfe du Mexique disparaissent, pourquoi?

Exemple de l'Ile de Ré

Voilà un autre exemple français : nous sommes en France, et nous discutons de la situation ici.

Vous pouvez regarder que, sur la gauche, il y avait beaucoup de marais dans le passé, mais maintenant il y a beaucoup de digues ; et le marais ne sédimente plus, n'est pas vraiment naturel. Vous pouvez regarder les zones de changement ici.

Diapo 13 > L'exemple de l'Ile de Ré

II. LES MÉTHODES

Reide Corbett traduit par Wayne Crawford:

Les méthodes

Il va parler des méthodes générales qu'on utilise sur le terrain. Pour comprendre les sédimentations de ces systèmes, on collecte beaucoup les carottes dans le terrain. Ces carottes sont ramenées au laboratoire, tranchées, et puis analysées. Ces analyses comprennent les radionucléides, comme le carbone, et d'autres choses.

Pour mieux comprendre le système, il faut aussi faire les mesures des élévations pour comprendre les changements de contexte. Et donc complèter avec d'autres mesures, y compris le transport des sédiments, des tables d'élévation, etc.

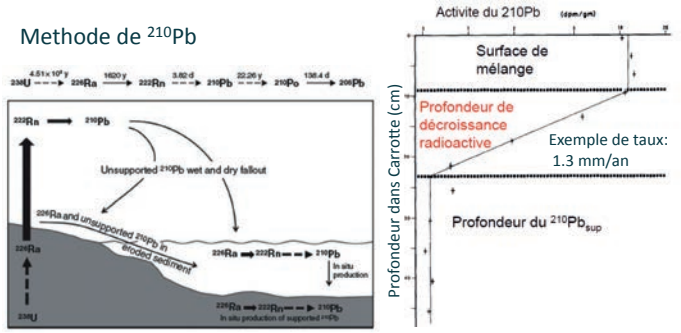
Diapo 14 > Les méthodes

Méthode de ^{210}PB

La méthode très commune, c'est d'utiliser les radionucléides dont le plomb 210. Le plomb 210 est introduit à travers l'atmosphère, et est présent partout. Il a une demi-durée de vie de 22 ans. On peut l'utiliser pour étudier les changements au niveau décennal.

Une fois que le plomb 210 est introduit dans le système, on peut regarder comment cela varie avec la profondeur, pour voir son changement avec le temps.

On voit typiquement une épaisseur de mélange, suivie par une épaisseur de décroissance radioactive qui donne le taux en-dessous du niveau basal. Dans un système parfait, ça représente des dépositions de matériel.



Diapo 13 > La méthode de ^{210}PB

^{137}CS et ^{210}PB

Un autre radionucléide qu'on utilise, c'est le cæsium 137 qu'ils utilisent avec le plomb 210. Ici, on voit un profil logarithmique de plomb et de cæsium, avec la profondeur.

Le cæsium 137 est produit par les bombes nucléaires et le pic d'introduction était en 1963. On voit donc ce pic à une certaine profondeur, ces profondeurs correspondent à l'année 1963.

Ensemble, ça donne deux estimations indépendantes du taux de sédimentation.

Loss on Ignition (LOI = perte au feu)

Une fois qu'on a compris l'âge avec la profondeur, on peut étudier d'autres choses comme la déposition de matières organiques. Une des méthodes des plus communes utilisées s'appelle « loss of ignition », qui veut dire la « perte au feu ».

C'est la combustion. On fait tomber dans un four, on met à 500 degrés et on voit combien de matière est perdue. Normalement, on a de moins en moins de carbone avec la profondeur, parce que ça commence à se décomposer avec le temps.

On peut aussi voir parfois des événements, par exemple le dépôt d'ouragan qu'on voit à droite, en gris.

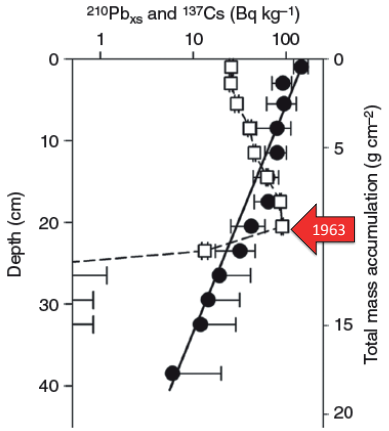
Comprendre la géomorphologie

En combinant les études de plomb 210, cæsium et carbone, on peut voir les impressions sur les séquestrations de carbone avec le temps. Une fois qu'on a ces informations sur les corps, on peut le mettre dans le contexte de l'écosystème ou d'un système, avec des études très précises de nivellement de niveau, en utilisant des GPS à haute précision.

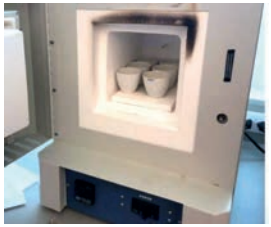
On peut aussi voir les changements de la côte, et l'emplacement de la côte avec le temps. Ici, on a une image, une érosion. 1974, c'était en rouge et puis ça recule jusqu'à la mesure 2016.

^{137}Cs et ^{210}Pb

- ^{137}Cs – produit par le bombe nuclear
- L' apogée est 1963
- Verification avec 2eme methode
- Idealement, ensemble avec ^{210}Pb

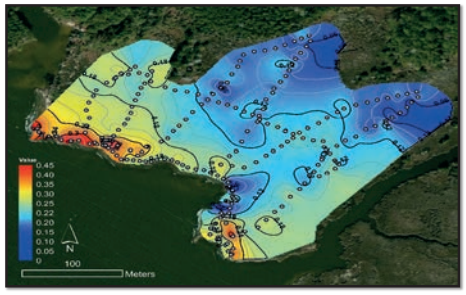


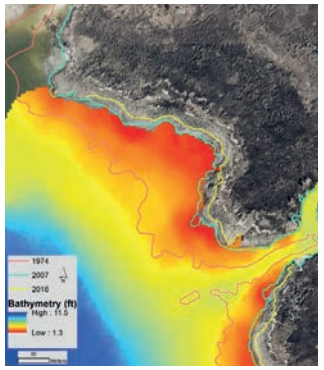
Diapo 16 > CS^{137} et PB^{210}



- Determiner le percentage de matériaux organique (pas exacte mais c'est facile)
- Normalement, variabilité avec profondeur (Carbone diminué), et avec événements.
- Determiner **le sequestration de carbone** avec le taux d'accumulation et le densité du sedimént.

Diapo 17 > Loss on Ignition (LOI = perte au feu)





Diapo 18 > Comprendre la géomorphologie

Études dans le sud-est des États-Unis

Il va commencer avec un exemple : des études faites en Caroline du Nord. C'est chez lui, dans les Outer Banks et trois mesures y ont été faites. C'est une côte en érosion et chaque point jaune correspond aux mesures 1, 2 et 3 (dans le sens gauche à droite)

La localisation, présentée ci-dessous - diapo 20.

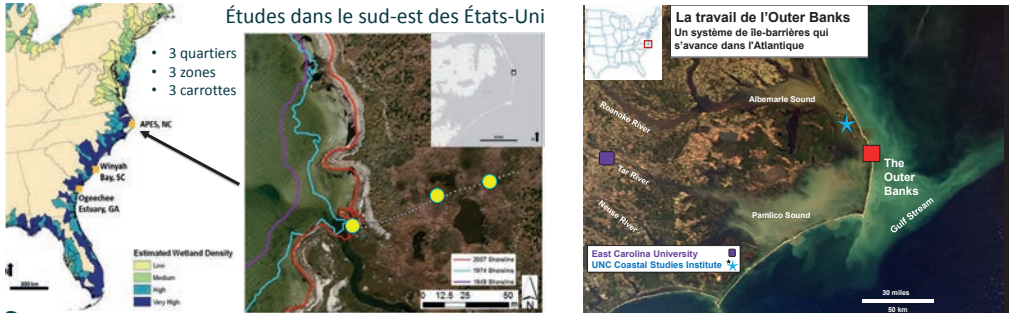
L'accumulation de sédiments de Pea Island

Voici des pelotes de cæsium et de plomb, avec la profondeur sur les trois sites pour regarder la vitesse de sédimentation (1, 2 et 3). Ces taux d'accumulation sont relativement petits, par rapport aux changements du niveau de la mer.

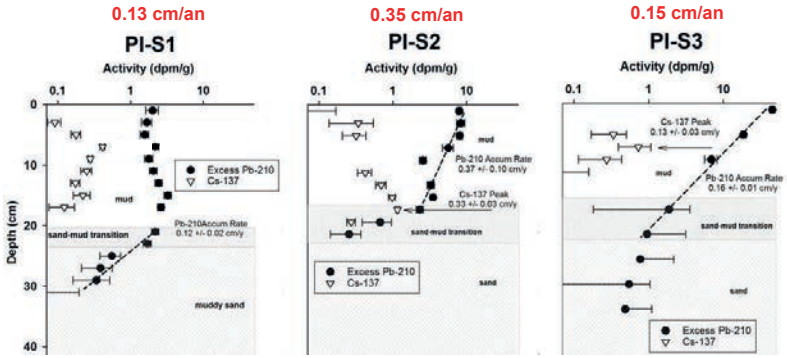
C'est le site deux, qui a le plus grand taux d'accumulation de sédiments.

Pea Island - Caroline du Nord

Voici (diapo 22) des pelotes de pertes de feu, de pourcentage de pertes de matériel, quand c'est brûlé, qui donnent des informations sur la quantité de carbone dans chacune de ces carottes. C'est une marée relativement jeune, parce qu'en-dessous des niveaux de boue, il y a du sable.



Diapo 19 et 20 > Études dans le sud-est des Etats-Unis



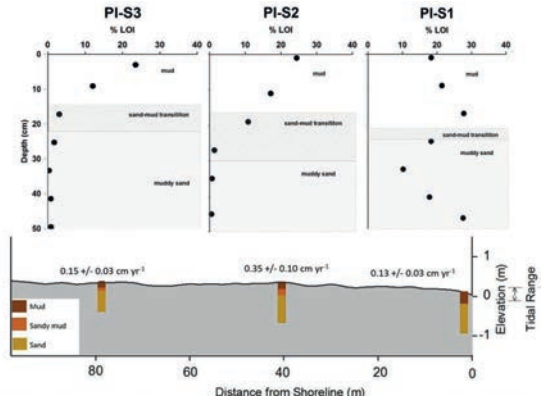
Diapo 21 > L'accumulation de sédiments de Pea Island

Pea Island – Caroline de Norde

20-30% LOI

Le montee de la niveau de le mer est 3-4 mm/ans

Les taux de sedimentation maintiennent les marais.



Diapo 22 > L'accumulation de sédiments de Pea Island

Les marais de Caroline du Nord

Il y a très peu de sédiments qui viennent des rivières et il y a très peu de transport par les marées. Dans ce cas particulier, c'est l'érosion de la côte, qui est un des éléments les plus importants. Il faut prendre le matériel à l'extérieur de la marche, pour mettre le matériel à l'intérieur de la marche.

Merci.

III. EXEMPLES DE RESULTATS EN FRANCE

Par John Patrick WALSH :

Maintenant, je vais expliquer le travail que nous avons fait en France.

Pertuis Charentais

Nous avons fait des recherches sur cinq sites. Vous pouvez voir la baie de l'Aiguillon, la baie du Fier d'Ars, la Charente, Brouage et la Seudre. Et dans les cinq sites, nous avons fait une ou deux carottes.

Exemples de résultats en France

À gauche, vous pouvez voir le même type de graphique, le plomb 210, avec la profondeur. Et avec l'activité diminuée, avec la profondeur, nous pouvons trouver un taux de sédimentation. Ici, le taux est de 1.5 cm par an.

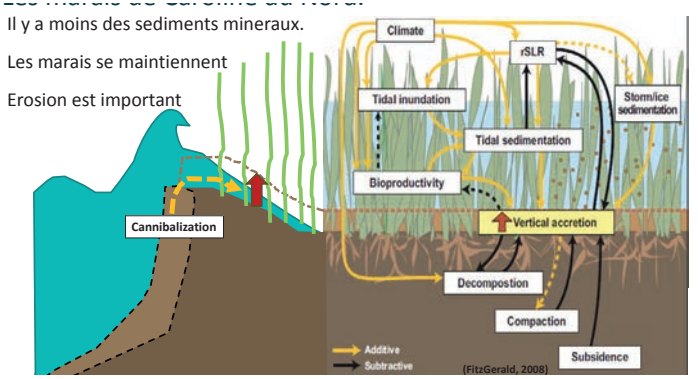
Mais dans le graphe 2, vous pouvez voir que l'activité est plus variable et donc nous n'avons pas pu trouver de taux de sédimentation.

Pour les carottes que nous avons faites dans la plupart des sites, le taux de sédimentation était entre 3 et 15 mm par an. Il y avait seulement deux sites, où les sédimentations étaient trop variables.

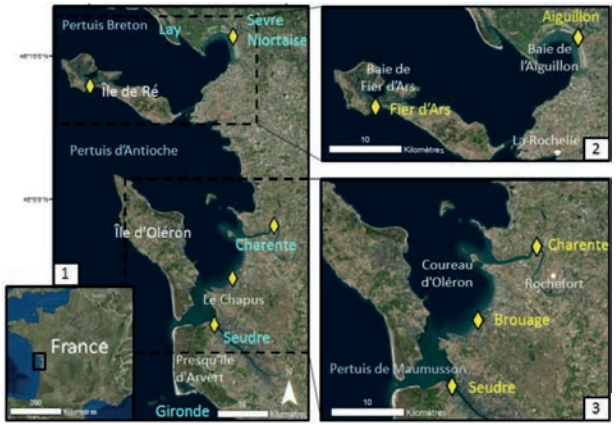
Voici une diapo (26) résumée où vous pouvez voir les modifications du trait de côtes, le taux d'accumulation sédimentaire et aussi la séquestration en carbone.

Et je voudrais juste démontrer ou indiquer ici, le Fier d'Ars et la baie de l'Aiguillon, vous pouvez voir que sur la côte, le changement est positif. Cela indique que la côte avance sur la baie, mais dans les autres sites, le changement de la côte est minime.

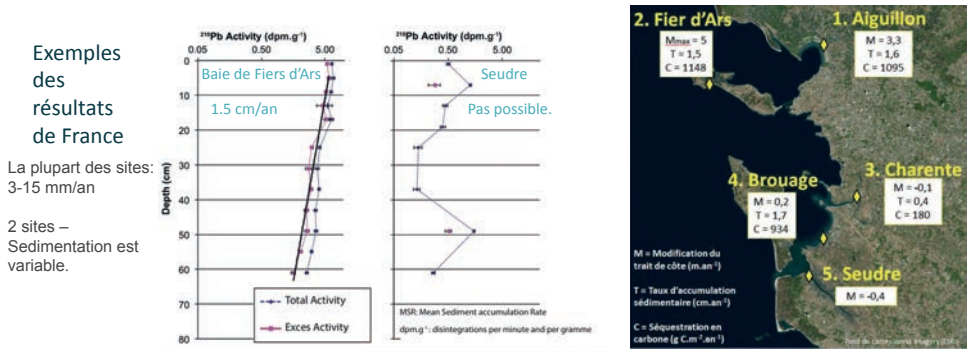
Aussi, vous voyez que le taux de sédimentation est important à Fier d'Ars, dans la Baie de l'Aiguillon et à Brouage mais dans la Charente et la Seudre, le taux de sédimentation est moins prononcé.



Diapo 23 > Les marais de Caroline de Nord



Diapo 24 > Pertuis charentais



Diapo 25 et 26 > Exemples de résultats en France

Exemple L'Aiguillon

Voici un exemple de données à la baie de l'Aiguillon.

Vous pouvez voir le trait de côte en 1950 et le trait de côte en 2014. Et sur l'image, vous pouvez voir que la côte avance, comme Éric a expliqué ce matin. Et la carotte que nous avons faite.

Nous avons pris deux carottes, mais nous avons fait des études juste sur une carotte et le taux de sédimentation était très important, 1.5 cm par an.

Et ce taux est très similaire à la moyenne de 2012 et entre 2012 et 2016, comme Éric l'a expliqué ce matin.

Exemple du Fier d'Ars

L'exemple de la baie du Fier d'Ars.

Ici, le changement du trait de côte est plus variable et vous pouvez également voir la progression de la côte. Nous avons fait une carotte, juste ici, le taux de sédimentation était de 1.5 cm par an.

Exemple de la Charente

Un autre exemple, il vient de la Charente.

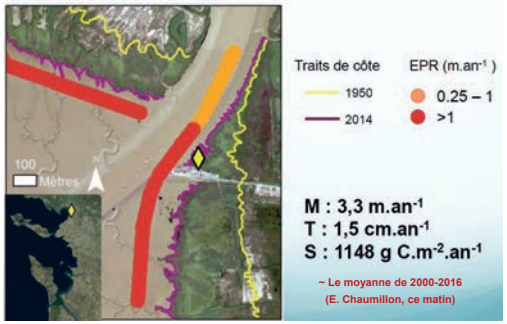
Ici, vous pouvez voir que le changement de la côte est minime, vraiment proche de zéro. Et le taux de sédimentation, ici, est de quelques millimètres par an.

Exemple de la Seudre - recolinisation par la végétation du marais

Un autre site ici, proche de l'embouchure de la Seudre. Vous pouvez voir les deux images du site et vous pouvez voir que le trait de côte a changé.

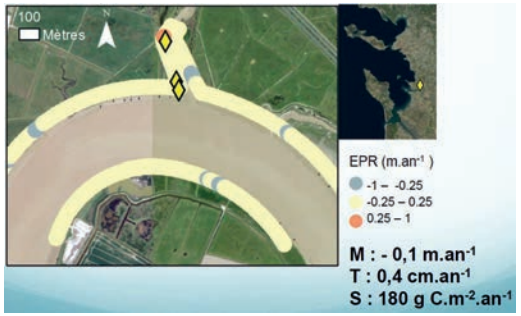
Dans le nord ou l'ouest, le marais avance, et dans le sud, la côte du marais recule. Mais j'ai déjà expliqué qu'ici, il n'était pas possible de déterminer de taux de sédimentation.

Exemple: Aiguillon

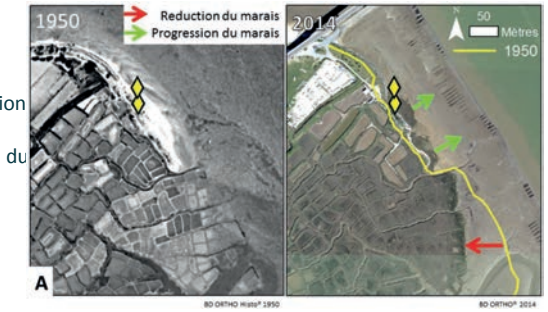


Exemple: Baie de Fier d'Ars

Exemple : Charente



Exemple Seudre de recolinisation par la végétation du marais



Diapo 27 à 30 > Exemples

Une situation de variabilité

Voilà un résumé des résultats. Simplement, il y a deux types de zones de sédimentation: l'accumulation, à la baie de l'Aiguillon, au Fier d'Ars et à Brouage, et la zone de transit / la zone de transport, l'embouchure de la Charente et de la Seudre.

Discussion

Juste un petit peu de discussion. Ce graphique indique la situation typique dans le marais (graphe orange), suivant l'élévation la plus importante pour la sédimentation. Le plus bas a le plus gros taux de sédimentation et le plus haut le moins de sédimentation.

En bleu, ce sont les données de notre étude en France et le taux de sédimentation pour les zones d'accumulation est de plus de 11 cm par an.

L'autre situation est en Caroline du Nord où nous n'avons pas beaucoup de sédimentation ici.

Prévision de la montée du niveau marin et de l'accrétion verticale des marais

Et enfin, je voudrais montrer un graphique qui indique le temps sur un axe horizontal et sur l'axe vertical l'augmentation verticale supposée, dont les lignes pointillées sont les projections de la montée du niveau de la mer .

Vous pouvez voir pour les trois sites «Brouage, L'Aiguillon et Fier d'Ars», que cette sédimentation est plus grande que les projections pour la montée du niveau des marais. Seule la Charente n'a pas beaucoup de sédimentations, mais je pense que c'est une situation avec élévation où nous avons pris la carotte. Donc, je pense que c'est vraiment une bonne nouvelle pour la récupération des marais ici.

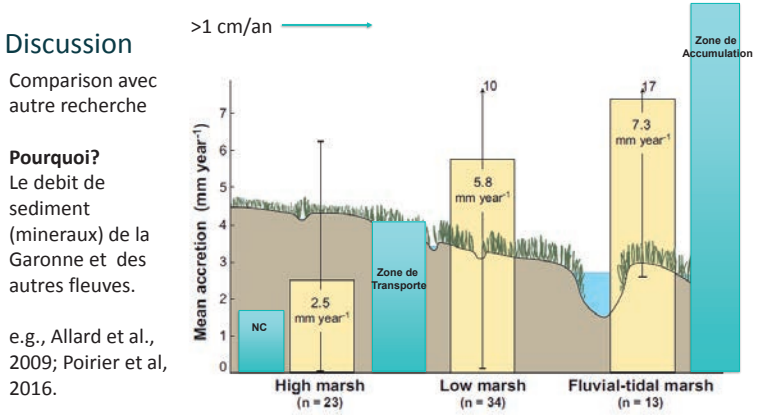
CONCLUSION

Il y a beaucoup de processus qui sont importants et il y a beaucoup de variabilité.Le taux de sédimentation des marais du Poitou-Charentes est élevé et aidera les marais avec l'augmentation du niveau de la mer.

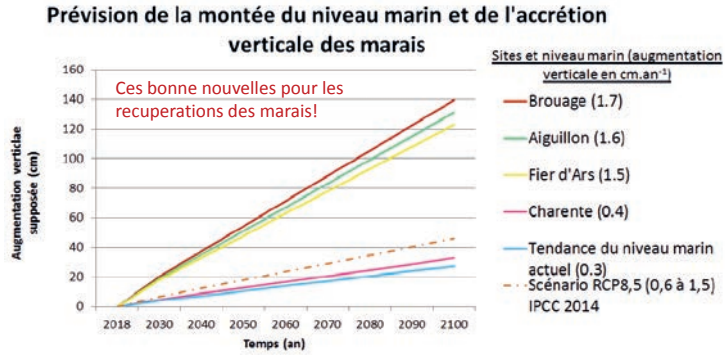
Le marais de Caroline du Nord sédimente assez bien grâce à l'érosion, mais l'avenir est en sursis.

Et finalement, l'écologie accumule un champ de carbone, particulièrement le blue carbone dans les deux régions qui est très important. Voilà, merci!

Diapo 31 > Une situation de variabilité



Diapo 32 > Discussion



Diapo 33 > Prévision de la montée du niveau marin et de l'accrétion verticale des marais

2.11 | Protection littorale basée sur la restauration de marais salés le long de littoraux

Stijn TEMMERMAN

University of Antwerp
Ecosystem Management
research group

Bonjour tout le monde. Mon nom est Stijn Temmermann, je suis professeur à l'université d'Anvers en Belgique et avant toute chose, je souhaite remercier les organisateurs de ce colloque de m'avoir invité. Et je voudrais m'excuser car je n'ai pas préparé ma présentation en français.

Je vais essayer de résumer les messages clés pour chaque diapo en français et peut-être que je changerai de temps en temps en anglais, mais mon collègue Jean-Philippe Belliard fera la traduction. Merci bien Jean-Philippe !

CONTEXTE : BEAUCOUP DE MARAIS LITTORAUX SONT ENDIGUÉS ET ASSÉCHÉS

Contexte

Le contexte de ma présentation est le suivant : beaucoup des marais littoraux sont endigués et asséchés en particulier en Europe. Et je commencerais avec l'exemple des Pays-Bas.

Diapo 03, c'est une image typique des Pays-Bas où il y a des vasières, des marais et des digues.

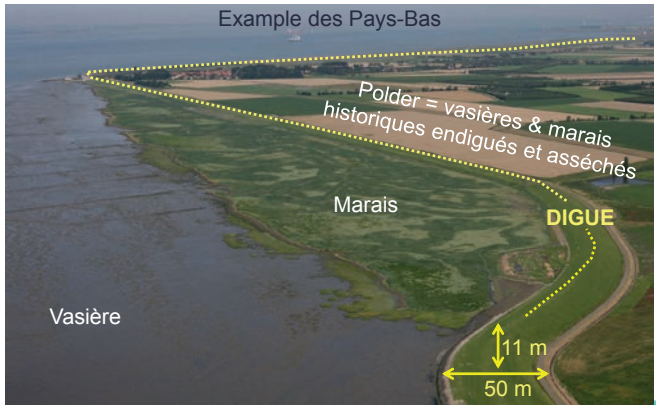
Les digues protègent le paysage contre les submersions et les paysages s'appellent des polders. Ce sont des vasières et marais historiques qui sont endigués et asséchés. C'est assez intéressant. « Polder » est un mot néerlandais et aussi « slikke » et «schorre», ce sont des mots néerlandais qui sont aussi utilisés en français. et correspondent à la situation de beaucoup d'endroits en Europe.

Par exemple, cette carte, ***diapo 04***, démontre en orange les marais historiques ayant été endigués et asséchés. Le Marais poitevin est ici et je vais donner des exemples de la Belgique et des Pays-Bas dans la diapo suivante.

Diapo 05, nous avons les plus grands marais littoraux en Europe et je vais donner deux messages clés.

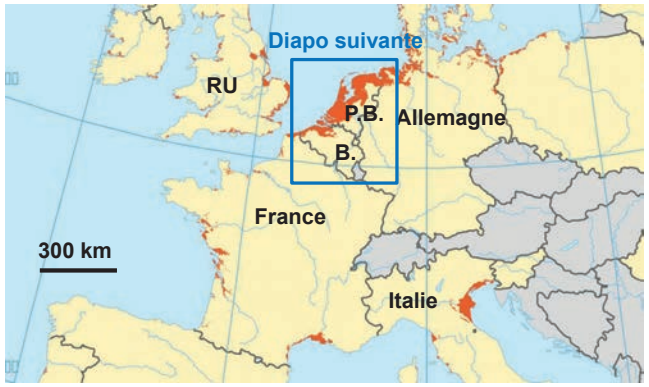
Le premier message est que la poldérisation historique a augmenté le risque de submersion. La construction des digues, c'est de la protection immédiate contre les submersions. C'est clair, mais dans une échelle de temps plus longue, cela augmente les risques de submersion.

Et le deuxième message clé est que la restauration des marais est une défense naturelle contre les submersions. Et les exemples viennent de l'estuaire de l'Escaut qui est situé ici et qui est montré dans la diapo suivante.



Diapo 03 > Exemple des Pays-Bas

E.g. Europe du Nord Ouest



Orange = marais historiques ayant été endigués et asséchés

Diapo 04 > Europe

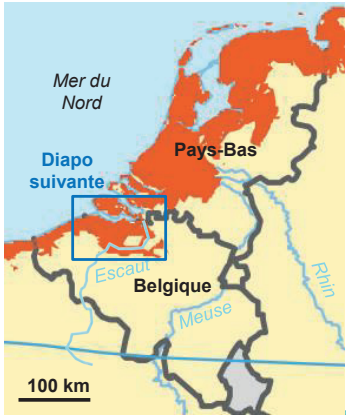
Exemples de la Belgique & des Pays-Bas

Les plus grand marais littoraux en Europe

MESSAGES CLÉS:

(1) Poldérisation historique a augmenté le risque de submersion

(2) Restauration des marais comme défense naturelle contre les submersions



Diapo 05 > Exemples de la Belgique et des Pays-Bas

I. LA POLDÉRISATION DES MARAIS HISTORIQUES AUGMENTENT LE RISQUE DE SUBMERSION

Le premier message clé : la poldérisation des marais historiques augmente le risque de submersion.

Diapo 07, c'est une carte de l'estuaire de l'Escaut. Actuellement, il y a environ 35 kilomètres carrés de marais restants. Le marais plus grand, c'est ici, c'est un des marais les plus grands d'Europe.

Mais si on regarde des cartes géologiques ***diapo 08***, on sait qu'il y a 1000 ans, il y avait environ 1000 kilomètres carrés de marais. Donc, la superficie des marais a diminué au cours des 1000 dernières années.

La ***diapo 09***, c'est un modèle numérique de terrain actuel à base de LIDAR.

Vous voyez l'estuaire et en marron le marais actuel, le plus grand marais. Et en vert, ce sont les marais endigués et asséchés, donc les polders et il y a des digues. Tout au long de l'histoire, on a construit des digues de plus en plus proche de l'estuaire.

Diapo 10, on peut voir les âges des polders, les années d'aménagement des marais.

Dans la ***diapo 11***, on peut voir un profil d'élévation le long d'un transect suivant l'âge des polders et alors, on peut voir que le paysage, c'est un paysage en terrasses.

Or, les polders s'affaissent avec l'âge et nous avons déjà vu une image comme ça pour la région du Marais poitevin.

Eric Chaumillon a déjà montré ce même type de profil ce matin, lors de sa présentation.

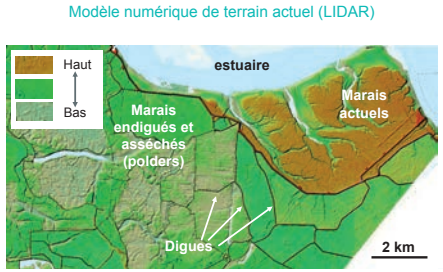
La raison pour laquelle le paysage est en terrasses, est que la poldérisation des marais stoppe le processus de sédimentation et le drainage, et cause une subsidence du sol.

Parfois, il y avait aussi des excavations des tourbières historiques dans cette région. Ce phénomène a diminué l'élévation du terrain et en plus, a augmenté la hauteur des marais et des surcotes de tempêtes.

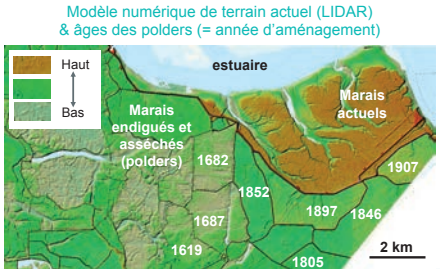
On peut voir la hauteur de pleine mer des marais actuels. Aujourd'hui la différence entre la hauteur de pleine mer des marais et l'élévation du terrain est presque de 3 mètres.

Cela pose des risques énormes. Quand cette digue est détruite pendant une tempête, il y a de grands risques d'inondation, sachant que beaucoup de gens habitent sur ce terrain très bas.

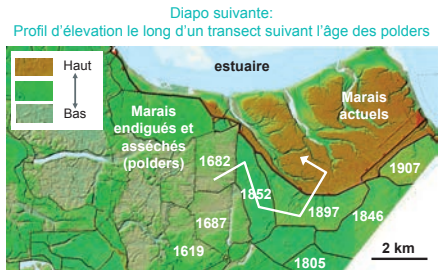
Diapo 07 et 08 >



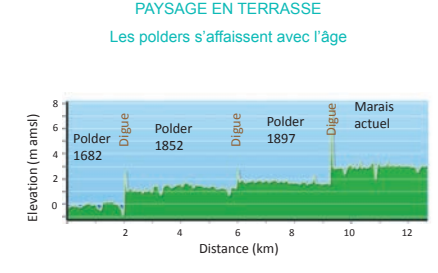
Diapo 09



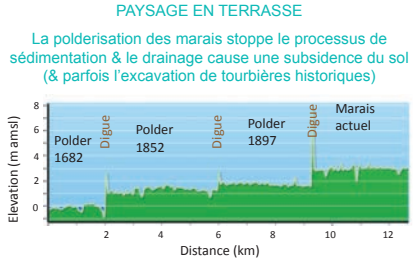
Diapo 10



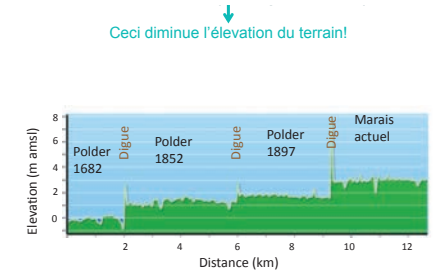
Diapo 11



Diapo 12



Diapo 13



Diapo 14

Diapo 09 à 14 >

La poldérisation historique a aussi augmenté la hauteur des marais et surcôtes de tempêtes. C'est illustré dans ce graphique ***diapo 15***.

Diapo 16, ce sont des résultats modélisés par Van der Spek and al. où ils ont modelisé les conséquences de la transformation des marais en polders, ce qui augmente fortement la hauteur à marée haute et a aussi pour conséquence une diminution progressive de la hauteur à marée basse.

Et c'est à cause de la réduction des ondes de rétention d'eau.

Cela pose des risques énormes comme le montre la ***diapo 18 :*** c'est une image des inondations de 1953 pendant une marée de tempête qui a fait plus de 1800 morts.

II. LA RESTAURATION DES MARAIS PEUT CONSTITUER UN SYSTÈME DE DÉFENSE NATURELLE CONTRE LES SUBMERSIONS

Alors, que peut-on faire pour éviter ces inondations?

On peut élever les digues. C'est la première solution.

Mais en Belgique, on a aussi choisi de restaurer des marais parce qu'ils constituent un système de défense naturelle contre les submersions.

Diapo 20, c'est la carte de l'estuaire de l'Escaut actuellement et ***diapo 21*** la situation d'ici 2030. Le projet est de transformer 40 kilomètres carrés, et de créer des zones tampons et des marais dans des polders.

Diapo 22, vous est présenté le SIGMAPLAN en Belgique, en Flandre.

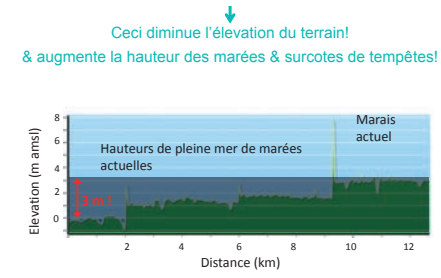
Nous sommes en train de réaliser ce projet, qui a commencé avec un projet pilote, ici à Lippenbroek, en 2006.

C'est un petit polder, et le système marche ainsi : on va construire une nouvelle digue devant la digue ancienne qui est le long de l'estuaire, et l'élévation des digues est moindre.

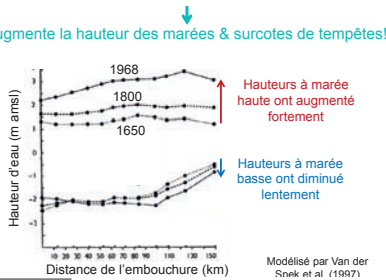
Donc pendant de fortes tempêtes, quand la hauteur de l'eau est très élevée dans l'estuaire, l'eau peut couler au-dessus de l'ancienne digue. Et on a un réservoir pour stocker l'eau (entre les 2 digues). C'est un projet pilote.

Nous avons réalisé plus de sept réservoirs, comme sur la ***diapo 23***, où le réservoir est un peu plus grand.

Et le projet le plus grand est le projet ci-contre ***diapo 24*** : c'est un projet combiné en territoires néerlandais et flamands.



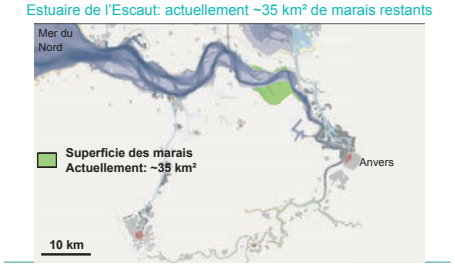
Diapo 15



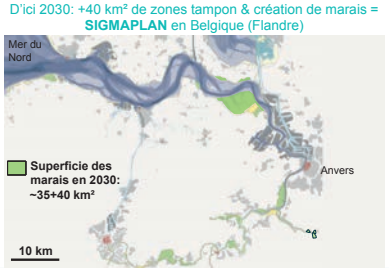
Diapo 16

Diapo 17

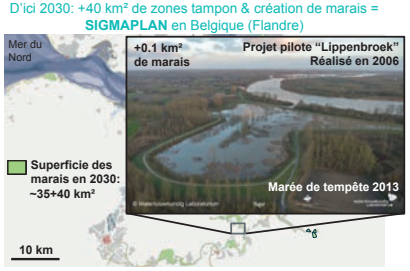
Diapo 18



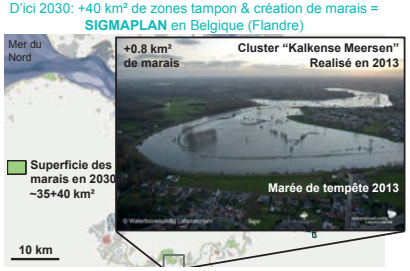
Diapo 20



Diapo 21



Diapo 22



Diapo 23

Ici on va construire un marais de six kilomètres carrés. On peut voir qu'on est en train de construire une nouvelle digue, puis on va faire des brèches dans la digue. Et alors, le polder va se développer en marais.

Diapo 25, c'est un résultat de simulation d'une marée de tempête centennale. On peut voir qu'il y a une diminution de la hauteur d'eau de 60 à 80 centimètres par la présence des marais.

Et cela est réalisé le long de l'estuaire : on voit la distance le long de l'estuaire, la distance de l'embouchure, et la hauteur d'eau ; et, ici, c'est la situation présente.

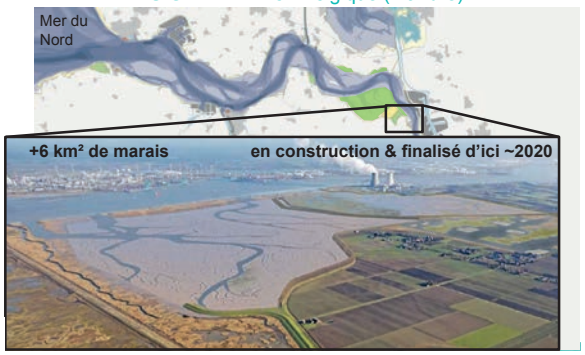
En vert, c'est la situation après la restauration des marais, d'ici 2030. On peut réaliser une diminution du niveau de l'eau de 60 à 80 centimètres sur environ 80 kilomètres le long de l'estuaire.

Un deuxième fait : les marais restaurés accumulent les sédiments, en équilibre avec la hausse du niveau marin. Sur la ***diapo 26***, la ligne en grise représente le niveau à marée haute, l'évolution pendant les décennies passées.

En lignes noires, c'est le niveau du marais : le niveau du marais a augmenté à un taux plus rapide que l'augmentation du niveau de la mer à marée haute.

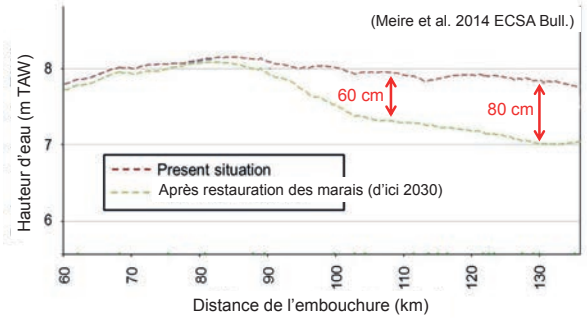
Le taux de sédimentation du marais est plus élevé que la hausse du niveau marin.

D'ici 2030: +40 km² de zones tampon & création de marais = **SIGMAPLAN** en Belgique (Flandre)



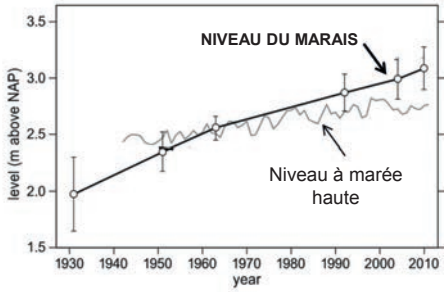
Diapo 24 > Projet SIGMAPLAN

Simulation d'une marée de tempête centennale: diminution de la hauteur d'eau de 60 à 80 cm par la présence des marais



Diapo 25 > Simulation d'une marée de tempête centennale

Les marais accumulent les sédiments
en équilibre avec la hausse du niveau marin



(Elschot et al. 2017 PlosOne)

Diapo 26 > Les marais accumulent les sédiments

III. CRÉER UNE RUPTURE DE DIGUE ≠ CRÉATION D'UN MARAIS GARANTIE : LIMITATIONS GÉOMORPHOLOGIQUES & COMMENT LES SURMONTER

Comment créer des marées dans des polders ?

Un troisième message clé est : comment peut- on créer des marées dans des polders ? Créer une rupture de digue ne suffit pas pour créer des marées et ce n'est pas la même chose que la création de marais.

Il y a des limitations géomorphologiques, et je vais montrer comment on peut les surmonter.

Cette présentation, ***diapo 28***, est basée sur le travail de Lotte Oosterlee, pour sa thèse doctorale. Elle a comparé deux sites où on a changé le polder en marais.

Sur cette photo, c'est un site où il y a une sédimentation très rapide, et où aucun marais ne s'est développé six ans après les débuts du projet. Six ans après avoir rompu la digue, vous voyez qu'il y a seulement ce fort taux de sédimentation, mais il n'y a pas de présence de végétation.

Elle a comparé avec un autre site, où il y a un développement très rapide du marais. A droite c'est une image juste après la réintroduction des marées, ***diapo 29*** et l'image ***diapo 30***, c'est après deux ans où on peut voir que la végétation typique du marais s'est développée très rapidement.

Donc, quelle est la différence entre les deux systèmes ?

A gauche, c'est une brèche simple dans la digue, afin de réaliser un flux de marée maximum.

A droite, on a un Smart Cover - je n'ai pas réussi à trouver le mot - je crois que c'est une buse en français. Le flux de marée s'est réduit et contrôlé. C'est illustré par l'image de droite ci-dessous.

Diapo 28 > Thèse doctorale de Lotte Oosterlee : Comparaison de 2 sites

Diapo 29 à 31 > Comparaison de 2 sites

Ici, ***diapo 32 et 33***, c'est un projet très grand : 300 hectares de polders qui sont transformés en marais. On a construit une écluse qui réalise un échange réduit. Pendant la marée haute, de l'eau coule dans le polder, mais c'est un flux de marée réduit. Et pendant la marée basse, l'eau peut couler vers l'estuaire.

Alors ici - ***diapos non disponibles à la diffusion*** - on montre les fluctuations de la hauteur d'eau pour les deux systèmes. Pour le système brèche simple, c'est indiqué avec des courbes rouges qui montrent la fluctuation des marées.

Et ici, c'est la distribution d'élévation des marées qui existe dans l'estuaire, et ici la distribution de l'élévation du polder. Les polders sont situés plus bas que les marées. C'est pour ça que l'hydropériode et la fréquence d'inondations sont trop élevées, ce qui explique qu'il n'y ait pas d'établissement de marais après six ans.

Pour réaliser des marais dans des polders très bas, on a à faire à des écluses qui réalisent un flux de marée réduit. C'est indiqué avec la courbe noire. Et on peut voir maintenant, que l'hydropériode et la fréquence d'inondation adaptée est comparable dans le polder, et dans des marais naturels, dans l'estuaire.

Ensuite, on a essayé de développer un marais très rapidement dans le polder, en un ou deux ans.

Ce graphe, ici, montre les différences entre les taux de sédimentation. Il y a des taux de sédimentation très élevés, presque d'un mètre par an, dans le système de flux de marée maximum. Bien sûr, dans le système avec le flux de marée réduit, les taux de sédimentation sont plus bas : il est de quelques centimètres par an.

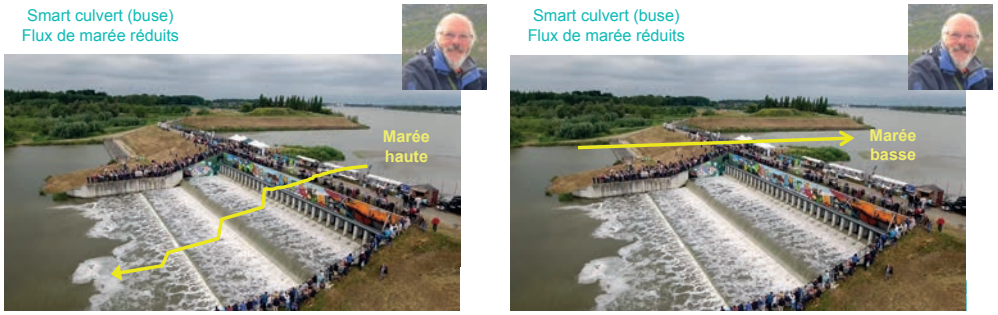
La concentration des sédiments en suspension.C'est entre 50 et 150 milligrammes par litre. Ce n'est pas très élevé, mais les taux de sédimentation sont très élevés. Ça peut aussi limiter le drainage du sédiment, et limiter le développement du marais.

Finalement, je veux vous montrer des résultats du plus grand projet de restauration de marais qui est en train de se réaliser, ***diapo 34.*** Il n'est pas encore réalisé, c'est prévu pour 2020.

Une question très importante : à quelle vitesse le développement de marais aura-t-il lieu ?

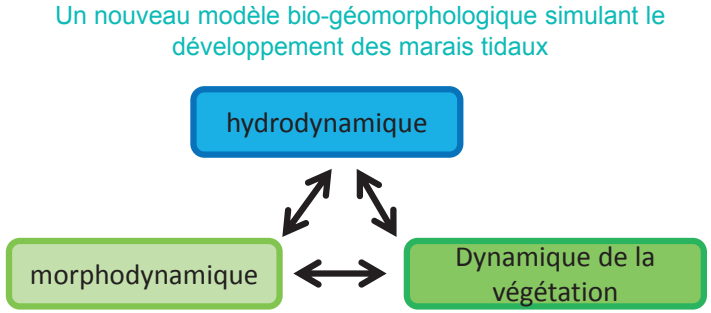
Pour ça, nous avons développé un nouveau modèle biogéomorphologique ***diapo 35***, simulant le développement des marais tidaux. Ce n'est pas seulement un modèle qui inclut les processus hydrodynamiques et morphodynamiques, mais des processus dynamiques de la végétation.

C'est une simulation du polder - ***diapos non disponibles à la diffusion*** - , l'estuaire est ici. Ici c'est une nouvelle digue. Ici c'est l'ancienne digue qui est bréchée. La simulation montre l'évolution du paysage : l'évolution bathymétrique et l'évolution de la végétation.



Diapo 32 à 33 > Flux de marée réduits

Diapo 34 > Flux de marée réduits



Diapo 35 > Un nouveau modèle bio-géomorphologique

Je veux vous le montrer, parce que c'est une illustration qui démontre que ces projets sont très efficaces pour augmenter la hauteur du sol, en équilibre avec la hausse du niveau marin.

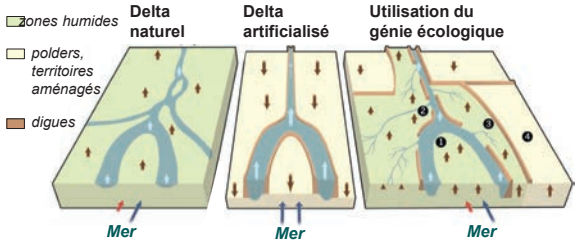
MESSAGES CLÉS

Un résumé des messages clés avec ces schémas.

La poldérisation des marais historiques entraîne un effet pervers, des submersions, et on peut développer des défenses naturelles comme argument pour surmonter la résistance sociétale contre l'extension terrestre des marais.

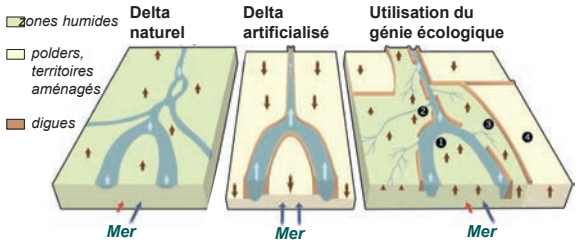
Cependant créer une brèche sur une digue n'est pas une garantie pour la création de marais. Il y a des limitations écogéomorphologiques, mais il y a aussi des raisons de surmonter ces limitations. Merci.

(1) La poldérisation des marais historiques entraine un effet pervers des submersions



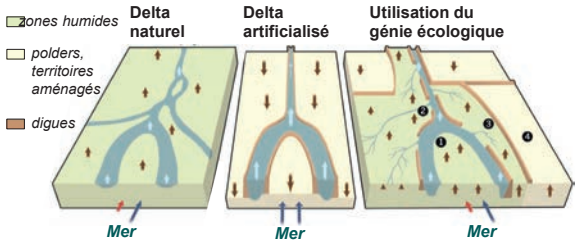
Temmerman & Kirwan (2015) ***Science***

(2) Défenses naturelles comme argument pour surmonter la résistance sociétale contre l'extension terrestre des marais



Temmerman & Kirwan (2015) ***Science***

(3) Créer une brèche sur une digue ne guarantie pas nécessairement la création de marais : limitations eco-geomorphologiques & comment les surmonter



Temmerman & Kirwan (2015) ***Science***

Diapo 37 à 39 > Messages clés

2.12 | La dépoldérisation dans les marais d'Europe occidentale et de France : quelles entraves sociales et quelles solutions?

Lydie GIANELLA GOELDNER

Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne,
Laboratoire de Géographie Physique (LGP)

Merci à vous. Merci de m'avoir invitée pour vous parler effectivement de dépoldérisation de façon assez générale en Europe, et je centrerai également mon propos sur la France. J'ai légèrement modifié le titre de mon exposé au regard de ce qui est écrit dans le programme parce qu'effectivement, après avoir exposé ce qu'est en général la dépoldérisation, j'aimerais surtout vous parler des entraves à ce processus en vous montrant que les plus importantes d'entre elles sont d'ordre social, en essayant de réfléchir justement à quelques solutions permettant de les surmonter.

I. DÉPOLDÉRISATION ET RESTAURATION DES MARAIS MARITIMES EN EUROPE OCCIDENTALE

Dépoldériser ?

Je vais commencer par une définition de la dépoldérisation et quelques explications techniques. Mes collègues précédents vous ont expliqué que ça signifiait « faire revenir la mer dans une terre qui était autrefois endiguée ».

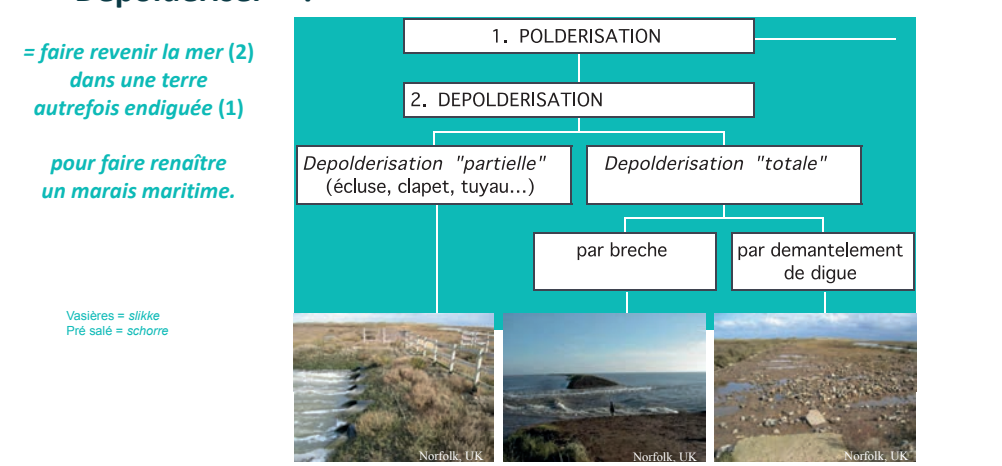
Effectivement, il y a d'abord une première étape de poldérisation avant qu'on ne dépoldérise et donc, on dépoldérise aujourd'hui pour faire renaître un marais maritime constitué de vasières et de prés-salés, qu'on appelle aussi schorres, mais mes collègues vous ont déjà tout expliqué.

Cette dépoldérisation peut bien sûr être accidentelle lorsque des brèches se produisent dans les digues durant des tempêtes, mais je vais aujourd'hui vous parler essentiellement de dépoldérisation voulue, volontaire, programmée. Et dans le cas de ces dépoldérisations volontaires, la mer peut revenir dans les polders de trois façons qui sont plus ou moins franches et plus ou moins contrôlées.

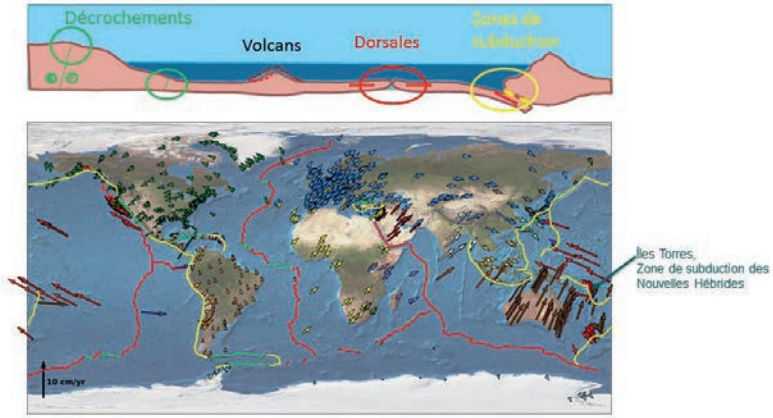
Sur la diapo 03, à gauche, vous avez l'exemple où le retour de la mer est limité et contrôlé parce qu'elle rentre dans les polders au moyen de buses, de clapets, d'écluses, installés dans le corps de la digue dont on en a vu différents exemples tout à l'heure. Il faut bien comprendre que la digue est maintenue. Pour ma part, j'appelle cela une dépoldérisation partielle.

Et au milieu et à droite du schéma, on voit que le retour de la mer peut être beaucoup plus franc donc beaucoup moins bien contrôlé par l'homme, quand la mer revient à travers des brèches qui sont créées dans la digue ou lorsqu'on ôte ou démantèle complètement ces digues. J'appelle cela de la dépoldérisation totale.

Au Royaume-Uni, on emploie pour désigner ce phénomène, le terme de « managed realignment » et vous voyez sur le graphique diapo 04, qu'il y a un vocabulaire assez spécifique et assez varié qui est utilisé d'un type de dépoldérisation à l'autre. On y reviendra tout à l'heure, c'est important dans ce pays.



Diapo 03 > Dépoldériser



Diapo 04 > « Managed realignment ? »

Cette forme de gestion du littoral est pour l'instant encore peu étudiée par les chercheurs en particulier en sciences humaines et sociales. J'ai toutefois trouvé un ouvrage général dirigé par une collègue britannique, Lusicaina S.Esteves, qui est paru en 2014, qui évoque les États-Unis, mais surtout cinq pays d'Europe de l'Ouest dont en particulier le Royaume-Uni. Et à cela s'ajoutent les travaux que j'ai menés, pour ma part, dans quatre pays d'Europe de l'Ouest, les mêmes que précédemment, que j'ai publiés en 2013.

Avec ces deux ouvrages assez généraux, on a une information assez complémentaire et assez complète sur la dépoldérisation en Europe, mais il est certain que ce n'est absolument pas exhaustif parce qu'évidemment ni L.S.Esteves ni moi-même ne connaissons toutes les zones dépoldérisées qui peuvent être parfois très petites.

Je vais aussi parler à plusieurs reprises dans cet exposé d'un programme de recherche, Barcasub, que j'ai dirigé avec un collègue pendant plusieurs années dans le bassin d'Arcachon où nous avons mené des recherches portant à la fois sur la submersion marine, la dépoldérisation et la restauration des marais maritimes.

Progression régulière de la dépoldérisation en Europe

Si on combine les données qui sont issues des deux ouvrages, on constate une progression régulière de la dépoldérisation en Europe.

En 2014, par exemple, on en est arrivé à environ une centaine de sites, de polders rendus à la mer en Europe, en tout cas dans les quatre pays qui sont mentionnés ici sur le graphique (diapo 06). Ce sont souvent des petites superficies, donc ça nous donnait un total de 90 km² de polders en 2014, total qui pourrait être arrivé à 120 km² en 2018 d'après d'autres sources.

Le processus a donc pris un certain essor en Europe, mais vous voyez qu'en terme surfacique, c'est très, très faible. J'ai estimé que ça représentait moins de 1 % des terres qui avaient été poldérisées depuis le XIe siècle.

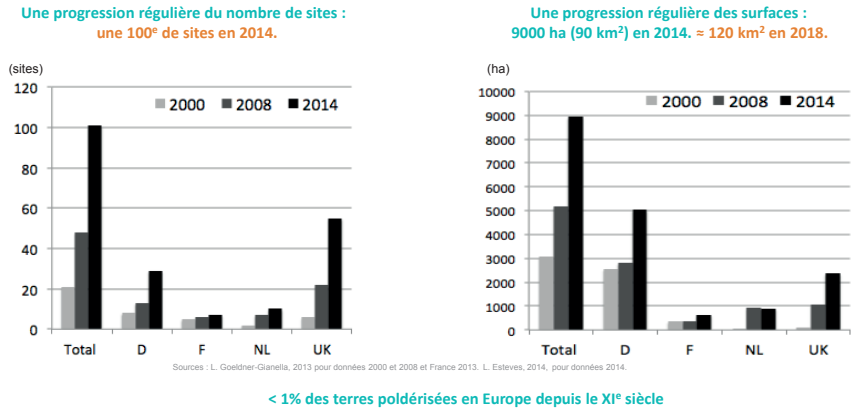
Grande diversité de situations en Europe

C'est une forme de gestion du littoral qui existe, qui commence à se répandre, mais qui est encore finalement très, très peu répandue.

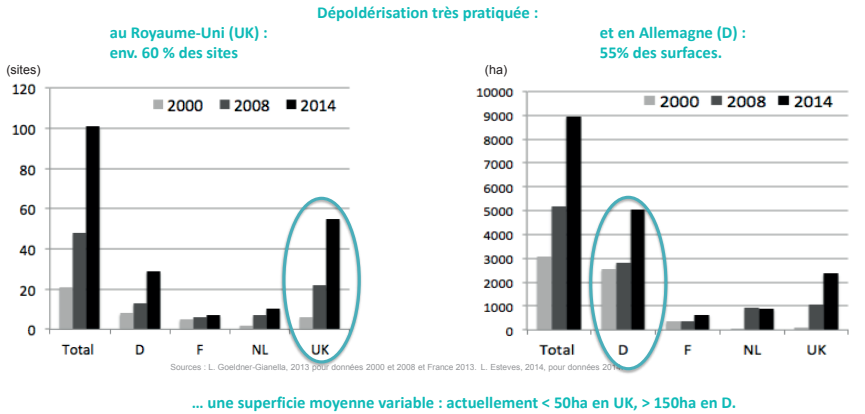
Cette forme de gestion du littoral a été particulièrement mise en œuvre au Royaume-Uni. On peut voir grâce à ces données (diapo 07) que le Royaume-Uni totalise 60 % des sites rendus à la mer actuellement, enfin, en 2014.

L'Allemagne aussi est un pays qui dépoldérise beaucoup puisqu'elle représente 55 % des surfaces qui ont été rendues à la mer à la date de 2014.

Diapo 05 > Une forme de gestion du littoral peu étudiée par les chercheurs



Diapo 06 > Progression régulière de la dépoldérisation en Europe



Diapo 07 > Progression régulière de la dépoldérisation en Europe

Très faible essor de la dépoldérisation en France

Et la France, dans cet ensemble, constitue un cas à part puisqu'on voit diapo 08 que nous y participons de façon très mesurée, avec moins d'une dizaine de sites volontairement dépoldérisés et une faible progression des surfaces depuis 2000 si vous regardez le graphique.

Localisation, dates, surfaces et types de dépoldérisations

Je vous propose également une carte de la dépoldérisation qui a été réalisée en 2012 et que je n'ai pas eu la possibilité de réactualiser.

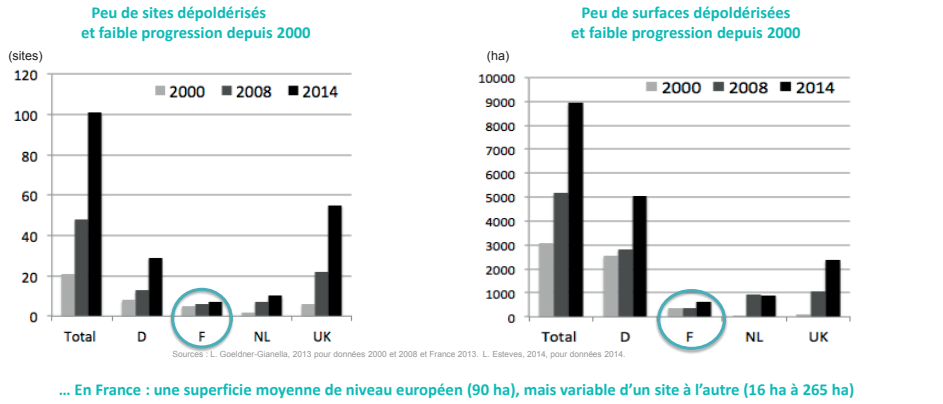
Cette carte montre différentes choses :

- tout d'abord que les dépoldérisations ont commencé entre les années 70 et 90 en Europe occidentale

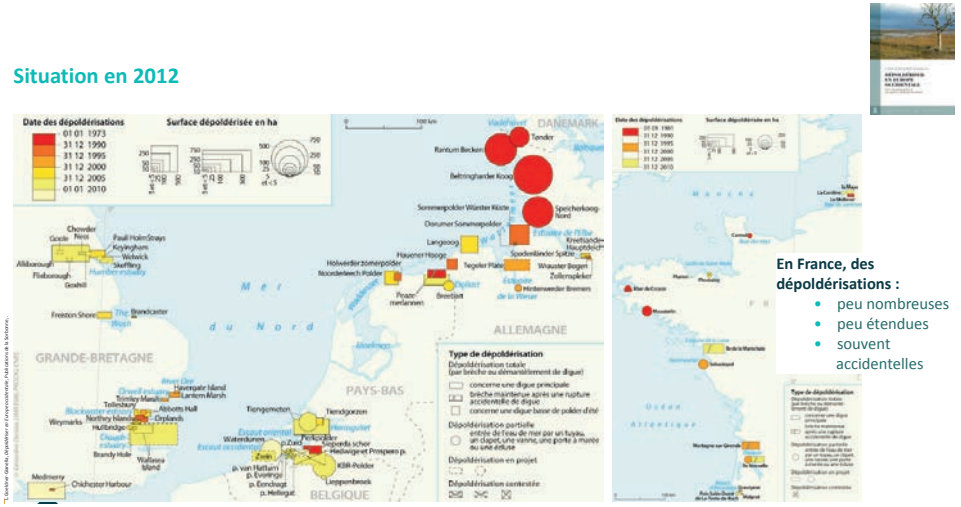
- qu'elles ont été très pratiquées en Allemagne sur de très grandes surfaces. C'est ce que montre la taille des figures et vous voyez que ce sont surtout des cercles qu'on a en Allemagne, ce qui signifie que c'est un pays où on a surtout mis en œuvre des dépoldérisations partielles.

- qu'en Grande-Bretagne, au contraire, même si le phénomène est très avancé aussi, on a surtout mis en œuvre des dépoldérisations totales, essentiellement par brèches.

- et que la France présente une situation assez contrastée sur tous ces plans, qu'il s'agisse de dates, de surfaces ou de types de dépolarisations. On a un petit peu tout essayé, mais de façon très mesurée. Et ce qu'il faut surtout retenir pour la France, c'est que bien souvent, ce sont en réalité des dépolarisations accidentelles qu'on a choisi de conserver.



Diapo 08 > Très faible essor de la dépoldérisation en France



Diapo 09 > Localisation, dates, surfaces et types de dépoldérisations

Pourquoi dépoldériser ? Une multitude d'objectifs...

Alors, pourquoi dépoldérise-t-on aujourd'hui en Europe ? Dans l'étude que j'ai faite, j'ai constaté qu'on mettait en place cette nouvelle forme de gestion du littoral pour des raisons très différentes qui s'enchevêtraient de plus en plus au fil du temps. On peut en retenir quatre principales.

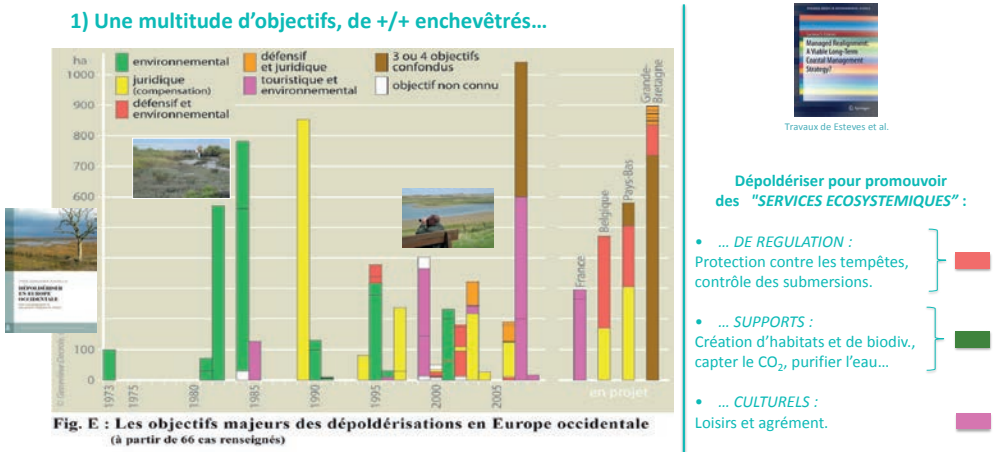
1) La première est purement environnementale, c'est-à-dire qu'on va vouloir faire renaître un marais maritime soit pour restaurer l'écosystème de marais maritimes qu'on avait justement fait disparaître par la poldérisation, soit on va vouloir le faire pour augmenter localement la biodiversité. Donc, ces cas de figure sont en vert sur le graphique puis, au fil du temps, en rouge et en violet.

2) Une deuxième raison peut être juridique, c'est-à-dire qu'on va devoir appliquer une politique compensatoire qui vise à recréer des marais maritimes si on les détruit par ailleurs - par exemple dans le cas d'aménagements portuaires. Ça arrive encore très fréquemment. C'est de la dépolitisation compensatoire. Elle est en jaune sur le graphique puis évolue en orange.

3) Dans certains endroits, on a également des raisons touristiques à cette nouvelle forme d'aménagement, c'est-à-dire qu'on veut recréer des espaces naturels attractifs pour la promenade, la sensibilisation à la nature, la contemplation.

4) Et enfin, une raison très importante sur laquelle je vais m'étendre, c'est qu'on dépoldérise pour des raisons défensives. Ce la correspond au rouge et au orange sur le graphique, puis en marron parce qu'au fil du temps, c'est tout un ensemble de raisons qui s'additionnent. C'est le cas surtout dans les projets toujours à l'œuvre, et on a vu qu'ils étaient très importants par exemple en Belgique.

Souvent, il y a trois à quatre raisons qui expliquent localement un projet de dépoldérisation. L.S.Esteves, dont j'ai attentivement lu les travaux, présente les raisons de la dépoldérisation en les associant aux services écosystémiques qu'on cherche à recréer en dépoldérisant. Elle évoque des services de régulation, des services support, des services culturels et vous voyez que ça correspond à ce que je vous ai dit auparavant en parlant d'objectifs défensifs, environnementaux ou touristiques.

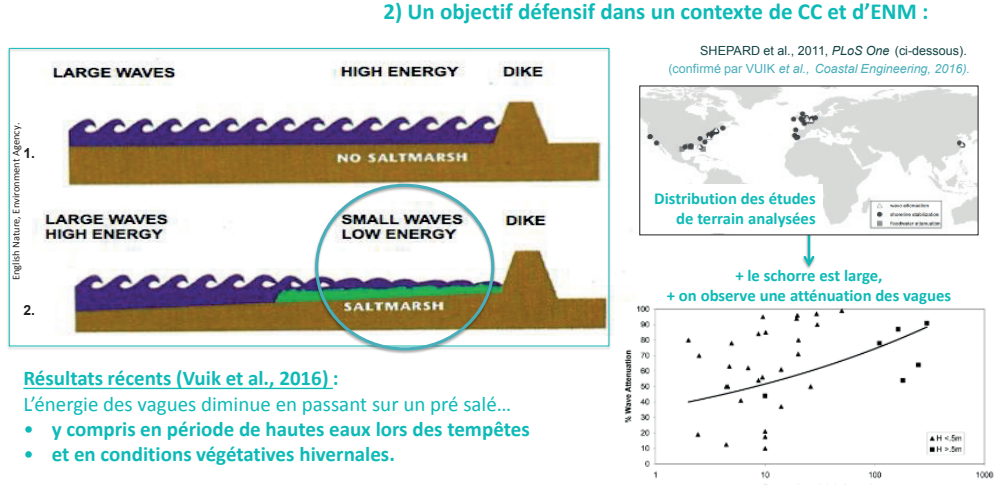


Diapo 10 > Pourquoi dépoldériser ? Un multitude d'objectifs

Pourquoi délpodériser? Un objectif défensif dans un contexte de Changement Climatique (CC) et d'Elévation du Niveau Marin (ENM)

Je vais m'attarder un peu plus sur le service de régulation appelé protection contre les tempêtes dont mes collègues ont déjà parlé, mais je veux revenir sur certains aspects.

Cette idée est au départ d'origine britannique puisque ce sont les acteurs de la protection de la nature au Royaume-Uni qui ont diffusé pendant longtemps ce petit schéma (diapo 11) dont on a déjà parlé à plusieurs reprises. Je n'insiste pas, mais



Diapo 11 > Pourquoi dépoldériser ? Un objectif défensif dans un contexte de CC et d'ENM (1)

vous avez bien compris qu'en présence d'un pré-salé, les vagues qui arrivent jusqu'à la digue voient leur hauteur et leur énergie progressivement diminuer. C'est très important pour nous par rapport à une digue, puisqu'au contact de la digue, elles sont plus basses et plus faibles. C'est ce qu'on appelle « le rôle défensif du schorre » qui a été abordé par mes collègues. Il existe effectivement toute une littérature là-dessus. Par exemple, une recension par Shepard et ses collègues montre que dans différents endroits du monde ce principe s'observe tout à fait.

On peut citer également une étude plus récente qui est très intéressante parce qu'elle nous montre que le phénomène fonctionne aussi en période de tempête, c'est-à-dire que l'énergie des vagues diminue bien sur un pré-salé, même en période de hautes eaux, lors des tempêtes. On n'en était pas tout à fait sûrs au départ et donc, c'est confirmé depuis peu.

C'est très important effectivement, par rapport à la dépoldérisation, parce que ça donne un vrai objectif défensif à la dépoldérisation. Effectivement, quand on dépoldérise, on élargit le pré-salé. Cet élargissement va permettre au pré-salé de jouer un rôle protecteur, accentué, ce qui est effectivement très important.

Et ce rôle protecteur va pouvoir être joué jusqu'à une digue arrière qui, soit était déjà présente derrière la digue qu'on a éliminée, soit on peut recréer cette digue arrière si on veut conserver malgré tout une forme de défense dure face à la mer, en dépit de la dépoldérisation pratiquée.

Dans le contexte du changement climatique qui nous occupe aujourd'hui, évidemment, ce schorre élargi va aussi mieux résister à l'érosion, dont on sait qu'elle va augmenter avec l'élévation du niveau de la mer. Il jouera donc un rôle essentiel pendant les tempêtes, puisqu'il va permettre de doubler la protection : on aura à la fois une protection par la digue encore en place et une protection par le pré-salé.

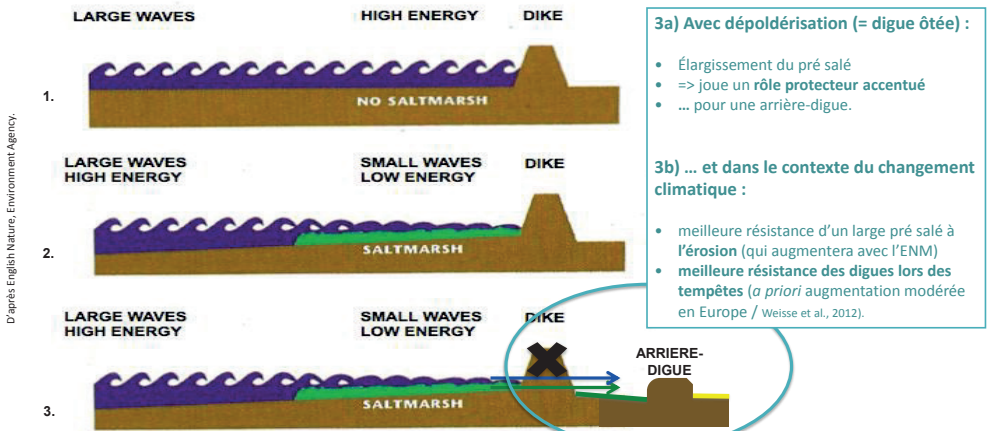
C'est d'autant plus important, qu'on s'attend à une augmentation des tempêtes en Europe, même si elles seraient apparemment mesurées, d'ampleur modérée, d'après les modélisations. D'après ces mesures, on obtient effectivement une recolonisation par le pré-salé qui peut être assez rapide.

La dépoldérisation permet une renaissance rapide des marais

Sur la diapo 13, vous avez l'exemple du bassin d'Arcachon que mon collègue a étudié. Vous voyez qu'en une dizaine d'années environ, le pré-salé s'est reconstitué très rapidement après une brèche accidentelle qui s'était produite en 96.

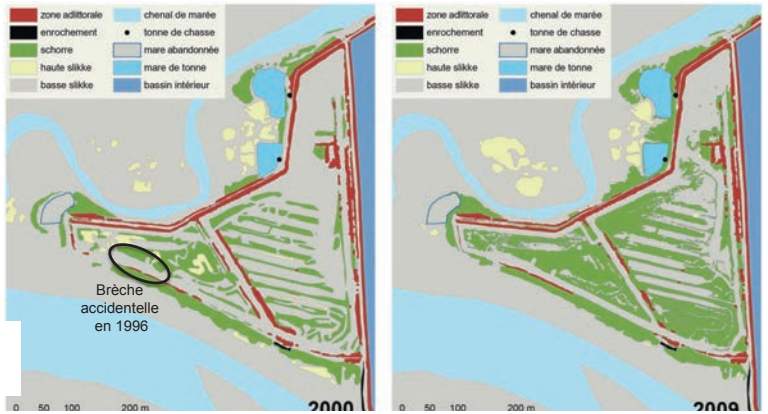
On ne l'a pas beaucoup évoqué aujourd'hui, mais cette dépoldérisation s'accompagne aussi du retour des espèces animales, qui sont inféodées à ces prés-salés. Je ne vais pas non plus m'attarder sur ce plan, mais on pourra y revenir dans les questions. Néanmoins, comme mes collègues l'ont dit, il y a toute une série de conditions à réunir pour que ça fonctionne bien. Tous les sites n'y sont pas propices.

2) Un objectif défensif dans un contexte de CC et d'ENM :



Diapo 12 > Pourquoi dépoldériser ? Un objectif défensif dans un contexte de CC et d'ENM (2)

Bassin d'Arcachon : recolonisation rapide du site dépoldérisé par un pré salé



Travaux de Frédéric BERTRAND, UMR 8586 PRODIG, Programme BARCASUB / LITEAU.

Diapo 13 > La dépoldérisation permet une renaissance rapide des marais

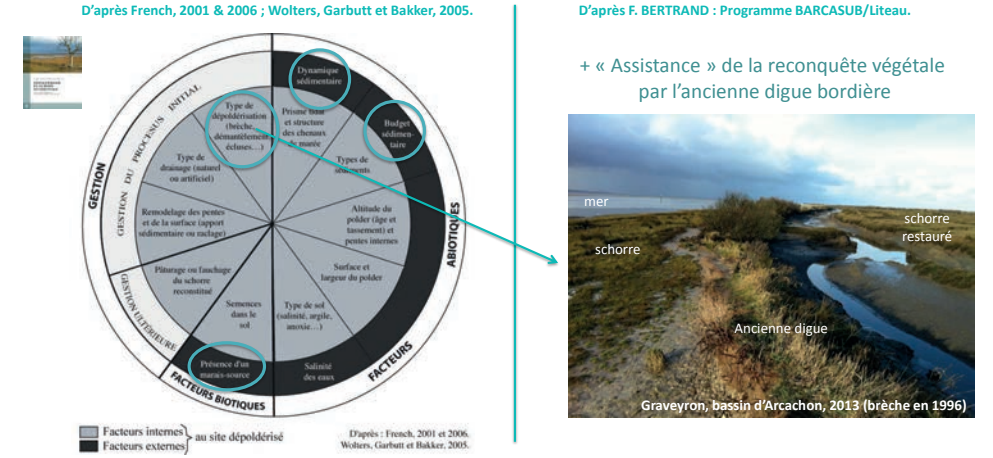
Conditions à réunir pour une restauration des marais

Je vais passer cet élément (diapo 14), puisque ça a été évoqué précédemment. Mais j'avais envie tout comme mes collègues, d'insister sur les critères hydrodynamiques, morphodynamiques et sur la dynamique de la végétation. Car tous ces critères entrent en compte pour expliquer qu'une restauration de marais se fait bien ou pas, et rapidement ou pas ; tout est effectivement fondamental.

Et on peut aider à accélérer le processus. Par exemple en rechargeant des marais, en y injectant des sédiments, c'est ce qui s'est pratiqué en Grande-Bretagne. On peut aussi accélérer le processus en plantant des halophytes ; là aussi, ça s'est pratiqué en Grande-Bretagne. Et enfin, ce qui compte évidemment, c'est le type de dépoldérisation qu'on va choisir : partielle ou totale, ça aura des incidences fortes, sur la réussite de la restauration.

J'oublie juste un élément que je voulais mentionner pour le bassin d'Arcachon. Mon collègue Frédéric Bertrand, a aussi constaté qu'il était intéressant de maintenir les ruines de digues de part et d'autre d'une brèche, parce que ces ruines de digues pouvaient en quelque sorte assister la reconquête végétale ; la digue constituant une sorte de brise-lames protégeant de la mer le schorre qui est en train de se restaurer.

Et puis cette digue en décomposition fournit des sédiments à ce schorre en voie de restauration. Donc n'éliminons peut-être pas complètement les digues, il est peut-être plus intéressant de créer des brèches et de maintenir ces ruines sur place.



Diapo 14 > Conditions à réunir pour une restauration des marais

II. DE NOMBREUSES ENTRAVES À L'ESSOR DE LA DÉPOLDÉRISATION

Facteurs limitants

Après avoir exposé comment le système pouvait fonctionner, je vais maintenant m'intéresser aux entraves à l'essor de la dépoldérisation, qui sont assez nombreuses. L.S.Esteves dans son étude en distingue quatre. (cf. diapo 16)

Elle évoque en premier lieu, des conditions de réalisation difficiles, soit du fait de la rareté de sites disponibles, soit pour des raisons physiques.

Elle explique aussi que souvent, les instruments politiques utilisés pour mettre en œuvre cette dépoldérisation sont inadéquats ; avec des objectifs qui sont mal définis, des dispositifs d'achats de terres agricoles qui sont inadéquats également et puis une communication sur le sujet souvent insuffisante.

Elle nous dit aussi que dans les pays qu'elle a étudiés, on manque encore de connaissances sur les impacts physiques de ce processus et on manque surtout de suivi des sites dépoldérisés. Parfois on dépoldérise et après, on n'étudie plus ce qui se passe,

donc, on manque de suivi : ce qui pourrait justement permettre d'augmenter les connaissances encore insuffisantes.

Et enfin, elle mentionne une perception sociale négative, dont je reparlerai plus loin.

J'en étais arrivée aux mêmes conclusions, même si je les avais présentées un peu différemment. Vous voyez que le jeu des couleurs montre des similitudes entre nos deux études. Pour ma part, j'avais constaté que la participation de la population et des ONG, pouvait être un frein à la dépoldérisation, si elle n'était pas assez déployée.

Je m'étais aussi attardée sur le statut foncier des digues et de l'estran, qui varie beaucoup d'un pays à l'autre et qui peut aussi constituer un frein.

Il faut aussi faire attention à la législation de protection de l'environnement. Par exemple, si elle pousse à la protection de marais doux derrière des digues, il sera plus difficile de dépoldériser.

La politique de protection côtière elle-même peut être un frein, si elle n'assimile pas clairement la dépoldérisation à une forme possible de gestion du risque.

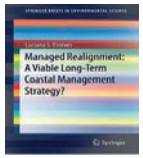
Le poids des propriétaires fonciers, surtout agricoles, est un frein aussi, bien évidemment.

Et enfin, je vais surtout m'attarder sur le cas de la perception sociale du processus.

Le coût de la dépoldérisation consitue-t-il une entrave ?

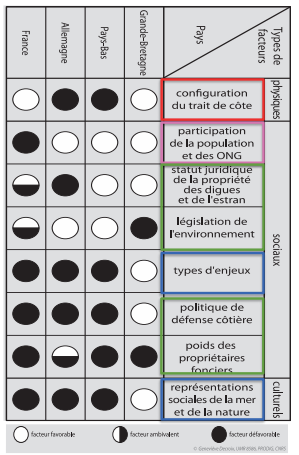
Avant d'y passer, je voulais simplement vous dire qu'on peut également s'intéresser au coût de la dépoldérisation. C'est ce qu'on a tenté de faire dans le bassin d'Arcachon. On a comparé des coûts de défense dure à des coûts de différents types de dépoldérisation.

Ce type d'analyse est tout à fait utile localement, parce qu'effectivement, il constitue une aide à la décision. Mais on en était venus à l'idée que finalement, ces coûts étaient peu comparables d'un site à l'autre, parce que les critères sont très différents et donc, peu généralisables dans une étude d'ordre global.



Facteurs limitants identifiés par Esteves, 2014 :

- **Conditions de réalisation difficiles** (peu de sites disponibles et physiquement adéquats, + incertitudes)
- **Instruments politiques inadéquats** (objectifs mal définis, dispositifs d'achats inadéquats, peu de communication et sensibilisation)
- **Manque de connaissances** sur les impacts physiques de la dépoldérisation à long terme **et manque de suivi**
- **Perception sociale négative.**



Diapo 16 > Facteurs limitants selon Esteves, 2014

PROGRAMME BARCASUB / LITEAU, 2013

Défense dure		Défense douce par la dépoldérisation		
Digues en technique végétale	Digue en dur = enrochement	Dépoldérisation avec brèche	Dépoldérisation avec brèche stabilisée en pierres	Dépoldéris° partielle à travers une écluse
280 à 300 € / m linéaire ⇒ 30 000 € pour 100 m	300 à 350 € / m linéaire => 35 000 € pour 100 m	5 à 10 000 € / brèche creusée	20 à 30 000 € / brèche creusée et stabilisée	30 000 € / petite écluse réparée

⇒ des coûts peu comparables et peu généralisables

Diapo 17 > Le coût de la dépoldérisation constitue t'il une entrave ?

Les entraves majeures à la délpodérisation sont... sociales

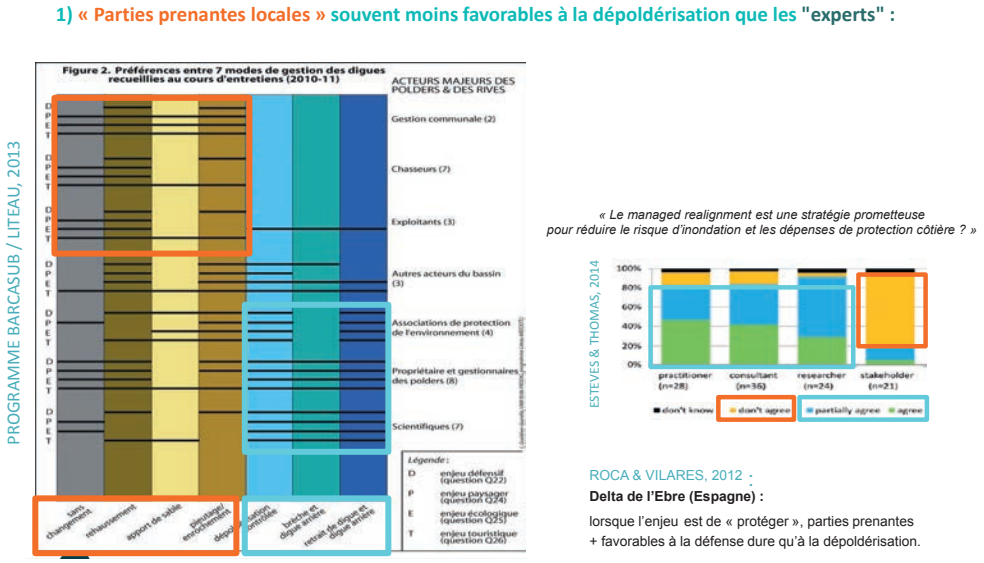
Pour résumer ce que je viens de dire sur les entraves à la dépoldérisation, L.S.Esteves comme moi-même, sommes arrivées à la conclusion que l'entrave majeure est d'ordre social et concerne surtout la perception sociale que les gens ont de ce processus. Il y a beaucoup d'études et d'enquêtes qui ont été faites sur ce plan et qui comparent notamment dans un premier temps, la perception des parties prenantes locales à la perception des « experts ».

C'est ce qu'on a fait par exemple dans le bassin d'Arcachon (cf tableau diapo 18). On a montré que les acteurs locaux, alors les élus, les chasseurs, les exploitants de polders, étaient plus favorables à la défense dure - par exemple au maintien des digues, à leur rehaussement, aux enrochements devant les digues - qu'à la dépoldérisation plus prônée par les experts. (encadré en orange)

Encadré en bleu, il s'agissait des associations de protection de la nature, des propriétaires et gestionnaires de polders ou des scientifiques.

Et L.S.Esteves montre exactement la même chose dans de nombreux cas au Royaume-Uni, où le *managed realignment* est vu comme une stratégie prometteuse de protection côtière, mais essentiellement par les experts ; alors que ce n'est pas le cas des parties prenantes locales, qui ne sont pas d'accord avec cette idée (graphe 02).

On obtient aussi des résultats similaires en Espagne, dans le delta de l'Ebre, je vais passer, mais les idées sont toujours les mêmes. On a toujours ce décalage entre positions des parties prenantes locales et positions des experts. Et au-delà des parties prenantes locales, c'est spécifiquement le grand public, c'est-à-dire la société, la population locale, qui s'oppose souvent à la dépoldérisation.

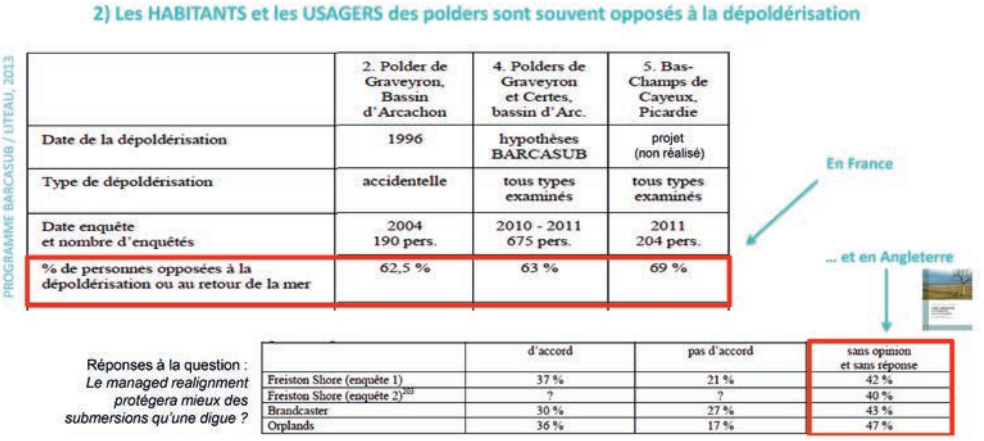


Diapo 18 > Les entraves majeures à la dépoldérisation sont... sociales

Les habitants et les usagers des polders sont souvent opposés à la délpodérisation

En France, dans trois enquêtes que j'ai menées présentées dans le tableau ci-contre, j'ai systématiquement obtenu des pourcentages de refus de la dépoldérisation, de l'ordre de 60 à 70 %. En Angleterre, beaucoup d'enquêtes ont été menées aussi, ces dernières années.

Le tableau en bas vous montre que 40 % des individus ne répondent pas ou se disent sans opinion, lorsqu'on leur demande si la dépoldérisation protégera mieux des submersions marines que le maintien des digues. Et vous avez des résultats de ce type-là en Allemagne aussi, ou aux Pays-Bas, ou encore dans le site de l'Escaut qu'on a évoqué précédemment.



	2. Polder de Graveyron, Bassin d'Arcachon	4. Polders de Graveyron et Certes, bassin d'Arc.	5. Bas-Champs de Cayeux, Picardie
Date de la dépoldérisation	1996	hypothèses BARCASUB	projet (non réalisé)
Type de dépoldérisation	accidentelle	tous types examinés	tous types examinés
Date enquête et nombre d'enquêtés	2004 190 pers.	2010 - 2011 675 pers.	2011 204 pers.
% de personnes opposées à la dépoldérisation ou au retour de la mer	62,5 %	63 %	69 %

	d'accord	pas d'accord	sans opinion et sans réponse
Freiston Shore (enquête 1)	37 %	21 %	42 %
Freiston Shore (enquête 2)[20]	?	?	40 %
Brandcaster	30 %	27 %	43 %
Orplands	36 %	17 %	47 %

Diapo 19 > Les habitants et les usagers des polders sont souvent opposés à la dépoldérisation

Raisons d'une opposition sociale à la dépoldérisation

L.S.Esteves a synthétisé les raisons qui lui semblaient expliquer cette opposition sociale à la dépoldérisation. Elle en retient cinq présentées ci-contre

La première, c'est d'abord le manque général de compréhension de ce processus physique, qui est assez compliqué. Et en Angleterre, ce manque de compréhension est accentué par la multiplicité des termes qu'on utilise, pour décrire le même processus.

Deuxième raison selon elle, c'est qu'il y a encore beaucoup d'incertitudes sur les bénéfices que peut apporter la dépoldérisation. Ces bénéfices ne sont pas assez expliqués aux populations et c'est aggravé par le fait qu'on manque d'un suivi des sites dépoldérisés. On ne connaît pas assez bien ces bénéfices pour pouvoir ensuite les expliquer.

Troisième problème qu'elle souligne, c'est la méconnaissance générale des objectifs politiques ou des objectifs locaux, qu'on assigne à la dépoldérisation. D'après elle, les populations manquent d'information sur ces plans, ce qui attise leur opposition.

Elle nous parle aussi d'une méfiance générale à l'égard des politiques publiques ou des acteurs publics, surtout si ce sont eux qui mettent en place le processus.

Et enfin, elle parle d'une résistance générale aux changements : alors au changement de paysage, au changement de pratiques, au changement d'habitudes, dans les polders et sur les digues.

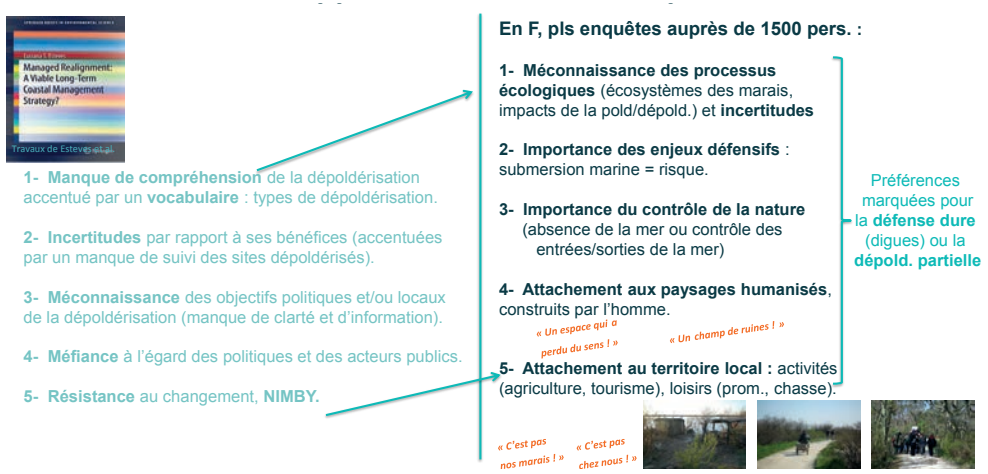
Et elle évoque également le phénomène NIMBY, c'est-à-dire qu'on ne veut pas de dépoldérisation chez soi. Éventuellement ailleurs, mais pas chez soi.

Dans les enquêtes que j'ai menées en France, auprès de 1500 personnes au total, on constate des similitudes avec ce que nous dit L.S.Esteves, mais aussi quelques particularités propres à la France.

Le grand public français méconnaît aussi globalement les processus écologiques liés à la poldérisation au départ et ensuite, à la dépoldérisation. Le grand public français nous parle par endroits de l'importance des enjeux défensifs face à la submersion marine. Ce qui l'amène d'ailleurs à préférer clairement la défense dure, donc les digues, qui pour lui, protègent mieux de la submersion.

Ce qui est important aussi en France, c'est de garder le contrôle face à la nature donc ici face à la mer. On va préférer soit le maintien de la digue, soit éventuellement une dépoldérisation partielle, parce que l'entrée et la sortie de la mer sont contrôlées et la digue reste en place.

Enfin en France, il est connu que les Français sont très attachés aux paysages humanisés, aux paysages construits par l'homme. Je vous ai mis quelques citations, qui décrivent des paysages dépoldérisés. On voit qu'on nous dit par exemple, qu'un paysage dépoldérisé, c'est un espace qui a perdu du sens, c'est un champ de ruines,



Diapo 20 et 21 > Raisons d'une opposition sociale à la dépoldérisation

donc ça ne plaît pas aux Français. Et là encore, ça explique leur préférence pour de la défense dure, qui symbolise vraiment le travail de l'homme ; ou pour une dépoldérisation partielle, grâce à laquelle les digues sont maintenues.

Et enfin, ces personnes interrogées parlent aussi beaucoup de leur attachement au territoire local et donc aux activités pratiquées et aux loisirs pratiqués dans les polders. Cela peut être l'agriculture, le tourisme, la promenade et beaucoup la chasse.

J'aimerais préciser que ces activités sont pratiquées soit sur les digues, soit à l'abri des digues, soit au contact même des digues, devant les digues. Dans tous les cas, les digues sont importantes, en tout cas aux yeux des populations pour le maintien de ces activités. Et c'est tellement important que finalement, on nous décrit les espaces dépoldérisés comme des espaces qui ne sont plus intégrés au territoire ; puisqu'on nous dit que « ce n'est pas nos marais », que « ce n'est pas chez nous », dès lors qu'on rend ces espaces à la mer.

III. COMMENT SURMONTER CES OPPOSITIONS ?

Réfléchir à des scénarios adaptatifs

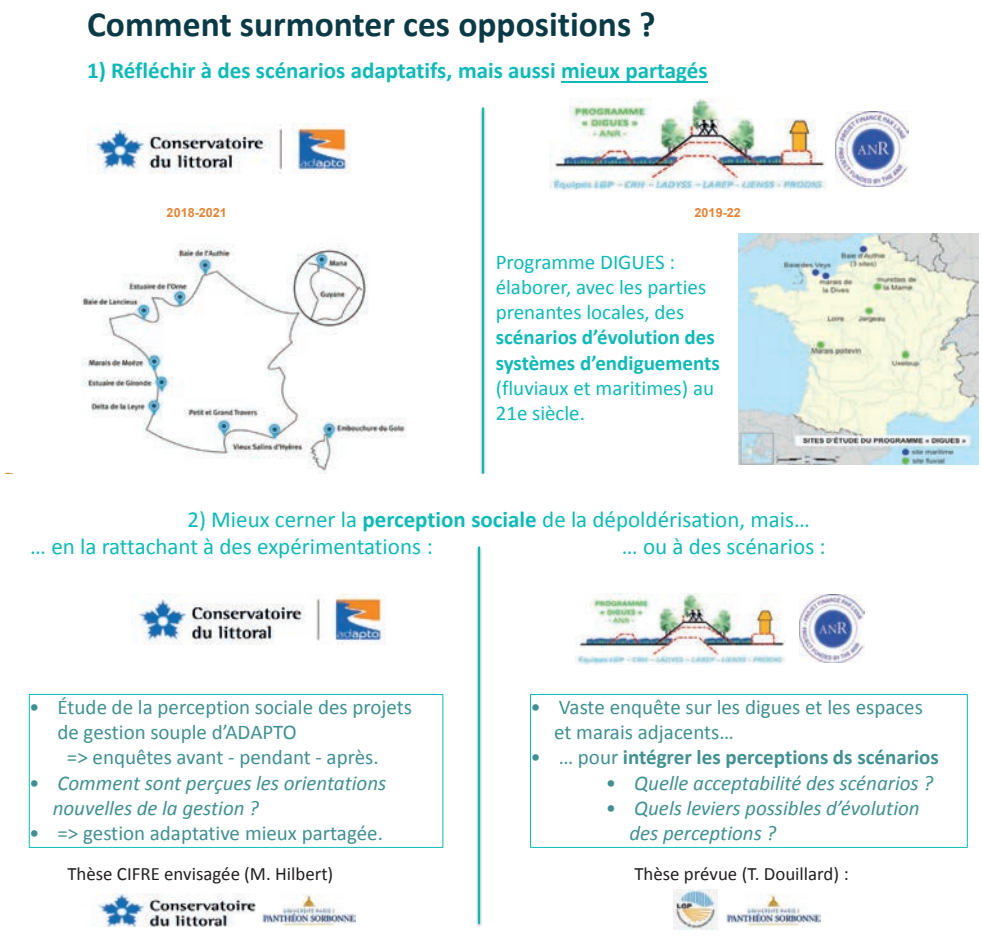
Quelles seraient les solutions envisageables pour surmonter cette opposition sociale ?

Je ne sais pas si j'ai des solutions très claires à vous proposer, mais je peux vous parler d'actions qui en tout cas sont en œuvre et qui cherchent toutes deux à réfléchir à des scénarios adaptatifs pour les marais littoraux, mais aussi à des scénarios mieux partagés.

L'une de ces actions est mise en œuvre par le Conservatoire du littoral. Je sais que le Conservatoire nous en parlera beaucoup demain, donc je n'en dirai pas plus. Mais je voulais simplement rappeler l'existence du programme Adapto, pour le mettre en parallèle d'un autre programme que j'ai monté récemment, avec six laboratoires de sciences humaines et sociales, dont le LIENSs, programme qui va être financé durant quatre ans par l'ANR (Agence nationale de la recherche).

Ce nouveau programme de recherche s'appelle DIGUES et concerne quelques secteurs de marais littoraux, surtout le long de la Manche. Nous avons aussi voulu travailler sur les digues fluviales, c'est pourquoi vous voyez aussi des points verts, situés au centre de la France.

Et comme le montre le logo, vous voyez qu'il s'agit de réfléchir à toutes les modalités possibles du devenir des digues en France, au XXIe siècle. Si on est arrivé à monter ce programme, c'est parce qu'on est parti de l'hypothèse que les paradigmes de gestion des digues ont aujourd'hui changés face au changement climatique, on l'a compris depuis ce matin, mais aussi face à l'introduction de la GEMAPI.



Diapo 22 et 23 > Comment surmonter ces oppositions ?

Il faut donc repenser la question du rôle de ces ouvrages, rôle qui nous paraît pluriel et que nous voulons considérer au-delà de ses seuls aspects techniques.

Donc nous allons essayer de construire des scénarios d'évolution des systèmes d'endiguement, dont nous espérons que les acteurs s'empareront - les acteurs locaux. Nous leur proposerons des scénarios dont nous étudierons l'acceptabilité et la faisabilité, sur divers plans.

Alors ces scénarios apparaissent dans un cadre bleu ***- Diapo non disponible -*** , sur ce schéma un peu compliqué, qui déroule le programme DIGUES au fil du temps.

Ce que je veux surtout vous montrer, c'est que pour construire ces scénarios, nous allons intégrer une pluralité d'enjeux, dont tous nous paraissent importants : des enjeux défensifs face aux eaux marines ou fluviales et des enjeux liés aux usages, à la nature et aux paysages, donc sur toutes les parties des digues, à l'arrière, au-dessus et devant.

À ces enjeux, nous allons aussi ajouter une réflexion sur toute la palette possible de solutions envisageables, d'orientation de la gestion des digues à l'avenir. Vous voyez que cette palette de solutions est dessinée sur ces petits schémas et qu'on va de la défense dure à la défense douce.

On va aussi essayer de tenir compte des évolutions possibles de la végétation, en différents endroits des digues, de la fréquentation et des usages et même de la patrimonialisation des digues ou de leurs paysages. Plusieurs hypothèses guident effectivement notre action.

La première, c'est que ces scénarios seront d'autant mieux élaborés puis utilisés qu'ils impliqueront les acteurs locaux. Et c'est ce que nous allons essayer de faire à différents moments, à travers un séminaire « bonnes pratiques » ou un atelier EICC, associant les chercheurs et les gestionnaires ; mais aussi grâce à un jeu de rôles, mis en œuvre par le LIENSs et enfin, grâce également à des réunions publiques.

Nous faisons aussi une deuxième hypothèse, c'est que nous espérons parvenir à lever les réticences des populations, d'une part en réfléchissant bien aux enjeux en cours et à toutes les orientations possibles, mais aussi en nous appuyant sur des méthodes de facilitation, dont le jeu de rôle, mais aussi la médiation paysagère… Et le recours à la comparaison avec d'autres sites ou à l'histoire.

Une troisième hypothèse forte de notre programme consiste à considérer que la végétation pourrait jouer un rôle plus positif, enfin plus important qu'aujourd'hui en relation avec les digues. Alors évidemment, au plan défensif, on en a déjà parlé à plusieurs reprises, mais aussi au plan esthétique et paysager, nous pensons que la présence de végétation pourrait aider à faire accepter des méthodes plus douces de gestion.

Et enfin, nous étudierons aussi les digues comme un patrimoine ou comme un objet

esthétique. Là encore, avec l'idée d'aider à faire accepter des solutions peut-être innovantes.

Par ailleurs, une autre action peut aider à surmonter les oppositions que j'ai mentionnées, une autre action qui consiste à poursuivre l'étude de la perception sociale de la dépoldérisation, mais en la rattachant cette fois à des expérimentations en cours ou au scénario à construire.

L'idée, c'est d'aller au-delà des enquêtes déjà menées. C'est ce qui est prévu dans le cadre du programme Adapto, puisque l'idée serait de réaliser des enquêtes avant, pendant et après expérimentation -par exemple après dépoldérisation- pour mieux comprendre comment sont perçues les orientations nouvelles de la gestion et pour mieux partager cette gestion avec l'ensemble des acteurs et sociétés locales. Je me permets cette fois d'en parler parce que je serais a priori co-encadrante de la thèse CIFRE qui est actuellement envisagée.

Et dans le cadre du programme DIGUES nous allons aussi remettre en oeuvre une vaste enquête sur les digues et les espaces adjacents, donc, les marais afin de mieux intégrer les perceptions sociales dans la construction de nos scénarios.

Nous voulons notamment définir quelles seraient les solutions les plus acceptables. Ce ne sera pas forcément la dépoldérisation, mais voir jusqu'où on peut aller dans l'acceptabilité et notamment quels seraient les leviers d'évolution de la perception sociale pour surmonter d'éventuelles réticences.

CONCLUSION : ADAPTER LES MARAIS LITTORAUX AU CHANGEMENT CLIMATIQUE AU MOYEN DE LA DÉPOLDÉRISATION EN EUROPE ?

Pour résumer tout cela en le rattachant au sujet du colloque, je dirais que la dépoldérisation est bien un moyen permettant d'adapter les marais littoraux aux changements climatiques mais en respectant quelques conditions tant en Europe qu'en France.

Premièrement, je pense qu'il faut mieux intégrer plus explicitement la dépoldérisation aux politiques nationales et locales d'adaptation mises en œuvre.

Deuxièmement, il faudrait aussi réaliser un monitoring vraiment systématique de toutes les expérimentations de dépoldérisation qui existent, surtout pour en rendre les bénéfices plus visibles aux yeux du grand public.

Et enfin, il faut arriver à mettre en œuvre une stratégie qui serait vraiment mieux partagée entre d'une part les experts et les gestionnaires et de l'autre, les acteurs locaux, les usagers des digues ou des marais et les résidents de ces mêmes secteurs. Je vous remercie.

Diapo 23 > Conclusion

2.13 | Les zones humides : des hydrosystèmes et des écosystèmes remarquables mais menacés

Christine DUPUY

Université de La Rochelle,
UMR CNRS 7266 LIENSs

Alain DUPUY

Bordeaux INP-ENSEGIP, EA 4592
Géoressources & Environnement

INTRODUCTION

Par Christine DUPUY

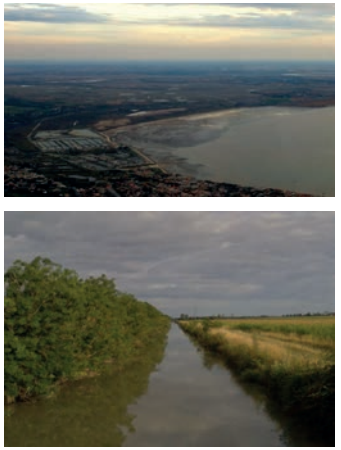
Bonjour et merci. Je vais vous introduire sur ce sujet aujourd'hui. Vous l'avez tous compris, vous avez une diversité de zones humides qui vont des bassins versants jusqu'à l'océan, en passant par les vasières intertidales et les marais : des milieux d'interface, des milieux productifs, des milieux avec de grandes fluctuations faits de grands paramètres environnementaux dans le temps et dans l'espace.

Ce sont des zones tampons face aux aléas, on en a largement parlé ici. Et ce sont des zones avec bien sûr des milieux avec de nombreux usages : agriculture, élevage, urbanisation, tourisme.

Ce que nous voulons vous présenter aujourd'hui avec Alain, ce sont leurs fonctions dont on n'a pas encore parlé.

Ce sont les fonctions hydriques, donc le cycle de l'eau, des fonctions habitat, avec une large biodiversité - nourrisserie et nurserie, la fonction de filtre naturel qui a été évoquée, et la fonction de production.

Après les autres fonctions que l'on a vues ici, cette fonction de séquestration de carbone sera aussi posée par Pierre Polsenaere dans la prochaine présentation. Je laisse Alain prendre la parole.



Diapo 02 > Diversité des zones humides

Diapo 03 > Des fonctions très variées

I. LES ZONES HUMIDES : HYDROSYSTÈMES D'INTERFACE

Par Alain Dupuy

Oui merci, bonjour à toutes et à tous. Effectivement, je vais aborder les zones humides sous un angle un peu différent de tous les spécialistes qui ont parlé ce matin avant moi. Je vais regarder ça d'un point de vue du cycle de l'eau et notamment par le souterrain.

Zones humides : hydrosystèmes d'interface et multifonctionnels

Pourquoi ? Les zones humides, on en a beaucoup parlé par rapport aux zones humides tidales, infratidales et ainsi de suite. Je ne suis pas du tout un spécialiste de ces domaines-là, mais il n'y a pas que celles-ci, il y a aussi le cycle de l'eau.

Sans eau, sans fluide, ces systèmes-là ne fonctionnent pas. Ils ne fonctionneraient pas pour amortir, ne fonctionneraient pas pour stocker, ne fonctionneraient pas pour épurer, ne fonctionneraient pas pour tout un tas d'autres fonctions.

Or, on est au sein du cycle de l'eau, du grand cycle de l'eau, dans une partie qui, de l'amont à l'aval du système, est très importante. Ce sont des hydrosystèmes d'interface multifonctionnels - Christine y reviendra. Pour moi, ce sont des interfaces de milieu eaux de surface, eaux souterraines, eaux littorales, eaux estuariennes.

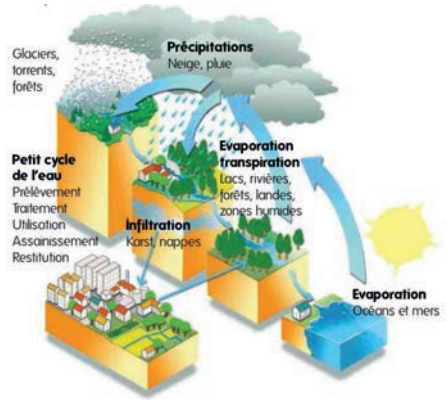
Et puis, d'un point de vue plus physique, on a des systèmes très complexes, où si on devait les caractériser, on a des écoulements lents, autrement dit des écoulements à basse énergie et qui vont être hydrologiquement dépendants. Et là, cette notion de dépendance, je vais la relier avec le changement climatique, puisque la problématique qui m'intéresse, c'est la problématique du cycle, du grand cycle de l'eau et du changement climatique.

Zones humides, grand cycle de l'eau et changement climatique

Je vous ai remis ce que l'on a vu ce matin très bien présenté dans le cadre du climat, les quelques proportions entre les eaux douces gelées, les eaux souterraines et les eaux de surface. Ce qu'il faut savoir c'est qu'effectivement, notre stock d'eau disponible est souterrain à 30 %, un petit tiers. Les eaux de surface, même si c'est très visible, ne représentent que très peu de stock. Et bien entendu, les zones humides qui nous intéressent sont à l'interface de ces deux grands domaines.

On a une problématique actuelle et bien évidemment future. La problématique future, c'est qu'il faut considérer - et c'est même une contrainte - que la ressource hydrique est unique et finie. On ne crée pas d'eau. On va faire fondre des réservoirs, on va mettre à disposition d'autres réserves, mais on n'en crée pas.

Eaux de surface,
Eaux souterraines,
Eaux littorales,
Eaux estuariennes,
…



Hydraulique complexe,
Écoulement lent,
Hydrologiquement dépendant,
…

Diapo 05 > Zones humides : hydrosystèmes d'interface et multifonctionnels

Zones Humides

- **Fonction hydrique : élément du cycle de l'eau / stockage**
- **Fonction biogéochimique : filtration / épuration**

Diapo 06 > Zones humides, grand cycle de l'eau et changement climatique

Ensuite, on va avoir une problématique hydroclimatique. Alors ce matin, on a eu un excellent exposé sur le climat : on maîtrise et on a la preuve de l'élévation des températures. On a beaucoup plus d'incertitudes sur le devenir de cette fonction d'élévation de température, sur la distribution des précipitations à l'échelle mondiale et encore plus à l'échelle territoriale locale.

Le problème, c'est que les systèmes comme les zones humides, qui nous intéressent aujourd'hui, sont on ne peut plus sensibles à ces variations-là.

Zones Humides, Grand cycle de l'eau et changement climatique : effets potentiels

Si on dresse un portrait de ce qui est le changement climatique - on va parler de la Nouvelle Aquitaine, parce que c'est celui-là que je connais le mieux -, quel est-il ? Trois grandes étapes.

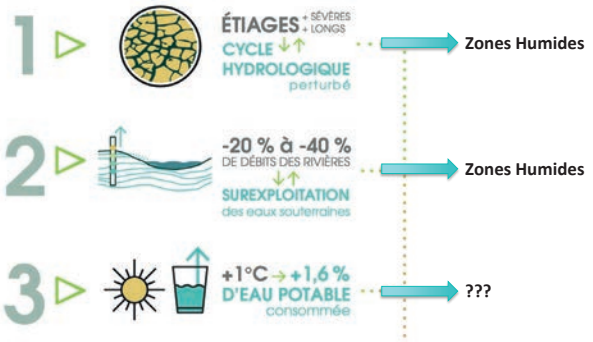
La première, c'est qu'on nous dit qu'il y aura des étiages plus longs et plus sévères.

L'étiage, c'est la période de débit le plus faible pour un cours d'eau ou la période de basses eaux, la plus basse, pour une nappe. Le problème, c'est qu'on a une interaction entre ces étiages plus sévères et plus longs et le cycle hydrologique. Pourquoi ? Parce que l'illustration de ce que le futur devrait nous réserver, c'est typiquement ce que l'on a eu sur les deux dernières années : à peu près la même lame d'eau précipitée que sur la moyenne, sur la tendance sur les dernières décennies, mais avec une concentration des précipitations sur une période hivernale.

Fin des précipitations : début de printemps, voire en fin d'hiver - quelques orages estivaux - reprise des précipitations tardives, comme on peut le vivre en novembre, voire décembre. Ce cycle-là est complètement différent de ce que l'on a connu avant, où on avait un climat océanique lissé, qui nous permettait d'avoir des ressources en eau tout au long de l'année.Ce ne sera plus le cas et on va donc aller chercher dans nos stocks. Et notre stock, je vous l'ai dit, il est sous nos pieds et à l'interface. N'oubliez pas qu'ici à l'interface, c'est là où on a les zones humides.

Qu'est-ce que ça veut dire ? Ça veut dire qu'on suppose - et là, nous avons le fait social qui intervient - que lorsqu'on aura moins de disponibilité en eau en surface, on va naturellement se retourner vers le stock, là où on a notre trésor, donc les eaux souterraines.

L'effet pervers, c'est qu'en faisant cela - ce qui est légitime humainement parlant pour un usage, c'est que si on va chercher en sous-sol, on va avoir une rétroaction que je pourrais qualifier de punitive, sur les eaux de surface. Pourquoi ? Parce que les premières eaux que l'on va surexploiter sont la nappe phréatique, et c'est la nappe phréatique qui est en connexion avec les cours d'eau. Donc si on assèche encore plus vite la nappe phréatique, on va avoir un effet encore plus fort sur les cours d'eau. Et *in fine*, on aura quoi ? On va devoir aller chercher des eaux encore



Diapo 07 > Zones humides, grand cycle de l'eau et changement climatique : effets potentiels

plus profondes, qui ont la fonction de réserves, voire de réservoirs, pour tout un tas de milieux. Et parce que ces zones ne sont pas étanches, qu'elles fuient, c'est propice au développement de zones humides, tout au fil de l'eau.

Je viens de vous restituer où interagissent les zones humides, par rapport à ces deux grands systèmes.

Et puis on a un troisième effet, qu'on a pu mesurer lors de la dernière canicule, mais dont on ne sait ce qu'il va devenir. Lors de la dernière canicule en 2003, vous l'avez tous vécue, on a mesuré sur Bordeaux que 1 degré d'augmentation d'élévation des températures, donnait 1,6 % d'augmentation de la consommation en eau potable. Ça ne veut pas dire qu'on a plus bu, ça veut dire qu'on a plus consommé pour notre propre confort.

Malheureusement, les tendances et les chiffres que l'on a par rapport à d'autres mesures, c'est que c'est non-linéaire. Autrement dit, lorsque l'on va passer à +1,5 en moyenne globale mondiale à +2 - si on y arrive malheureusement - mais qu'en local on est à +3 ou +4 actuellement, vous voyez ce que ça veut dire sur les ressources ? On est déjà en train d'utiliser ce stock. Et ça a des effets sur les milieux superficiel et aval.

Zones humides, Grand Cycle de l'eau et changement climatique : adaptation

Qu'est-ce qu'on propose ? Dans le cadre d'AcclimaTerra, on ne propose pas de dire : « Préservons actuellement tout ce qui est à préserver, maintenant, dans l'état actuel des choses ». Pourquoi ? Parce que l'état actuel des choses est l'héritage d'une histoire, avec un climat passé, qui n'est pas le climat que l'on va avoir.

Autrement dit, questionnons-nous sur : « Quel est le projet de territoire et de quelles ressources en eaux disposerons-nous pour ce territoire ? » et définissons un projet ensemble. Bien entendu, il y a tous les secteurs économiques qui sont impactés, et tous les milieux.

On a ici symbolisé le rural et l'urbain sur le schéma bleu, et souvent, entre les deux, par principe de solidarité, il va falloir utiliser ce que l'on appelle le mix hydrique. Le mix hydrique, ça veut dire faire appel à l'ensemble des solutions possibles pour répondre à un projet et donc à une demande, qui répond à ce projet. Je vais être très clair. Si c'est préserver des ressources ou créer de nouvelles ressources - puisque l'ingénierie environnementale sait faire ça -, pour continuer à faire ce que l'on fait actuellement, on va dans le mur, ce n'est pas du tout le propos.

Je laisse la parole à Christine, qui revient sur les problématiques de zones humides, mais c'est dans ce cadre et ce contexte, que je tenais à vous rappeler, les termes des procédures « eau ».

Diapo 08 > Zones humides, grand cycle de l'eau et changement climatique : adaptation

II. FONCTIONS ÉPURATRICE, HABITAT ET PRODUCTION DES MARAIS : DES FONCTIONS MENACÉES PAR DES PRESSIONS ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Etude des marais retro-littoraux par le prisme du plancton.

Donc là, il vous a été présenté la fonction hydrique de ces marais, qui devrait revenir en fait dans ces marais. Je vais étendre ce propos avec des fonctions différentes : la fonction épuratrice, habitat et production des marais. Ce sont des fonctions qui ont été étudiées dans les marais, donc des marais rétro-littoraux de Charente Maritime et je le fais par le prisme du plancton.

Je vais vous expliquer ce qu'est le plancton et comment ça marche, pour pouvoir comprendre en quoi ces fonctions sont importantes, dans les marais rétro-littoraux et dans ces zones humides en général.

Défintions de quelques fonctions

Le compartiment « eau » est assez peu étudié dans ces marais soit la colonne d'eau, la masse d'eau. Et nous nous sommes interrogés depuis maintenant plus de 10 ans, sur ces fonctions par le prisme de l'étude des communautés planctoniques.

Alors quelques définitions pour vous rappeler les choses ou vous donner l'information.

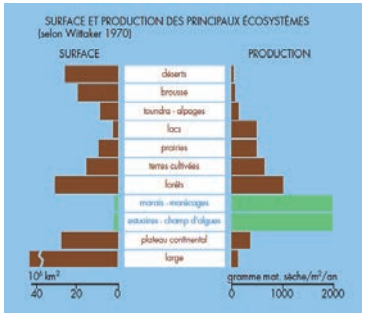
La fonction habitat, qui est sous-jacente à la fonction nourricerie ou nurserie. Nourricerie, pour nourrir un certain nombre de communautés ; nurserie pour nourrir des juvéniles comme des juvéniles de poissons. Donc la fonction habitat, c'est une zone qui héberge une forte diversité d'espèces, qui accomplissent tout ou partie de leur cycle de vie dans ces milieux. Bien sûr leur survie dépend de l'état de ce système.

Pour vous donner des petits chiffres, vous avez 10 à 15 % des espèces animales de la planète qui vivent dans ces zones humides, soit une biodiversité en-dehors de celles des océans. Et vous avez des organismes qui sont complètement dépendants ou partiellement dépendants des zones humides. Un exemple : 100 % des amphibiens vivent dans les zones humides et donc leur survie et leur vie, dans ces écosystèmes, dépend en fait de l'état de ces systèmes.

Vous avez dans ces zones humides 30 % des espèces végétales qui sont remarquables et qui sont menacées à l'heure actuelle.

Une autre fonction, c'est la fonction épuratrice. Les zones humides sont des filtres naturels, c'est-à-dire qu'elles abattent de la matière minérale et de la matière organique par l'action des organismes vivants. Vous connaissez souvent très bien le rôle de la végétation dans cette fonction épuratrice. Le phytoplancton par exemple,

- Fonction habitat/nourricerie et nurserie: zone hébergeant une forte diversité d'espèces accomplissant tout ou partie leur cycle de vie. Leur survie dépend de l'état du système.
  - 12-15 % des espèces animales sur la planète (hors océans)
  - 25 % des mollusques, 40 % des poissons, 50 % des oiseaux, 100 % des amphibiens
  - 30 % des espèces végétales remarquables et menacées
- Fonction épuratrice: filtre naturel
  - Abattement de matières minérales et organiques par l'action des organismes vivants (végétation, microorganismes comme le phytoplancton)
- Fonction de production (biomasse)
  - Production biologique intense grâce à la présence de l'eau et de la matière nutritive
  - Marais littoraux les plus productifs de la planète



Diapo 10 > Définition de quelques fonctions

c'est des petits micro-organismes qui font exactement la même chose dans la masse d'eau, dans votre zone humide.

Et puis finalement, la fonction de production qui est essentielle dans ces milieux. Vous avez représentées dans le graphe ci-contre, la surface et la production des principaux écosystèmes et vous voyez en vert, nos marais et nos marécages : une superficie qui n'est finalement pas très forte à l'échelle planétaire, mais qui finalement est très très productive et même voire plus productive qu'une forêt, que vous avez juste au-dessus.

Cela signifie qu'ici la production biologique est intense, grâce évidemment à la présence de l'eau dont Alain vient de vous parler, et grâce à la matière nutritive de ces zones humides. Et les marais littoraux sont les plus productifs de la planète.

J'étudie donc ces fonctions, et avec toutes nos équipes, avec le concours des différentes Universités en France, l'UNIMA et le Forum des Marais Atlantiques, nous avons vraiment travaillé sur ces communautés planctoniques.

Le plancton et le lien avec les fonctions

Alors le plancton, qu'est-ce que c'est ? C'est un ensemble de végétaux et d'animaux, qui flottent passivement dans le milieu et c'est souvent microscopique. Ce sont des choses que l'on ne voit pas. Pourtant, elles font des tas de choses dans l'écosystème.

Ci-contre, je vous représente la chaîne alimentaire assez simplifiée : c'est la production de biomasse représentée dans sa chaîne alimentaire. Tout d'abord, à la base des niveaux trophiques - et ça, c'est vraiment la base du fonctionnement des écosystèmes - vous avez le développement de phytoplancton ; c'est-à-dire des micro-algues qui vont finalement exercer la fonction épuratrice et utiliser les nutriments, les nitrates, les phosphates par exemple, pour leur développement.

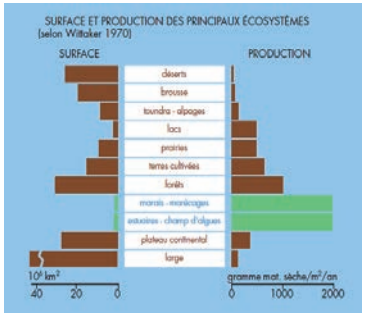
Ce phytoplancton est mangé par le zooplancton : ce sont des animaux qui sont connectés par un lien ici, de flux de matière, donc un lien de prédation.

La matière organique ici, peut être récupérée par un compartiment qui est le compartiment bactérien. Ces flèches centrales sur le diapo, c'est de la matière morte, de la matière en fait détritique qui est relayée dans le compartiment bactérien et qui recycle la matière.

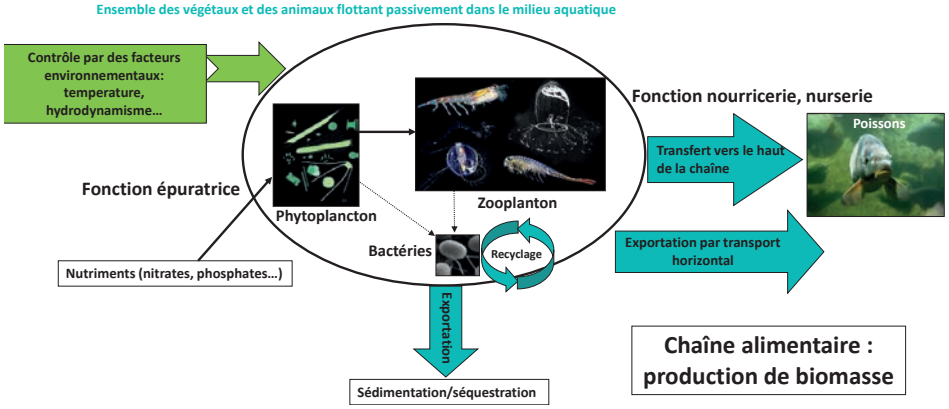
Donc autre fonction, c'est toutes ces communautés planctoniques qui se développent - j'ai simplifié cette chaîne alimentaire -, et sera transférée en fait vers le haut de la chaîne alimentaire, qui est représentée ici par un poisson. Ces communautés planctoniques servent de fonction de nourricerie et de nurserie pour un tas d'organismes, ici animaux, dans la chaîne alimentaire. Mais ces communautés planctoniques peuvent être exportées par transport horizontal vers d'autres milieux.

Vous avez aussi une fonction dont on a déjà parlée : la séquestration de la matière

- Fonction habitat/nourricerie et nurserie: zone hébergeant une forte diversité d'espèces accomplissant tout ou partie leur cycle de vie. Leur survie dépend de l'état du système.
  - 12-15 % des espèces animales sur la planète (hors océans)
  - 25 % des mollusques, 40 % des poissons, 50 % des oiseaux, 100 % des amphibiens
  - 30 % des espèces végétales remarquables et menacées
- Fonction épuratrice: filtre naturel
  - Abattement de matières minérales et organiques par l'action des organismes vivants (végétation, microorganismes comme le phytoplancton)
- Fonction de production (biomasse)
  - Production biologique intense grâce à la présence de l'eau et de la matière nutritive
  - Marais littoraux les plus productifs de la planète



Diapo 10 (rappel) > Définition de quelques fonctions



Diapo 11 > Le plancton et le lien avec les fonctions

organique et la séquestration du carbone. C'est le flux d'exportation vertical de flux de sédimentation et flux de séquestration.

Toutes ces fonctions sont exercées par des communautés planctoniques dans la masse d'eau et sont soumises à des facteurs environnementaux tels que la température et l'hydrodynamisme. C'est là où je vais en venir, bien sûr, de l'impact dans les changements climatiques.

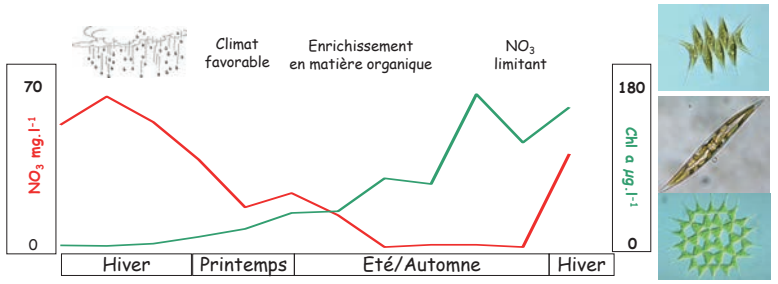
Fonction épuratrice par le phytoplancton

Juste pour vous donner un petit exemple, une illustration de la fonction épuratrice.

A l'horizontal vous avez les saisons : hiver, printemps, été, automne. Ici, on retourne à l'hiver. A droite des assez belles photos de phytoplanctons. Ce sont des micro-organismes qu'on l'on ne voit pas à l'œil nu.

Les travaux de Tortajada et de Masclaux et al. ont montré que vous avez en hiver, les plus forts taux de NO3, de nitrate et ces nitrates diminuent au cours de la saison pour bien sûr, le profit de ce phytoplancton qui va épurer la masse d'eau et qui va éliminer les nitrates, dans la masse d'eau.

Vous avez donc une augmentation de ces communautés phytoplanctons. Ce phytoplancton est présent et cette végétation dans la colonne d'eau va exercer la fonction épuratrice.



Tortajada 2011; Masclaux et al. 2015

Diapo 12 > La fonction épuratrice par le phytoplancton

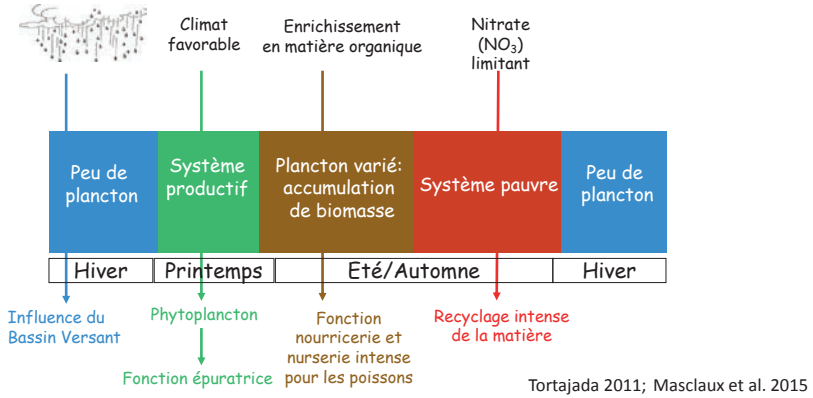
Maturation du système planctonique : fonctions assurées

Ces autres fonctions, je vous ai parlé de fonction habitat, fonction nurserie, nourricerie, ne sont possibles que si vous avez ce que l'on appelle la maturation du système planctonique. A savoir, en reprenant encore hiver, printemps, été, automne, hiver et je vous ai montré une succession de couleur qui correspond à une succession de communautés planctoniques.

Donc en hiver, les conditions ne sont pas favorables pour le développement du phytoplancton, vous avez une très forte influence du bassin versant et vous avez un apport massif de nutriments dans la colonne d'eau.

Au moment du printemps, le climat devient favorable, c'est-à-dire température, ensoleillement, sels nutritifs et vous avez un développement massif de phytoplanctons et je vous l'ai déjà illustré, la fonction épuratrice associée.

Au cours du temps, il y a une accumulation de phytoplanctons ; les prédateurs arrivent, c'est-à-dire le zooplancton. Et ici, donc de façon simplifiée et schématique, vous avez une période où le plancton est assez varié en termes de quantité et en termes de qualité.



Tortajada 2011; Masclaux et al. 2015

Diapo 13 > Maturation du système planctonique : fonctions assurées

Et cette accumulation de biomasse permet de stabiliser la fonction nourricerie et nurserie qui est intense. Et là encore, je prends l'exemple des poissons.

Cela veut dire que toute cette période est très, très favorable pour une diversité de fonctions dans la masse d'eau et dans la colonne d'eau.

Et puis, on revient après des nutriments limitants vers un système pauvre, mais tout au moins un recyclage aussi intense de la matière et on revient vers un hiver où il y a peu de plancton.

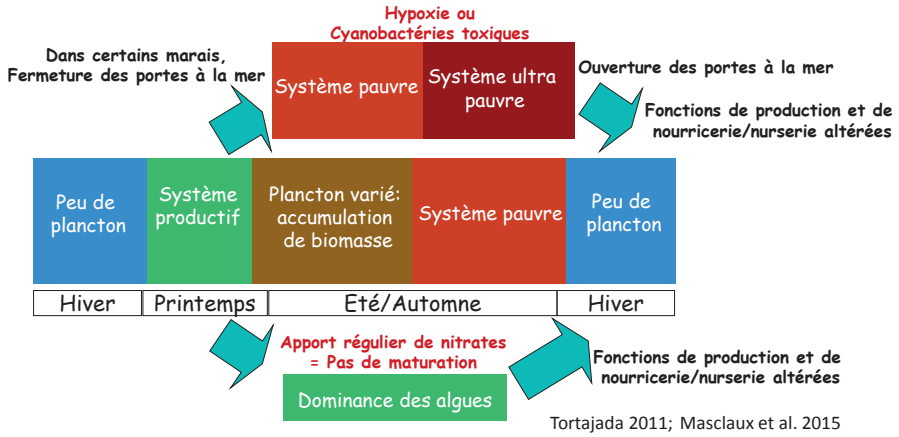
Ceci est la situation de maturation du système et toutes ces fonctions sont assurées par le plancton si ça fonctionne bien, mais il peut y avoir des modifications de ces fonctions écologiques au cours du temps.

Modifications des fonctions écologiques

Toujours d'après les travaux de Tortajada et de Masclaux et al. que l'on a faits dans les marais rétro-littoraux de Charente-Maritime, nous avons montré que, si vous apportez régulièrement des nitrates dans la colonne d'eau par exemple, il n'y a pas de maturation de ce système planctonique. C'est-à-dire que l'on reste toujours sur un système effectivement productif. La fonction épuratrice est présente, mais on aura uniquement la dominance des algues ; que ce soit des micro-algues comme le phytoplancton ou des macro-algues , que certains ont toujours dans leur marais s'il y a une trop forte concentration de nitrates. Cela signifie que l'on change complètement la fonction de production globale et de nourricerie et de nurserie dans le système.

On a vu aussi sur les marais rétro-littoraux que dans certains cas, vous avez, au moment des fermetures de portes à la mer, un système aussi qui chinte cette partie-là qui part d'un système pauvre vers un système ultra pauvre. À savoir que vous avez des périodes d'hypoxie, c'est-à-dire de l'oxygène qui diminue très fortement dans la colonne d'eau, et potentiellement un développement de cyanobactéries toxiques qui là est complètement délétère pour la maturation du système planctonique.

Là aussi, vous avez des fonctions de production de nourricerie et de nurserie qui sont en fait altérées.



Diapo 14 > Modifications des fonctions écologiques

Modifications exercées par des pressions sur les zones humides

Donc ces pressions, vous les connaissez. Vous pouvez avoir des pressions qui sont effectivement exercées par l'assèchement, les pressions agricoles, les pressions urbaines et le tourisme. En fait, on a des solutions et des leviers d'action : des adaptations hydrauliques et des adaptations des usages, dont Alain vient de vous parler sur la ressource en eau qui est fondamentale dans les zones humides.

On a des pressions, on les connaît bien et on pourrait penser à des solutions et ces solutions existent. Maintenant s'il y a le changement climatique qui rentre dans cette histoire, qu'est-ce qui va se passer ?

Diapo 15 > Modifications exercées par des pressions sur les zones humides

Hypothèses des effets du changement climatique sur le plancton et ses fonctions associées

Des processus et des phénomènes seront encore plus intensifiés. Nous avons émis des hypothèses sur les effets du changement climatique sur le plancton et de ses fonctions associées.

Quels sont les facteurs qui peuvent jouer sur ces communautés planctoniques qui, je l'espère, vous ont montré des fonctions diverses dans l'écosystème ?

La prévision, suite à l'élévation de la température, c'est que vous avez du CO^2 dans l'atmosphère et donc, du CO^2 plus intense aussi dans l'air et dans la colonne d'eau.

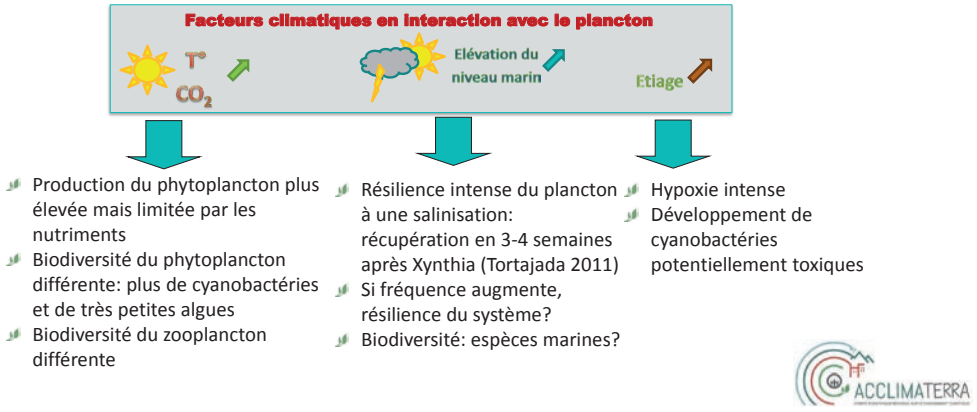
Du point de vue quantitatif, la production du phytoplancton sera plus élevée ; la production de toute cette végétation sera plus élevée, mais finalement sera limitée à un moment par les nutriments.

Donc, vous allez me dire «la fonction épuratrice sera complètement assurée et ça marchera très bien». Mais ce que l'on voit aussi, c'est que l'augmentation de la température va aussi modifier la biodiversité du phytoplancton ; ça veut dire que l'on n'aura plus les mêmes espèces de phytoplancton et que l'on aura plus de cyanobactéries ou des cellules de très petite taille qui seront très mal consommées par le zooplancton.

Vous avez compris mon histoire... La fonction de biomasse, la fonction de production et la fonction de nourricerie-nurserie seront altérées. Cela signifie que la modification de la biodiversité du phytoplancton va influencer la biodiversité du zooplancton qui va influencer les plus hautes espèces de la chaîne alimentaire.

Vous voyez que ce n'est pas qu'une histoire seulement quantitative, mais une histoire qualitative dans ce phénomène.

Dans une étude pendant la tempête Xynthia, on a suivi un marais qui était complètement salé et puis, qui est redevenu doux. On a regardé la résilience de ces communautés planctoniques face à la tempête Xynthia.



Diapo 16 > Hypothèses des effets du changement climatique sur le plancton et ses fonctions associées

On était très surpris et agréablement surpris puisqu'en 3-4 semaines, toutes les communautés planctoniques ont récupéré et c'est comme si rien ne s'était passé. Mais finalement, on ne connaît pas non plus l'impact sur les poissons, etc. Donc, je ne vous montre que le point de vue planctonique.

Mais ce que l'on ne sait pas, c'est que si la fréquence de ces évènements augmente, quelle sera la résilience de notre système ? Aujourd'hui c'est une question que l'on se pose.

Et puis ensuite, effectivement si on salinise ces marais doux, on remplacera la biodiversité par des espèces marines, qui pourront sûrement et certainement exercer les mêmes fonctions que les espèces de marais doux.

Et pour finir, Alain vous en a parlé, les périodes d'étiage qui sont plus intenses, plus longues posent un problème quand on est dans une zone humide et qu'on n'a plus d'eau. Et bien on a des hypoxies intenses qui vont s'établir et là aussi, comme je l'ai montré dans la diapo précédente, un développement de cyanobactéries potentiellement toxiques. Ces cyanobactéries sont aussi assez mal mangées par le zooplancton, etc., etc. Vous avez le cours de l'histoire qui sera modifié.

Cela signifie que ces facteurs climatiques vont changer la quantité et la qualité, agir sur la biodiversité. Et là, je vous donne juste le prisme sur les communautés planctoniques. Mais bien sûr, il y a d'autres sujets et d'autres zones qu'il faut étudier pour avoir une vision complète du fonctionnement de ces systèmes.

Perspectives

En perspective, je pense qu'il nous manque encore des connaissances, des descripteurs et des indicateurs d'altération ou de modification des schémas de fonctionnement des marais.

Il nous faut réfléchir vraiment aux activités humaines durables en harmonie avec le territoire pour avoir une meilleure résilience de nos socio-écosystèmes face au changement climatique. Je vous remercie !

Diapo 17 > Perspectives

2.14 | Rôle des marais littoraux dans le budget de Carbone : processus et flux associés

Pierre POLSENAERE

Laboratoire Environnement Ressources
des Pertuis Charentais - PDG-ODE-LERPC
IFREMER L'Houmeau

Merci beaucoup. Bonjour à tous.

Pour commencer, effectivement je tiens aussi à remercier chaleureusement les organisateurs de ce congrès pour cette invitation, me permettant de vous présenter le rôle des marais littoraux dans les budgets de carbone en termes de processus et d'échanges.

Je vais commencer cette présentation avec le cycle du carbone à proprement dit et le rôle joué par les zones côtières en général.

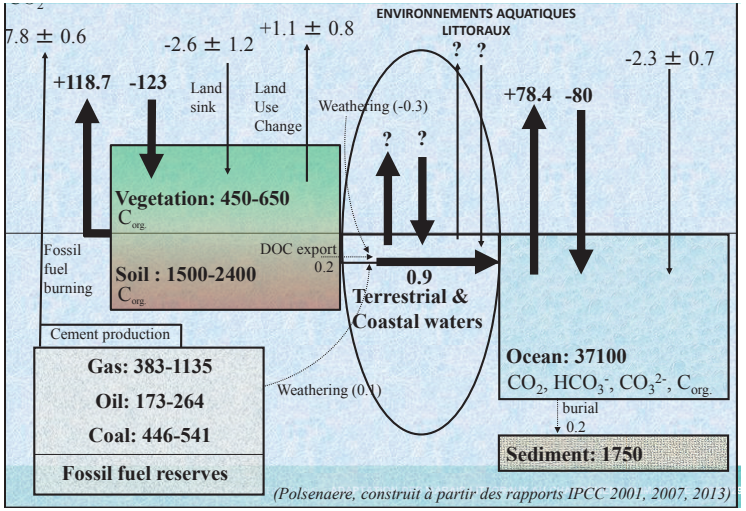
I. CONTEXTE / PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

Le cycle du Carbone et le rôle des zones côtières

Vous avez de présenté ici le cycle du carbone construit à partir des différents rapports IPCC 2001, 2007 et 2013, vous représentant les différents stocks et échanges de carbone à l'holocene, de manière naturelle : les écosystèmes terrestres et océaniques échangés du CO_2 entre l'atmosphère et ses écosystèmes, à hauteur d'environ 120 et 80 gigatonnes de carbone par an, et finalement, via les processus de photosynthèse qui captent le CO_2 atmosphérique de l'atmosphère vers ces écosystèmes terrestres ou océaniques, en le transformant en carbone organique, et au contraire, via la respiration, en le transformant en sens inverse en CO_2. J'insiste, de manière naturelle,

Sur ces flux naturels sont venus se rajouter des émissions anthropiques de CO_2, notamment par la combustion de matières fossiles, mais aussi par le changement d'occupation des sols ; soit une hausse des concentrations en CO_2 d'environ 280 ppm (µmol - micromole) de CO_2 par mole d'air à environ 406 ou 410 ppm de CO_2 actuellement dans l'atmosphère. Vous pouvez retenir ce dernier chiffre.

Une partie est également recaptée par ces écosystèmes, par les processus de photosynthèse, environ 55 %. Et finalement, on peut s'intéresser au rôle joué par les environnements aquatiques, littoraux, d'une manière générale qui, comme vous pouvez le voir, transportent du carbone de manière horizontale entre les domaines terrestre et océanique, à hauteur d'environ 0,9 gigatonne de carbone par an. Mais en échange également de grandes quantités, lorsqu'on rapporte ces flux par la surface en mètres carrés ou kilomètres carrés occupés par ces écosystèmes côtiers avec l'atmosphère, mais aussi en termes de stockage de carbone dans les sédiments.

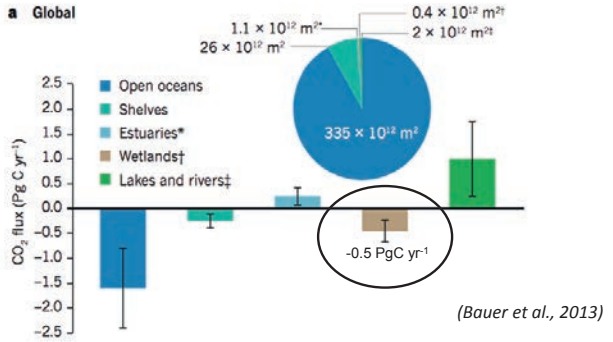


Diapo 02 > Le cycle du carbone et rôle des zones côtières (1)

Pour vous illustrer ce propos, vous avez représenté ici des flux de CO_2 verticaux entre l'atmosphère et différents écosystèmes côtiers, toujours en gigatonnes de carbone par an ou en pétagramme de carbone par an, c'est à dire 10^{15}gr.

Vous pouvez voir des flux annuels moyens. Si nous prenons l'exemple des zones humides, les wet lands, vous pouvez voir que nous obtenons un flux annuel moyen négatif qui a été mesuré, ce qui vous symbolise le comportement «puit» engendré par l'activité de photosynthèse principalement assurée par ces écosystèmes.

Au contraire, si vous prenez des lacs, des rivières ou encore des estuaires, nous avons un flux positif où ces écosystèmes émettent du CO_2 majoritairement vers l'atmosphère : donc, un fort dynamisme, une très grande hétérogénéité, qui fait qu'en termes de processus et de flux, tout est extrêmement complexe.



(Bauer et al., 2013)

- Systèmes dynamiques et hétérogènes → Processus et flux aux interfaces complexes *(Borges, 2005; Borges et al., 2005; Le Quéré et al., 2016)*

Diapo 03 > Le cycle du carbone et rôle des zones côtières (2)

II. LES MARAIS TIDAUX : DÉFINITIONS ET APPROCHES

Définition, géomorphologie et distribution globale

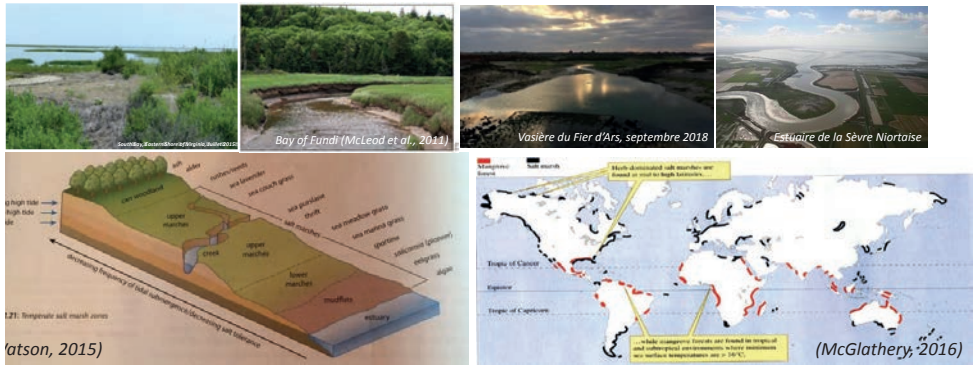
Je passe aux marais tidaux sur lesquels je vais me centrer au cours de cette présentation et je commencerai par les définir.

Il y a plusieurs définitions. Mais j'ai repris une définition de l'Administration Nationale Océanique et Atmosphérique aux États-Unis qui définit les marais tidaux ou les salt -marshes comme des zones humides côtières qui sont inondées par la marée ou par des eaux salées, apportées justement par ce processus de marée.

Je la trouvais intéressante dans le sens où elle montre vraiment le lien entre ces marais et également ces marées, au niveau des différentes parties de ces marais tidaux, que ce soit les parties hautes qui sont inondées au moment des marées de vives-eaux et également les zones plus basses, lorsque l'on s'approche du schorre et de la slikke inondées au moment des marées de morte-eau. Vous avez donc des photos pour illustrer ces parties

En termes d'occupation globale, ces écosystèmes occupent une surface relativement restreinte. On a un facteur d'ordre de 1, voire 2, par rapport à des écosystèmes de type forêt.

Vous pouvez retenir une valeur d'environ 55 000 km^2 avec des marais tidaux principalement localisés au niveau des zones tempérées ou hautes latitudes, symbolisées en noir. Et vous avez également les zones de mangroves qui, elles, occupent les zones subtropicales et tropicales.



- « Salt marshes are coastal wetlands that are flooded and drained by salt water brought in by the tides » (NOAA)
- Surface globale occupée par les marais tidaux → 22,000 - 400,000 km^2 (Chumra et al., 2003; Duarte et al., 2005); 54,950 km^2 (McOwen et al., 2017)

Diapo 04 > Le cycle du carbone et rôle des zones côtières (2)

Production primaire | Définitions

Avant d'aller plus loin et de vous donner des exemples d'études à trouver dans la littérature ou de projets que nous pourrons également mener à l'échelle des pertuis charentais, je voulais aborder avec vous quelques définitions en lien avec la production primaire.

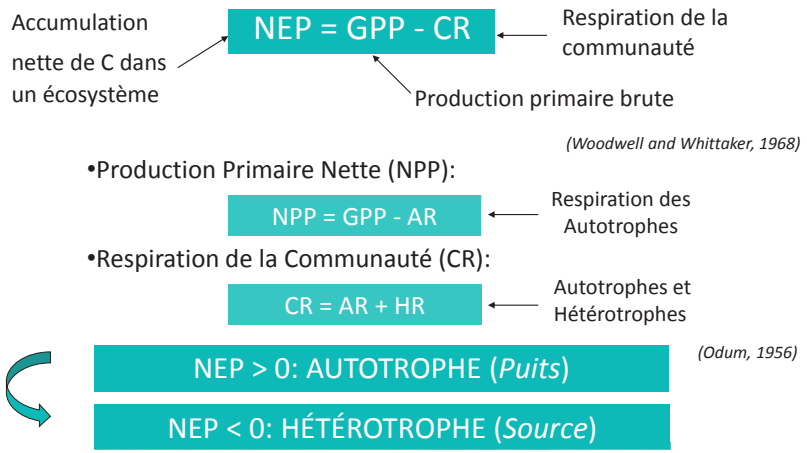
La production primaire - notamment la production nette d'un écosystème ou net ecosystem production - correspond à l'accumulation nette de carbone au sein d'un écosystème et peut être définie comme la différence entre la production primaire brute et la respiration de la communauté, c'est-à-dire à la fois des organismes autotrophes photosynthétiques, mais aussi hétérotrophes.

La production primaire brute est définie comme la somme de la production primaire nette plus la respiration des organismes cette fois-ci, uniquement autotrophes.

Vous avez peut-être entendu parler de ces termes définis ci-dessous:

- lorsque par convention la NEP est supérieure à 0, on parle d'un écosystème autotrophe qui va capter du carbone et en général se comporte comme un puits de CO_2

- au contraire, lorsque cette valeur est inférieure à 0, nous sommes en présence d'un système hétérotrophe plutôt source de CO_2



Diapo 05 > Production primaire | définitions

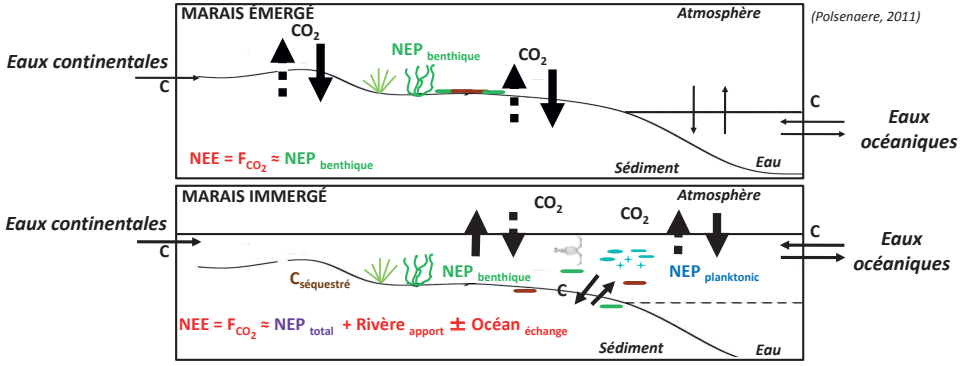
Conceptualisation des processus et flux aux interfaces d'échange

Enfin, en termes de définition, si on essaie de conceptualiser un peu les échanges, que l'on peut avoir au niveau d'un marais, on peut distinguer deux situations, deux périodes :

Pendant la basse mer (marais émergé), si on s'intéresse aux parties terrestres d'un marais, les flux de CO_2 que nous sommes capables de mesurer vont avoir lieu entre l'atmosphère et le sédiment. Et dans ce cas-là, la NEE - qui correspond à l'échange net de l'écosystème, au flux de CO_2 entre l'atmosphère et le sédiment - peut être estimée par la production nette du compartiment benthique, c'est-à-dire des plantes des marais, des spartines typiquement, mais aussi des herbiers ou des communautés microphytobenthiques sur les vasières.

Au contraire, lorsque le marais est immergé, les flux de CO_2 ont lieu cette fois-ci entre l'atmosphère et la colonne d'eau et dans ce cas-là, la NEE qui est toujours égale au flux de CO_2, pourra être estimée par la production nette de l'écosystème total. C'est-à-dire du compartiment benthique, mais aussi planctonique de la colonne d'eau.

De manière très importante pendant les périodes de marée montante ou de marée descendante, vous avez des flux très importants, des processus, des flux advectifs horizontaux, notamment des apports de carbone ou de matière par les zones amont,



NEE: Echange net de l'écosystème; NEP: Production nette de l'écosystème (= GPP – CR, Production primaire brute et Respiration de la communauté)

➢ **Budget C → approches expérimentales et mesures *in situ* aux interfaces d'échange terre - mer - air adaptées**

Diapo 06 > Conceptualisation des processus et flux aux interfaces d'échange

apportés par les rivières par exemple et au contraire, des échanges de carbone avec les masses d'eau océaniques.

Cela peut paraître complexe, mais je suis peu obligé de vous présenter l'ensemble de ces flux et en particulier un dernier, représenté par ce carbone séquestré dans le sédiment, pour nous permettre d'établir un budget ou un bilan de carbone de notre zone côtière.

C'est relativement complexe, mais via des approches expérimentales et des mesures in situ, nous sommes capables d'arriver à calculer, à estimer les processus et ces flux.

III. RÉSULTATS ET PERSPECTIVES

Budget global de Carbone : exemple avec les marais tidaux, estuaires et eaux continentales du Nord-Est américain

Je vais passer le reste de la présentation à vous montrer des exemples de ces différents flux pour que ce soit un peu plus parlant pour vous.

J'ai repris cet exemple de la littérature, cette étude menée par Najjar et al. en 2018 qui s'est intéressée à effectuer un bilan carbone de la côte nord-est américaine. Ils ont via des mesures - je passe sur le détail des différentes mesures ou méthodes ou modélisations - calculé les différents flux que je viens de vous expliquer entre notamment les marais tidaux, les zones estuariennes, le plateau continental jusqu'à l'océan que vous avez symbolisé sur cette photo.

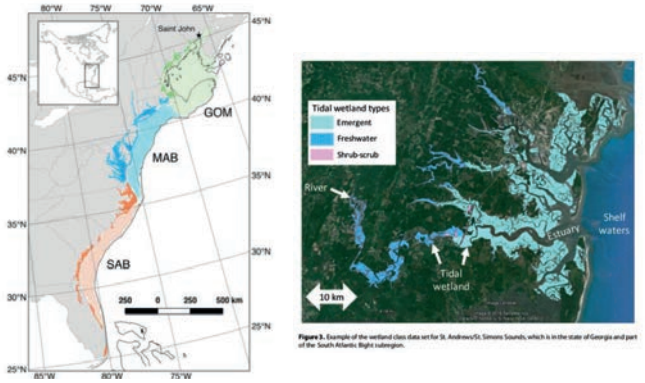
Sans rentrer dans le détail des chiffres représentés en terragrammes de carbone par an soit 10^{12} grammes, ils ont mis en évidence l'importance significative des marais tidaux jouée au sein de ce budget global de carbone. Alors qu'effectivement les surfaces occupées, y compris au niveau de cette zone nord-est américaine, sont extrêmement faibles.

À la fois, ces marais tidaux sont capables de capter le CO_2 atmosphérique, de le transformer en carbone organique, mais également de séquestrer ce carbone dans les sédiments.

Une autre conclusion assez intéressante et qui peut paraître également nouvelle ou en tout cas qui est plus méconnue, c'est que 64 % du carbone organique produit via la NEP est exporté latéralement vers les zones, le plateau continental et in fine via l'océan côtier, et finalement, une plus faible partie est réellement séquestrée dans les sédiments à hauteur de 36 %.

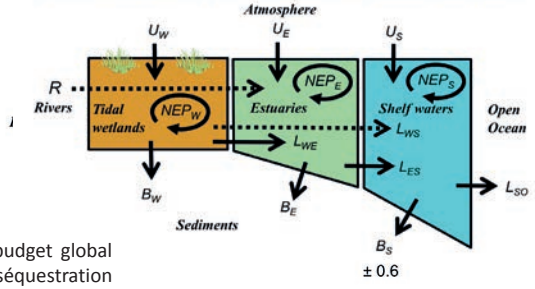
Cela vous montre vraiment les échanges à la fois verticaux, et horizontaux extrêmement importants assurés par ces zones de marais tidaux

(Najjar et al., 2018)



Total carbon budget (Tg C yr^{-1}) of ENA coastal waters

Carbon transfers and transformations in coastal ecosystems



- Importance des marais dans le budget global (2.4% surface totale) → PP et séquestration sédiments
- 64% du Corg. produit par la NEP est exporté latéralement et seulement 36% est séquestré

Diapo 07 > Budget global de Carbone : exemple avec les marais tidaux, estuaires et eaux continentales du Nord-Est américain

Séquestration du Carbone : «Blue Carbon»

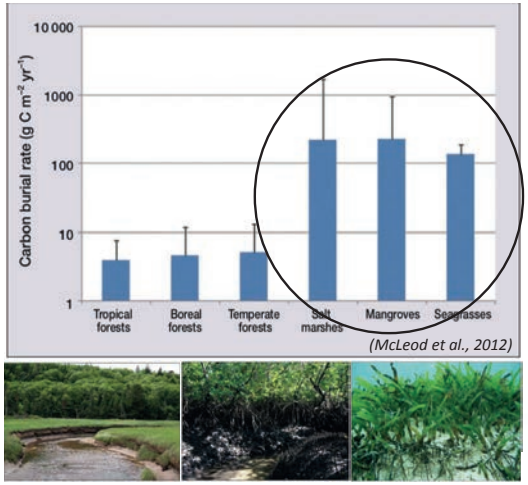
Alors, justement, ça me permet de définir avec vous ou de vous illustrer ce que l'on appelle le « carbone bleu ». On en a parlé sans forcément citer le terme tout au long de la journée. Vous pouvez retenir que le blue carbone, c'est le carbone et plus particulièrement le CO_2 atmosphérique qui est séquestré par les écosystèmes côtiers végétalisés. Je veux parler des marais tidaux effectivement, des zones de mangroves, mais aussi des herbiers - par exemple des herbiers de zostères que nous pouvons avoir dans la région ou les herbiers de posidonie en Méditerranée.

Vous avez représenté ici, la séquestration du carbone en gramme de carbone par mètre carré et par an. On a eu de très beaux exemples de mesures, notamment cet après-midi et ce matin. Vous pouvez voir vraiment que la contribution significative de ces écosystèmes côtiers végétalisés est extrêmement importante, à hauteur d'environ 100 voire 200 grammes de carbone par mètre carré et par an en moyenne. Donc une séquestration quasiment double de ce qui est assuré par les différents types d'écosystèmes forestiers, lorsque l'on rapporte ces flux par unité de surface.

Alors, pourquoi ? Comme je vous l'ai dit et j'espère que vous l'aurez compris, ces écosystèmes captent le CO_2 via le processus de photosynthèse ou de NEP, mais également en lien avec la marée, ils vont être capables de piéger les matières en suspension, mais aussi le carbone associé. Et donc, ils ont réellement cette capacité de piège de carbone. Du coup, le carbone va être séquestré à la fois au niveau du sédiment, mais aussi au niveau des parties vivantes et mortes des végétaux.

Et effectivement les surfaces de ces écosystèmes sont actuellement menacées, 1 à 2 % de perte par an pour ce qui concerne les écosystèmes tidaux et donc, des conséquences sur ce statut de puits de carbone, en lien avec les pressions anthropiques et le changement climatique.

Je vais finir cette présentation avec simplement deux exemples d'études régionales que nous menons.



- « Blue Carbon »: C (CO_2) séquestré par les écosystèmes côtiers végétalisés
- Contribution significative à la séquestration du C à long-terme → global estimates (marais) : 100-200 g C m^{-2} yr^{-1} (Chumra et al., 2003)
- Raisons → PP mais aussi capture des MES (C) avec la marée
- Surfaces perdues (marais): 1-2% par an (Duarte et al., 2008)→ csq sur le puits de C

Diapo 08 > Séquestration de Carbone : « Bleu Carbon »

Projet PAMPANINO 2018 - ANR PAMPAS 2018-2022

Tout d'abord, le projet Pampanino porté par le laboratoire LIENSs de l'Université de La Rochelle avec la collaboration d'un certain nombre de laboratoires, qui nous ont permis de nous intéresser à ces flux et processus de carbone, et en particulier ces processus au niveau du Fier d'Ars.

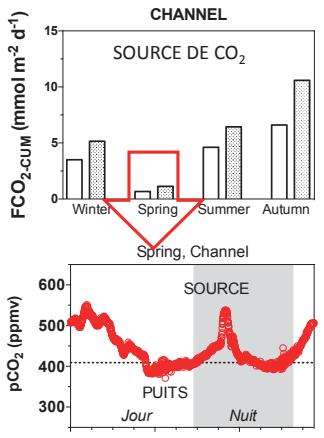
Je passe assez rapidement sur le site d'étude, au niveau d'un chenal, le chenal du Vieux Port, qui fait le lien entre la vasière intertidale du Fier et les zones de marais que vous avez un peu plus en amont au niveau du nord de l'île de Ré.

Via une approche de mesures à haute fréquence au niveau de ces eaux en subsurface, donc par différents capteurs nous permettant de mesurer la température de l'eau, l'oxygène, mais aussi les concentrations en CO_2 dans l'eau, nous avons été capables de calculer les flux cumulés que vous avez représentés ici, en millimole par mètre carré par jour, aux quatre saisons.

Et vous pouvez voir que sur l'année, sur nos mesures pendant des cycles de 24 heures aux quatre saisons, ce chenal se comporte comme une source de CO_2 vers l'atmosphère. Cela peut vous paraître paradoxal sachant que les marais effectivement captent du carbone. Mais comme je vous l'ai dit, ils échangent également du CO_2 avec le rythme de la marée de manière horizontale, et finalement, exportent et importent des quantités de carbone assez importantes qu'ils échangent avec ces écosystèmes adjacents.

Il ne faut pas oublier les échelles beaucoup plus courtes, diurnes entre le jour et la nuit, mais aussi tidales, puisque vous pouvez voir à titre d'exemple que pendant la période printanière, vous avez un cycle de 24 heures jour-nuit. Et bien les concentrations en CO_2, toujours en ppm, varient au cours de ce cycle de marée. Lorsque l'on calcule les flux de CO_2 entre l'eau et l'atmosphère, qui dépend notamment du gradient de concentration de CO_2 entre l'eau et l'air, vous pouvez voir qu'on n'obtiendra pas les mêmes flux calculés si on prend une pCO_2 (pression de CO_2) ici que lorsque le système est source ou lorsque l'on est en pleine nuit et que les pCO_2 sont soit sous-saturés en CO_2 soit sur-saturés par rapport à l'équilibre avec l'atmosphère, puisqu'actuellement, on est à 406 ppm.

Diapo 09 > Projet PAMPANINO 2018 - ANR PAMPAS 2018-2022



- FCO_2 cumulés sur 24 h → Chenal: source de CO_2 annuelle
- Variations diurne et tidale significatives à chaque saison

-> Air-sea CO_2 fluxes, $F_c=\alpha k \Delta pCO_2$
Weiss (1974), k: Wanninkhof et al. (1992) (WA92) et Raymond & Cole (2001) (RC01)

Diapo 10 > Projet PAMPANINO 2018 - ANR PAMPAS 2018-2022

Projet Aiguillon 2016-2020

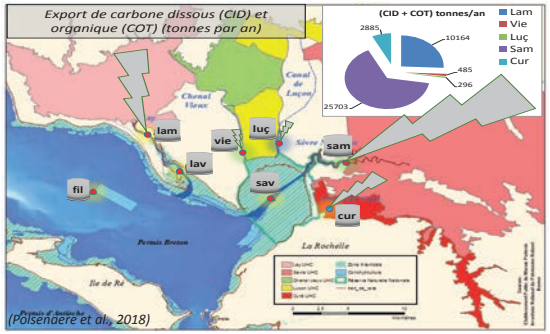
Le dernier exemple, c'est un projet qui s'intéresse au continuum Marais poitevin, baie de l'Aiguillon, Pertuis Breton. Un projet qui est soutenu de très près par le Parc naturel régional du Marais Poitevin via le programme Life et qui est mené en collaboration très étroite également avec les gestionnaires de la Réserve Naturelle Nationale de la baie de l'Aiguillon, ONCFS et LPO, avec également l'établissement public du Marais Poitevin et dernièrement le Parc naturel marin, et où nous nous intéressons aux quantités de nutriments et de carbone qui peuvent être exportées du bassin versant vers la baie de l'Aiguillon.

Et en 2017, nous avons été en mesure, via une stratégie d'échantillonnage de mesures des différentes formes de nutriments et de carbone au niveau des différents exutoires des différents sous-bassins versants du Marais poitevin, de calculer un export de carbone horizontal du bassin versant vers la baie de L'Aiguillon. Et très rapidement, nous avons obtenu un flux à hauteur d'environ 40000 tonnes de carbone exporté par an en 2017. Donc un export comparable à ce que l'on peut avoir au niveau du bassin versant de la lagune d'Arcachon.

Ce qu'il ne faut pas oublier, et je vous en ai parlé, c'est que sur le carbone exporté de manière horizontale, une partie significative est dégagée vers l'atmosphère, puisque, là aussi, ces cours d'eau sont sur-saturés en CO_2 et donc dégagent du CO_2 vers l'atmosphère.

Finalement, le carbone n'est rien d'autre que du carbone organique, donc le premier maillon des réseaux trophiques qui sert ensuite à alimenter les consommateurs primaires ou producteurs secondaires et donc, un export de carbone qui confère à la baie de l'Aiguillon un potentiel productif pour les populations sauvages et cultivées, notamment conchylicoles.

Diapo 11 > Projet Aiguillon 2016-2020



Flux calculés avec les débits HydroFrance (Sèvre-Tiffardière et Lay-Bretonnière) + modèles surface-débit (chenaux)

- Export total de carbone de 39533 t an^{-1} (7.5 t km^{-2} an^{-1}) (2017) (CID :70% et COT : 22%)
- Dégazage significatif de C vers l'atmosphère (source) (excès de CO_2 ≈ 2 à 7% du CID total)
- Potentiel productif (populations sauvages et cultivées)

Diapo 12 > Projet Aiguillon 2016-2020

CONCLUSION / PERSPECTIVES

En conclusion, vous pouvez simplement retenir que les marais tidaux ou littoraux sont de réels puits de carbone et représentent une composante essentielle au niveau des budgets de carbone. Tous ces processus d'assimilation de remariage, d'échange de carbone avec les systèmes adjacents sont extrêmement complexes et hétérogènes, d'où la nécessité finalement de faire des mesures in situ pour caractériser ces différents flux.

Ce sont également des écosystèmes menacés et finalement, nous pourrons les étudier au mieux en passant par des approches réellement intégratives et pluridisciplinaires de leur fonctionnement. Mais là aussi, on a eu de très belles présentations, d'un point de vue plus large en terme par exemple d'identité patrimoniale, comme c'est réalisé dans le cadre de nombreux projets de l'Université de la Rochelle en lien avec les différents partenaires régionaux. Voilà, merci beaucoup.

- Puits de C significatif (séquestration) → composante essentielle du C biologique stocké sur terre
- Assimilation, relargage, séquestration, échanges de C → systèmes complexes hétérogènes, dynamiques (composantes terrestre et aquatique) → mesures *in situ* nécessaires
- Ecosystèmes menacés → conséquences sur le rôle de puits de C → préservation & restauration écologique
- Approche intégrative et pluridisciplinaire (du fonctionnement écologique) des marais (« identité patrimoniale »)

Diapo 13 > Conclusions et perspectives

2.15 | Table ronde & Synthèse de la journée

Autour d'Éric CHAUMILLON

Avec la participation de
Jean-Philippe BELLIARD
Xavier BERTIN
Christine DUPUY
Lydie GIANELLA-GOELDNER
John Patrick WALSH

Éric CHAUMILLON : OK merci. Bon, en fait d'abord, je voudrais dire que l'idée n'est pas de moi ; ce n'est pas moi qui ai voulu faire cette table ronde ; mais je trouve quand même que c'est très pertinent parce que sinon, on aurait peut-être un sentiment de frustration.

On a vu beaucoup de choses et ce n'est peut-être pas mal de faire un retour en arrière. Donc, je vous rappellerai que ce colloque, d'abord, il avait un objectif, celui effectivement d'échanger entre les différents spécialistes, mais absolument pas que, c'était aussi d'aller vers le grand public, vers les gestionnaires, vers les politiques.

Bon, je vois que les rangs se sont un petit peu clairsemés. Il reste quelques personnes et c'était important de le rappeler.

Donc, l'autre but de ce colloque, c'est effectivement d'essayer d'anticiper les changements. Je pense que là, maintenant vous êtes intimement convaincus qu'on a un gros défi devant nous en termes de variation du niveau des mers et qu'effectivement, la vulnérabilité qui a bien été mise en évidence ne devrait que s'accroître.

Face à ça, il y a un certain nombre de points positifs, on les a vus. Alors, je vais peut-être les rappeler rapidement, comme ça, ça permettra de se rappeler un peu de ce qui a été dit.

Le premier point positif, c'est effectivement cette sédimentation, en particulier dans notre région. On l'a comparée avec la côte américaine. C'est vraiment un point positif. Il y a une capacité d'adaptation, de résilience du système, si tant est évidemment qu'on laisse la nature s'exprimer.

L'autre point qui a été bien souligné, c'est l'effet tampon par rapport aux tempêtes par rapport aux submersions, autant en termes de réservoirs qu'en tant que dissipation des vagues. Donc ça, ça semble essentiel.

Après, on a bien vu l'intérêt des écosystèmes. Il y a des choses qui ont été dites et encore plein d'autres éléments qui pourront être ajoutés s'il y a des questions.

Et puis, enfin pour conclure, le puits de carbone qui est aussi complètement essentiel. C'est ça qui est fascinant et l'autre jour, on en parlait justement avec les collègues qui travaillent sur l'agriculture, en particulier, au laboratoire de Chizé, c'est que là, on est extrêmement rationnel, on vient de lister un certain nombre de points, on se dit «bon bah finalement tout le monde est d'accord. Ça marche bien, on va peut- être pouvoir changer nos stratégies d'adaptation» et on voit qu'on se heurte, en particulier, à une résistance ou une incrédulité des habitants et éventuellement des usagers.

Et là, je me tourne vers Lydie. Donc, voilà, j'ai un peu résumé les choses, c'est un peu comment moi, je les vois. Je vais laisser la parole à mes collègues, si vous avez peut-être envie de rajouter quelque chose par rapport à vos discours et peut-être des éléments qui auraient peut-être mûri dans votre esprit suite à l'écoute des autres collègues. On va essayer de ne pas trop prendre la parole et puis, ce que j'aimerais, c'est qu'il y ait un échange évidemment avec le public. Voilà.

Christine DUPUY : Donc, en fait, je vous ai montré, du point de vue écologique, l'importance de ces fonctions assurées par les zones humides et si je pouvais résumer et faire le lien avec ce qu'a montré Alain Dupuy et moi-même, c'est que sans eau, sans cycle hydrique dans ces marais, et bien les fonctions assurées par ces écosystèmes, les fonctions écologiques ne pourraient pas se faire. Donc, gérer la ressource en eau, c'est vraiment indispensable dans ces zones humides. On a vu aussi par la présentation de Pierre Polsenaere, l'importance de la séquestration du carbone de ces milieux et donc, la capacité à faire diminuer le CO_2 dans l'atmosphère. Si on arrive à bien gérer ces milieux, à les restaurer, à stabiliser leur fonctionnement, ils exerceront toutes ces fonctions vraiment importantes dans un contexte de changement climatique. Il faut faire confiance à la nature pour exercer cette captation et ce rôle en termes de biodiversité aux ressources en eau et tout ce que je vous ai montré dans la présentation.

Xavier BERTIN : Merci Christine. En ce qui me concerne, je suis ravi d'avoir vu qu'en Europe du Nord, les solutions que nous avons testées numériquement pour voir la faisabilité de ces fameuses zones tampons, sont déjà en œuvre en Belgique, aux Pays-Bas et ailleurs, au Royaume-Uni. Alors, qu'est ce qui manque en France pour que ça prenne un peu plus d'essor ? Je pensais vraiment à une histoire de mentalité. J'ai l'impression qu'il y a une espèce d'héritage et de fantasme de peut-être contrôler la nature et je pense que c'est une erreur. Je ne sais pas trop d'où ça vient d'ailleurs. Donc, je pense qu'au laboratoire LIENSs, on développe des approches, en particulier chez nos collègues géographes, qui sont vraiment intéressants, des outils participatifs, des jeux de rôle ou jeux sérieux - je ne sais comment on peut appeler ça - qui ont déjà montré leur efficacité localement. Mais, je pense que ce genre d'approche est très important. J'espère qu'à terme, on va changer un petit peu de paradigme en France pour les stratégies de défense de côtes et qu'on ira vers des solutions un peu plus douces comme ce qui a été proposé cet après-midi.

Lydie GIANELLA GOELDNER : Moi, j'ai envie de revenir rapidement sur l'opposition sociale à la dépoldérisation et sur l'idée que pour la réduire, il faut expérimenter un peu plus la dépoldérisation, mais, même dans de tous petits sites. Mais, surtout, en plus d'expérimenter, il faut la faire connaître, la rendre visible, la montrer et en montrer les bénéfices. Alors, ça peut passer par des ouvertures au public de ces petits sites, par des visites guidées, par des pancartes sur place. Il faut vraiment la montrer, qu'elle soit visible, voire passer par la médiation paysagère, montrer les paysages aux gens, leur expliquer ce qui peut changer et quelles en sont les bénéfices. Donc, ça aiderait à mieux faire passer l'idée, je crois.

Une autre petite solution, peut-être technique, si on crée des brèches, ce serait de les consolider, ces brèches, pour que la digue ne s'érode pas davantage. C'est-à-dire qu'on aurait à la fois la mer pouvant rentrer et sortir, mais on conserverait la digue, donc on conserverait l'idée d'un certain contrôle et puis, on conserverait aussi la digue comme objet patrimonial. Donc ce serait peut-être une solution de compromis intéressante pour la France.

JP WALSH : Merci. Toutes les présentations étaient très intéressantes. Mais, c'est un peu difficile pour moi d'expliquer toutes mes pensées. Donc, je vais juste écouter maintenant.

Jean-Philippe BELLIARD : On a vu aujourd'hui tout un panel de présentations incluant différents types d'approches : l'approche de modélisation, mais, aussi les mesures *in situ*. Je dirais que c'est très important de combiner ces deux types d'approches, notamment dans le contexte de recréer et restaurer des zones humides. En ce qui concerne l'exemple de l'Escaut, les quelques systèmes qu'on a présentés cet après-midi, ont été validés en fait par la simulation numérique. On a utilisé des modèles qui sont assez complexes, ce qui résout des processus à des échelles de temps relativement petites, mais aussi à des échelles spatiales, avec une résolution assez fine et avec aussi dans ces modèles, le fait qu'on a inclus tous les processus qui sont en jeu. Et pour avoir une bonne prédiction, il faut aussi se baser sur des mesures *in situ*, des mesures de terrain. On l'a vu aujourd'hui, on a ces petites approches. Il est important, je pense, de continuer, vraiment à intégrer ces différentes approches pour éventuellement aller vers ce qu'on espère tous : utiliser ces solutions douces comme solution de défense contre la hausse du niveau marin et l'intensité des tempêtes.

Éric CHAUMILLON : Bien. Je pense que maintenant, ce ne serait pas mal qu'on vous fasse participer après ces petits rappels. Est-ce qu'il y a des gens qui voudraient intervenir ? Comment vous réagissez ?

QUESTION 1 : Oui, par exemple, pourquoi est-ce qu'on a plus de sédiments que l'Amérique ?

Éric CHAUMILLON : En fait, c'est des taux de sédimentation qu'on a mis en évidence et en fait, c'est vrai que ces pertuis, ça pose un problème malgré tout. On sait que par exemple dans la baie de Marennes-Oléron, 80 % des sédiments viennent de la Gironde. On est à proximité d'un grand estuaire, d'un très grand bassin versant. Il se trouve que ça arrive dans la baie de Marennes-Oléron. Pour la baie de l'Aiguillon, je n'ai pas encore une explication très claire à ce sujet-là. Et c'est un sujet de recherche.

Aux USA, on a commencé à essayer de réfléchir un petit peu à la différence – je pourrais laisser la parole à JP Walsh. Je pense qu'il y a une relation… En fait, la régression et la cannibalisation qui a été mise en évidence est certainement liée à une élévation relative du niveau des mers qui est plus importante. Je ne sais pas ce que tu en penses JP ?

JP WALSH : C'est vrai. C'est vraiment l'élévation. C'est très important parce qu'il contrôle l'hydro-période et la sédimentation. Donc, c'est vraiment une élévation. C'est quelque chose de très important et typiquement, quand on fait des études des marées, c'est nécessaire de faire des mesures d'élévation pour déterminer la hydro période et la sédimentation.

Éric CHAUMILLON : Il y a eu un autre paramètre aussi certainement. C'est que vous avez moins de marées dans les sites qui ont été mesurés. L'amplitude de la marée est moins importante.

JP WALSH : Dans cette région, c'est juste 10 centimètres.

Éric CHAUMILLON : On a vu que la marée était un paramètre très important pour nourrir en sédiments et certainement que l'amplitude tidale doit jouer de façon assez importante.

JP WALSH : Oui, mais, en fait, nous avons fait beaucoup de recherches, et dans différents endroits. Pas seulement en Caroline du Nord, mais, aussi en Caroline du Sud et en Georgia. Et le taux de sédimentation était similaire et très différent entre les sites. Donc, je pense que ce n'est vraiment pas juste les marées. Aussi, nous avons fait les recherches près de la mer et dans les rivières et ce taux de sédimentation était très variable. Donc, je pense que ce n'est pas simple à déterminer. Un facteur important je pense, ce sont vraiment les situations des sites, et l'élévation.

Éric CHAUMILLON : Vous l'aurez constaté, c'est un sujet de recherche ouvert. On n'est pas encore complètement calé là-dessus, mais, voilà, c'est ça. Il y a des choses qui ont été faites. On a pris le parti ici de vous présenter aussi des choses qui sont en cours. Donc, c'est la recherche. Plus de questions que de certitudes, en général.

QUESTION 2 : Bonjour. Régis Leymarie, délégué adjoint du Conservatoire en Normandie. Je trouve intéressante toute la séquence d'aujourd'hui. Juste une remarque qui n'a pas été évoquée. C'est la pression qui s'exerce sur ces littoraux et sur ces marais littoraux puisque malgré différents outils, la pression n'a jamais été aussi forte, notamment, en France, en Europe et dans le monde, d'artificialisation progressive et d'arrivée de populations de plus en plus importantes. Et comme dirait l'autre, on a en même temps l'élévation du niveau de la mer. Donc, on est confronté à un double paradoxe. Et comment ? Puisque le sujet, c'est l'adaptation. L'adaptation, est-ce qu'elle est envisagée d'un modèle - je dirais hollandais - pour faire vite - digue et pompe ? La question, c'est : qui paye ? Ou alors, est-ce que, collectivement, il y a des approches spatiales de recomposition, de dépoldérisation ? Et comment on appréhende le blocage du public ? Parce que moi, c'est des questions auxquelles je suis régulièrement confronté et je suis venu exprès de ma région de Normandie pour voir comment c'est appréhendé ici. Ce que j'ai eu comme écho par rapport aux éléments post Xynthia, des stratégies de digues et autres, m'interpellent par rapport au sujet du jour. Donc, je renvoie la question à la fois à la salle et à vous tous.

Éric CHAUMILLON : Je ne sais pas. Est-ce que quelqu'un d'entre vous veut prendre la parole par rapport à ça ? En fait, ma mission, je la vois comme ça. J'espère parler pour mes collègues. Peut-être qu'il y aura des nuances. Je pense que nous sommes là pour identifier des problématiques de recherche, comme on dit, des verrous scientifiques, apporter de la connaissance, et après, à un moment donné, ça nous échappe. J'ai rappelé les bénéfices de renaturer des zones humides dans la zone littorale. Vous voyez que tous mes collègues cumulent des arguments qui semblent assez rationnels, mesurés, vérifiés, modélisés, qui vont dans le sens de l'intérêt de renaturer ces zones-là. Mais, après, à un moment donné, c'est fini. Nous avons invité le grand public, les gestionnaires et les politiques. Mais, à un moment donné, ça nous échappe. C'est un petit peu comme le GIEC, toutes proportions gardées, bien sûr. C'est-à-dire qu'on donne des résultats et ensuite, à la société civile de s'en emparer et de faire ce qui lui semble être la meilleure solution.

Si vous parlez de Xynthia, ça a été quand même très compliqué, ce qui s'est passé dans l'après Xynthia ici. La première réaction, c'était de dire : il y a des maisons qui ne sont pas à leur place, on exproprie et on fait des zones noires, etc. Vous avez vu à quel point ça a été très mal vécu parce que les gens ont senti qu'il y avait quelque chose qui avait été fait à la va-vite et qu'il n'y avait pas de discernement, que ça manquait d'études. D'ailleurs nous, scientifiques, on est monté aussi au créneau pour dire qu'effectivement, ça manquait d'études. Et finalement, il y a eu un retour en arrière. Puis, un des verrous principaux, c'est qu'il n'y avait pas assez d'argent aussi pour payer les propriétés des gens qu'on expropriait. Donc, voilà, on a vu qu'il y avait des errements et que ce n'est pas simple au final. Je ne sais pas si quelqu'un veut réagir sur scène ou dans la salle. C'est ouvert.

Christine DUPUY : Ce que je voudrais dire, c'est que le rôle du chercheur effectivement, c'est donner la connaissance, acquérir de la connaissance, la diffuser le plus simplement possible, et donner en fait des outils d'aide à la décision. Mais, en fait, notre rôle s'arrête là. C'est-à-dire que derrière, qu'est-ce qu'on fait ? Qu'est-ce qu'on décide ? Ce n'est pas le rôle du chercheur. On n'a pas les possibilités de faire ça.

Lydie GIANELLA GOELDNER : J'ajouterai juste qu'en sciences humaines et sociales, on peut aussi accompagner les gestionnaires ou les élus, les accompagner, les aider par des méthodes peut-être un peu innovantes, comme le jeu de rôle dont on a beaucoup parlé aujourd'hui, ou la médiation paysagère. Mais, c'est vrai qu'au-delà de l'accompagnement, après, c'est à la société de s'emparer de ces sujets, de les accepter, ou de trouver comment les faire accepter.

Robert SLOMP : Je viens des Pays-Bas. Je pense que c'est important pour la France de choisir. Est-ce que vous voulez une politique comme l'Angleterre où le pays se retire de la côte et accepte l'érosion ? C'est donc aussi un choix économique et on protège certaines zones vraiment urbaines. Avant, ce n'était pas très bien réglé. Maintenant, depuis, ils ont une très bonne politique des zones à protéger. Ils ont aussi, comme partout, un manque de fonds. Ou est-ce que la France veut dire : on peut copier les Pays-Bas, mais aussi protéger des zones vraiment à protéger, mais aussi laisser d'autres zones complètement à la nature ? C'est vraiment un choix, comme voua avez dit, de société. Vous avez une immense gamme de choix qu'en tant que chercheurs vous avez présentée aujourd'hui. Mais, c'est vraiment un choix de société. C'est aussi à faire à Paris, mais aussi sur place, parce qu'en fait, ce sont les gens qui habitent ici qui vont être touchés.

QUESTION 3 : Maurice Brossaud, j'habite le Marais, un peu derrière. Aujourd'hui, je n'ai pas l'impression qu'on a un déficit de connaissances, et je suis ravi, j'ai appris plein de choses. Toutes ces connaissances vont dans le même sens, de l'intérêt de la réhabilitation des marais et jusqu'à très loin dans les terres. Aujourd'hui, j'ai l'impression que ces connaissances ne sont pas accaparées par tout le monde et en particulier par les décideurs d'aujourd'hui, des décideurs du terrain et aussi par le public. J'ai l'impression qu'il y a un fossé. Et là, peut-être qu'il faut certainement plus travailler sur la transmission de la connaissance. Aujourd'hui, je pense que c'est primordial. Je suis ravi de venir à ce colloque, mais, je trouve dommage, enfin, il y a beaucoup de scientifiques qui ont réagi. Il y a un élu, Monsieur Biteau l'élu régional, mais, je ne sais pas s'il y a beaucoup d'élus de terrain, des maires, quelques adjoints, des communes du littoral. S'ils ne viennent pas chercher la connaissance, on ne va pas modifier nos réactions et on aura toujours des constructions de digues à la va-vite et on ne gérera pas le problème dans son ensemble.

Éric CHAUMILLON : Je suis d'accord avec vous, c'est clair. Après, honnêtement, on ne peut pas tellement faire mieux que ce qu'on fait parce que'on a également une pression dans notre métier. Notre pression, c'est l'expression anglaise : « Publish or Perisch ». Notre job, c'est - moi, je suis enseignant chercheur - de bien faire mes cours, ne pas être en retard, donner les notes d'examen, ne pas rater de petits rendez-vous et après, c'est de publier. Mes collègues CNRS, comme Xavier ou d'autres, c'est de publier. Pourquoi ? Parce que ça peut être très égoïste, avancement de carrière, si vous voulez. Mais, c'est surtout que si vous publiez, vous pouvez monter des dossiers qui sont crédibles pour avoir de l'argent, pour continuer vos recherches. Donc, on est quand même dans cette course en avant et on peut la critiquer, la trouver absurde. Enfin, on peut dire tout ce qu'on veut, mais au final, c'est un peu ça. Pour moi, c'est un peu marche ou crève. Donc, soit, on fonctionne avec le système et on va chercher des moyens., soit on reste un petit peu sur le côté. Donc, là, ce qu'on est en train de faire devant vous quand même et c'est pour ça que c'était tellement ouvert, c'était gratuit avec les fonds européens etc... c'est qu'on prend ce temps-là pour ça. Voilà, à la limite, on pourrait se dire : tiens, aujourd'hui, je ferais peut-être mieux d'écrire. J'ai deux articles à réviser, que je n'ai pas eu le temps de faire. Je pense que c'est valable aussi pour mes collègues. Donc, je pense que sans nous jeter des fleurs, on a fait cet effort de bonne volonté. Mais, c'est vrai, je suis d'accord avec vous. Alors, peut-être que ce soir, la conférence grand public, puisqu'il y a aussi le problème du fait qu'il y a des gens qui travaillent. Donc, ça, évidemment, clairement, les gens travaillent. C'est difficile de s'en aller du travail pour nous écouter. Peut-être que ce soir, ça marchera un peu mieux. Mais, c'est vrai que si vous avez des meilleures idées, je suis preneur pour que ça passe mieux. Mais, je ne sais pas trop ce qu'on peut faire de plus.

Maurice BROSSAUD : Ce n'était pas une critique négative de votre travail.

Éric CHAUMILLON : Non, j'ai bien compris.

Maurice BROSSAUD : Une critique du manque d'accaparement des élus et des décideurs de terrain.

Éric CHAUMILLON : J'ai bien compris.

Philippe BOUTEAU : On peut préciser quand même qu'il y avait quelques élus aujourd'hui et que demain, c'est une journée qui est beaucoup plus axée sur les décisionnaires et sur les exemples concrets de choses qui ont été réalisées. Donc, il faut venir aussi demain.

Xavier BERTIN : Je voulais juste rajouter quelque chose. C'est un peu personnel comme théorie, mais, vous allez me dire ce que vous en pensez. Je pense qu'une bonne partie de nos décideurs, ce n'est pas spécifique à la France, ne sont pas du tout issus des milieux académiques. Vous savez bien qu'en France, on a ce double système avec les universités et puis, les écoles d'ingénieurs. La plupart des décideurs sont issus des grandes écoles. Je pense que ce qui a été présenté aujourd'hui, les questions de recherche qu'on aborde, elles ne sont pas du tout beaucoup moins abordées dans ces écoles-là, dans ces formations-là. Je pense qu'une bonne partie de nos décideurs ne sont pas vraiment prêts culturellement à adhérer à tout ce qui a été présenté aujourd'hui.

QUESTION 4 : Oui. Emmanuelle Champion de la LPO. Excusez-moi. Je reviens sur un point technique qui s'adresse à Monsieur Walsh. C'est par rapport aux taux de sédimentation qui sont nettement différents entre le littoral et le point que vous avez pris sur la Charente. Donc, une première question : est-ce que la différence de taux de sédimentation pourrait avoir à moyen ou long terme un effet rétroactif sur la vallée inondable de la Charente, en créant un effet « d'aspiration » vers la vallée de la Charente qui pourrait du coup être en relief moins haute que le littoral, puisque son taux de sédimentation est plus faible ? Deuxièmement, est-ce que ce taux de sédimentation plus faible a été expliqué ? Est-ce qu'il peut y avoir un lien avec un éventuel effet d'incision en aval du barrage de Saint-Savinien ou pas ?

JP WALSH : Je pense que c'est vraiment différent de la Charente où nous avons fait une carotte. C'est vraiment à côté du fleuve. Je n'ai pas fait de carotte. Sa sédimentation n'était pas très grande parce que c'est vraiment plus haut. Je ne sais pas, parce que je n'ai pas pris.

Éric CHAUMILLON : Je vais apporter un élément complémentaire. C'est une étude préliminaire. Parfois ce qu'on fait, c'est qu'on liste les défauts de nos études. Là, vous avez compris, c'est du grand public. Alors, on essaie d'aller droit au but. Je pense que notre principale limitation, c'est qu'on manque de points. Donc, il y a un autre projet, une ANR là; qui vient d'être obtenue. ANR, ça veut dire Agence Nationale pour la Recherche. C'est un des tickets qui nous permet d'avoir de l'argent pour faire de la recherche. On l'a obtenue, et dans ce cadre-là, on va faire d'autres points de mesures parce qu'on a conscience que ces points sont assez dépendants et il faudrait avoir plus de points pour pouvoir généraliser. Notre idée aujourd'hui, c'est dire

que finalement, on oppose des sites qui sont un petit peu des culs de sac sédimentaires, des fonds de baie et des zones de transit. La Charente est une zone de transit, comme la Seudre d'ailleurs. Donc, c'est un peu l'explication simple qu'on a trouvée pour le moment. Mais, soyons prudents. Ce qui est clair, c'est qu'il y a beaucoup de sédiments, ça sédimente vite. Mais, par rapport à l'explication de la variabilité spatiale sur le site, je pense qu'il faudra qu'on ait plus de points. Mais, voilà, c'est essentiellement ça.

JP WALSH : C'est difficile parce que oui. Sûrement, avec une carotte, c'est difficile de dire beaucoup de choses. C'est nécessaire de prendre beaucoup de carottes et vraiment, étudier le mouvement de sédimentation pour déterminer l'influence de Brouage, je pense. Par contre, ce qui est intéressant, même si on est en train de dire qu'il y a des limitations, c'est qu'on a vu qu'il y a trois choses qui sont un peu indépendantes qui convergent sur le site charentais, en particulier, à la baie d'Aiguillon en termes de capacité d'adaptation à l'élévation du niveau des mers, c'est qu'il y a le trait de végétation. C'est une méthode. Il y a le Plan 210. C'est une autre méthode. Le Césium 137, c'est une autre méthode. Puis, vous avez Lidar, c'est encore une autre méthode. A chaque fois, c'est des échelles de temps différentes et à chaque fois, ça converge pour tendre vers cette idée que ça s'alimente vite. Puis, après, vous avez vu que les études en Belgique montrent la même chose quand même. Puis, on a fait la biblio, il y a plein d'endroits où effectivement, on voit qu'il y a un potentiel de forte sédimentation. Donc, c'est quand même très intéressant.

QUESTION 5 : Françoise Forget, Architecte au CAUE 17. J'aurais une suggestion de communication envers le grand public. Pourquoi ne pas monter une expo itinérante sur toute la zone côtière pour expliquer toutes les choses passionnantes que vous nous avez montrées aujourd'hui ?

Éric CHAUMILLON : Moi, je veux bien. Mais, notre emploi du temps est très limité. Personnellement, je suis très attiré par la diffusion des connaissances et je sais que je suis constamment obligé de me dire : " Eric, fais attention. Ton job, ce n'est pas… Il ne faut pas que tu oublies que tu as un vrai métier." Donc, là, je pense que nous, on peut servir de conseil scientifique. Je pense que mes collègues seraient ravis de le faire, de prendre un peu de temps pour le faire. Mais, après, oui, il faudrait que ce soit externalisé. Il faut que quelqu'un s'en empare. Là, on a vu que la CDA de La Rochelle veut faire une expo sur le climat. Moi, je la verrais bien évoluer un peu plus sur le littoral, si on me demande mon avis, pour que ça soit un peu plus éclairant par rapport au choix de demain sur nos littoraux. Je pense qu'effectivement, il y a beaucoup de choses à faire avec l'architecture. Alors, juste une remarque. Demain, en fin de journée, il y a Jean Richer qui est architecte des bâtiments de France, qui a fait une expérience. J'ai un petit peu participé à ça. C'est bien parce qu'on le voit aussi sur les défenses de côtes de la CDA, ces défenses de côtes très intégrées dans le paysage. Je pense qu'effectivement, l'architecture a un mot à dire parce que si c'est agréable, beau à voir, agréable à vivre, et que dans tout ça, il y a la nature, je pense ça sera beaucoup plus attractif pour les habitants. Il y a Christine qui me disait que sur la droite, il y avait quelqu'un qui voulait intervenir.

QUESTION 6 : Re-bonjour. Eric Perrin, conseiller communautaire à la CDA de La Rochelle, en charge de la gestion des milieux aquatiques et des zones humides et conseiller municipal de La Rochelle en charge des espaces naturels, de l'eau et de la protection contre les submersions marines. Je voulais répondre effectivement au monsieur qui s'interrogeait sur l'acculturation des élus sur les sujets qu'on a abordés aujourd'hui.

Effectivement, on pourra en donner quelques éléments. Pourquoi effectivement les élus ne prennent pas en main ces tentatives de solutions qui sont proposées, notamment, sur la dépoldérisation.

Alors, pour me faire un peu l'avocat de certains élus, les travaux de protection contre les submersions marines qui sont en train de se déployer sur le territoire ont été conçus un peu sous le coup du choc après Xynthia et concernent pour beaucoup des territoires ruraux avec effectivement, des élus qui devaient répondre rapidement à la demande de la population et qui, pour beaucoup, sur les territoires ruraux, étaient très proches du monde agricole.

Les réponses qui ont été faites, ont été faites aussi avec la connaissance que les élus avaient à l'époque sur ces questions-là. Tout ce qu'on a vu effectivement, ce sont des

données qu'on n'avait pas, il y a huit ans, ou en tout cas, qui n'étaient pas venues jusqu'aux élus. Donc, la réponse, elle a été souvent sur les territoires ruraux, des digues, des digues en terre que l'on connaît notamment, sur la Baie de l'Aiguillon et sur d'autres territoires. Donc, ça tient un peu à ça.

La dépoldérisation, ça demande du temps. Cela demande du temps parce qu'il faut l'expliquer. Il faut que ça soit accepté socialement. Et l'expropriation, ça a été dit, ce n'est pas la bonne solution. On n'y arrive pas. On ne peut pas faire contre. Donc, convaincre les gens, expliquer tout ce qu'on a vu aujourd'hui, qui n'est quand même pas forcément évident de premier abord, ça demande beaucoup de temps, et ce temps-là, je pense qu'effectivement, les élus ne l'avaient pas et la société n'était pas prête par rapport à ça.

Après, sur des territoires comme la CDA de La Rochelle, on a finalement peu d'espaces qui sont potentiellement concernés par la dépoldérisation. Quand je suis arrivé en 2014, j'avais un dossier sur le Marais de Pampin, avec une protection très dure en front de mer, qui ne prenait pas en compte les capacités du Marais de Pampin à absorber, à amortir ces phénomènes de submersion.

Donc, j'ai demandé à ce qu'on reprenne complètement les études. Cela a été fait. C'était le département qui était maître d'ouvrage. On a repris ces études. On n'a pas pu trouver de solution effectivement en arrière du marais. Ce n'était pas possible. Cela ne fonctionnait pas. On était sur des choses qui étaient trop onéreuses et qui ne protégeaient pas correctement les zones bâties. Mais, on a réussi à optimiser la protection avec un ouvrage qui est plus bas et qui va tenir mieux compte effectivement de la capacité d'absorption du marais et on va en profiter pour supprimer la route qui est derrière la digue, supprimer des enrochements et retrouver un cordon de galets et retrouver une continuité paysagère et de milieu entre l'estran et le marais.

Donc, les élus peuvent effectivement apprendre. Ils peuvent effectivement intégrer ces questions-là, mais, ça demande vraiment une acculturation avec des données qui n'étaient pas présentes quand on a lancé ça, quand c'était lancé sur ces territoires. Et puis, c'est pour ça qu'il faut prendre du temps. Donc, aujourd'hui, dès maintenant, il faut qu'on envisage les protections dont on aura besoin dans 20 ans, 30 ans, 50 ans et faire tout ce travail. C'est le travail que fait par exemple le Conservatoire du Littoral, avec Adapto. C'est le travail que l'université fait aussi avec le projet Digues pour effectivement discuter, former les élus, convaincre les gens sur le territoire. Mais, c'est vrai qu'en face, on a une profession agricole qui, sur les territoires ruraux, est très forte et on comprend qu'elle essaie de défendre son intérêt. C'est tout le problème de l'intérêt général, la vision à long terme et l'intérêt privé à court terme.

Éric CHAUMILLON : Juste pour compléter . Je l'ai dit vite fait ce matin. Je ne sais pas si vous étiez là. Mais, les Plans Digues, c'est fait pour 50 ans. Donc, nous, on n'est pas en train de dire l'après Xynthia, ce n'est pas bien. Il ne fallait pas faire comme si, comme ça. On ne dit pas ça du tout. On dit : voilà les connaissances qu'on vous donne. Effectivement, l'horizon qu'on a, c'est l'après Plan Xynthia. C'est-à-dire après 2050. Donc, on a du temps un peu devant nous - j'espère.

QUESTION 7 : Éric, si vous permettez. C'est Jean-Charles. J'ai eu le privilège d'avoir un micro. Je ne suis pas obligé de faire appel. Donc, je ne vais pas en profiter lâchement. J'espère que cette question n'a pas été posée, mais, je voudrais rebondir sur l'intervention de monsieur immédiatement, sur l'élu. J'étais absent quelques minutes de la salle. Mais, dans le cadre de ce colloque international, je suis tenté de demander à nos invités Belges et Hollandais ce qui se passe chez eux. Je pense à monsieur qui s'est déjà présenté et qui va intervenir demain. Ce serait peut-être intéressant de savoir comment se passe cette acculturation dont on vient de parler. Comment les élus se saisissent et les agriculteurs, puisque vous êtes également très concernés par cette population, dans les polders hollandais ?

Robert SLOMP : C'est un travail de longue haleine. D'abord, ce qu'on a fait avec la grande dépoldérisation, c'est d'abord d'avoir des règles. Quel est notre but pour diminuer les niveaux d'eau, pour protéger les terrains agricoles et urbains derrière ? Après, on a fixé les règles. On a demandé des idées à la population et aux experts. Toutes les idées, on les a évaluées de la même façon, quelles soient l'idée d'un élu ou d'un paysan ou de groupe de paysans ou de citoyens qui étaient même loin des rivières et des estuaires.

Sur 400 projets, on en a choisi 40. Avant, on a fait 10 ans d'expérimentation, ceux qui travaillent ou pas. Donc, on a commencé à faire les recherches entre 1995 et 2003. Et en 2003, on a lancé tout ce travail consultatif et le projet s'est déroulé entre 2006 et 2016. Ça a pris 10 ans pour effectuer les travaux et pour certaines zones, on a dû convaincre les élus car l'Etat a quand même voulu certains projets et la ville voulait quelques ponts en plus. Donc, ils ont eu des ponts en plus. C'était une concertation au plus haut niveau d'Etat pour faire avancer le projet. Certaines villes devaient être convaincues, avec des atouts en plus. Donc, oui, ça demande aussi beaucoup d'argent.

On a d'abord évalué que rehausser les digues représentait un milliard, faire les fleuves jolis et faire toute cette zone-tampon, c'était 2,5 milliards. L'Etat a choisi le projet de 2,5 milliards. C'est aussi un choix, mais, on a eu besoin de convaincre d'abord la population, après, les chambres des députés, après, le Sénat. On pensait qu'une fois que les chambres des députés auraient acceptés que le Sénat serait juste un tampon; mais non, le Sénat a mis les trois quarts de l'année pour évaluer le projet.

Donc, tout le temps, on a utilisé cette simplification du niveau de risque. On a dit : le risque augmente si le niveau d'eau augmente dans les rivières des crues. Donc, cette pensée, cette simplification du risque a beaucoup aidé le processus de discussion avec la population, avec les députés, avec les sénateurs, afin que tout le monde comprenne qu'il y avait un risque. Il y avait un choix. Et si on faisait un projet, on avait le choix entre 100 maisons ou 2 000. Ce choix a été débattu. On a aussi montré des

images de maisons à détruire à la population et aux élus. Donc, après, ils ont dû choisir entre différents projets.

Stijn TEMMERMAN : Peut-être ajouter par l'exemple en Belgique. C'était le même processus de discussion avec toutes les personnes qui sont concernées. Je pense que c'est aussi quelque chose qui était très important, c'étaiten des projets pilotes à des échelles petites, des démonstrations. Tout le monde pouvait voir et regarder que c'était un projet avec du succès et c'était très important.

Jean-Charles CATTEAU : Merci beaucoup. Monsieur avait demandé la parole aussi. Je vous laisse reprendre la main depuis la table-ronde.

QUESTION 8 : Je vais prendre le relais. Toujours sur cette question du lien qu'on peut créer entre la recherche et les décideurs, parce que comme vous le disiez, il y a un réel fossé, en tout cas en France. Il me semble indispensable de créer en tout cas dans le cadre de la recherche appliquée, parce que fondamentale, c'est autre chose, mais une pluridisciplinarité des équipes et notamment, une importance, je pense, des sociologues qui eux, sont capables de comprendre les freins des acteurs locaux - on parlait des agriculteurs ou d'autres - et de les intégrer un petit peu aux recherches de solutions des chercheurs en biologie, en géologie ou toutes vos spécialités. Donc, ça, c'est une chose et d'autre part, dans ces cadres de recherche appliquée, on voit que vous avez de plus en plus recours à des modèles et ça semble opportun de les tester sur des territoires qui cherchent à mettre en place des actions qui répondent à des objectifs divers et variés : qualité d'eau, risques de submersion, etc. et de tester vos modèles sur ces territoires-là. De cette façon, les décideurs, les acteurs locaux comprennent également un peu mieux le dispositif et vous, vous bénéficiez d'un petit terrain de jeu intéressant pour rendre vos modèles plus performants, mieux les adapter.

Je rajoute un petit point qui n'a rien à voir. On a évoqué l'importance de la population végétale sur les différents milieux. Est-ce que vous prenez en compte également les arrivées - semble-t-il - assez massives et peu connues des intrants, des polluants, de ce qu'on appelle les perturbateurs endocriniens, etc. qui ont quand même - semble-t-il - une influence sur les écosystèmes végétaux, animaux et autres ? On voit quand même des perturbations sur les activités conchylicoles du coin. On soupçonne un peu ces produits-là. Sachant qu'en plus, on parlait de changement d'activité sur des dépoldérisations, transformer une agriculture en autre pratique professionnelle. Cela vaut peut-être le coup d'anticiper un peu ces problématiques qualitatives des eaux. Merci.

Éric CHAUMILLON : Alors, je disais que j'allais répondre à la première partie de votre intervention, puis, je vais laisser mes collègues répondre sur les deux autres. Vous avez vu que la journée était très dense et on n'a même pas fait la pause-café. Donc, du coup, effectivement, j'ai été le premier à me dire : il manque des disciplines et la sociologie était prévue. Il se trouve que la sociologue, ça fait un an et demi ou deux ans que j'envoie des mails pour préparer les gens. Puis, à un moment donné, il y a un mail qu'elle a oublié. Et quand je l'ai recontactée, elle avait un conflit d'emploi du temps, elle n'est pas venue. Il y a aussi les sciences éco parce que souvent, il y a les aspects de budget avec les analyses coûts-bénéfices qui sont super importantes. On le voit dans tous les grands aménagements, les ports, etc. C'est vraiment fait de façon systématique. On a conscience qu'il manque des éléments. Peut-être qu'avec la deuxième journée, ça comblera des manques. Sinon, dans notre laboratoire, je pense que le fondement de LIENSs, c'est la pluridisciplinarité. On est reconnu par l'institut du CNRS qui s'occupe de la pluridisciplinarité. Donc, on a à cœur de faire travailler ça. On en est conscient et on y va. On essaie de faire ce qu'il faut. Pour la suite, je laisse la parole à mes collègues.

Christine DUPUY : Effectivement, de façon locale, le laboratoire LIENSs, c'est Littoral Environnement et Société. On est pluridisciplinaire. Et aujourd'hui, les marais sont au cœur de nos préoccupations. Il y a un projet ANR. En fait, on vous parle de l'ANR et de la recherche. Donc, c'est l'ANR (Pampa). Un des co-porteurs est aujourd'hui dans la salle et on travaille sur la valeur patrimoniale de ces marais, valeur patrimoniale naturelle, culturelle et paysagère. C'est un projet ANR, qui est complètement interdisciplinaire. Et on est convaincu qu'il faut que toutes les disciplines soient autour de la table pour répondre à ce problème. On en est absolument convaincu.

Sur la réponse à la qualité de l'eau, sur les facteurs endocriniens, je ne saurai pas répondre s'il y a des études localement. En tous les cas, en France, c'est une question majeure et le ministère a aussi financé des projets là-dessus. Sur les polluants, localement, on a une équipe qui travaille effectivement en écotoxicologie. La qualité de l'eau, c'est à la fois les intrants nitrates par exemple, mais, aussi les polluants dans ces milieux. Donc, ça c'est très important.

Thomas, peut-être tu peux rajouter des choses. Je voulais juste compléter sur l'aspect interdisciplinaire.

Lydie GIANELLA GOELDNER : Dans le programme Digues, on a aussi fait en sorte d'être très interdisciplinaire. On n'a pas de sociologue mais on a des géographes humains qui ne sont pas tout à fait sociologues, mais qui savent faire des enquêtes aussi. Et surtout, on a pensé à rajouter un historien. L'histoire, c'est très important pour faire connaître l'histoire des marais avant la poldérisation et montrer que c'était autrement avant et que c'était possible. Il y a aussi des paysagistes parce que c'est très important aujourd'hui de passer par le paysage pour transmettre des idées nouvelles et on a aussi de l'économie pour travailler sur le consentement à payer face à telle ou telle option possible.

Xavier BERTIN : Je voulais juste rebondir sur l'autre partie de la suggestion plutôt qui était d'appliquer nos modèles sur des chantiers locaux. Mais, en fait, c'est déjà le cas, c'est déjà ce qu'on fait. En ce qui me concerne, j'ai travaillé pendant à peu près trois ans sur la submersion associée à Xynthia et je pense l'avoir présenté en

Charente-Maritime peut-être dans le cadre d'une dizaine de réunions publiques, et puis, au moins cinq fois dans des réunions publiques à la mairie de La Faute-sur-Mer. Donc, je pense qu'on fait déjà un effort important. Je rejoins un peu Eric. On ne peut pas faire beaucoup plus que ça. Mais, on ne peut pas les forcer. On les informe, puis, après, ils en font ce qu'ils veulent.

QUESTION 9 : Bonsoir. Robert Vindrinet, un des 14 élus de la commune de Puyravault, dans la communauté de communes de Sud-Vendée-Littoral. Donc, je modère l'enthousiasme de certains élus. Je reconnais que la différence des populations et de mes collègues est très grande.

Je vous fais quand même une remarque positive. Je trouve que les chercheurs fournissent tous les éléments utiles pour les travaux de planification qui pourraient être faits. Ce n'est pas parce que les responsables ne sont pas au courant de vos travaux qu'ils n'en tiennent pas compte, parce que vous êtes venus à la faculté de La Rochelle faire un exposé au Syndicat Mixte Vendée-Sèvre-Autizes. Si vous regardez leurs soi-disant études économiques, ils n'en ont absolument pas tenu compte et ce travail n'est pas une étude économique, c'est un habillage où on a mis des chiffres, alors qu'on aboutissait normalement à quelque chose de non rentable.

Alors, en études économiques, vous permettrez de modérer votre adhésion aux études de coûts-bénéfices. C'est bien insuffisant dans ce type de projet. Vous avez de nombreuses parties prenantes. J'aurais préféré qu'on prenne la méthode des effets qui a été prônée par la Caisse des Dépôts et Consignations, c'est-à-dire qu'on étudie les avantages pour toutes les catégories de privés et pour les collectivités.

Puis, là, c'est moins important. Pour les acteurs étrangers, il n'y a pas beaucoup d'intrants importés. C'est pour modérer un petit peu l'impact qu'on peut attendre auprès des politiques qui craignent beaucoup les réactions des populations si on voulait faire quelques expropriations.

Il y a par contre quelque chose qui m'interroge. Vous avez beaucoup souligné l'intérêt de la sédimentation pour se protéger contre l'augmentation du niveau moyen des mers et le parc naturel régional pour l'instant a fait des actions d'enlever un certain nombre de résidus d'anciens parcs d'exploitations mytilicoles ou ostréicoles pour faciliter l'écoulement des eaux. Il me semble qu'il y a une petite contradiction.

Éric CHAUMILLON : Je pense que ce n'est pas trop à moi de répondre sur cette histoire. En fait, je préférerais que ça soit quelqu'un du PNR, un porteur du Life qui réponde. Là, l'idée, c'est de renaturer le site, donc, effectivement, de rendre le site un petit peu plus proche de ce qu'il était avant, de le renaturer. Alors, effectivement, tous ces débris humains, c'est des pièges à sédiments, c'est clair. Est-ce que pour autant, il faut laisser des pièges, des déchets anthropiques pour que ça piège plus de sédiments ? Voilà, moi, je ne suis pas gestionnaire du Parc. Est-ce que quelqu'un souhaite répondre ?

Dominique ARIBERT : Dominique Aribert de la LPO. Je vais répondre sur cette partie parce que dans le projet Life, c'est la LPO qui porte la partie qui est de la restauration de la vasière par enlèvement d'une centaine d'hectares des crassats d'huîtres. Notre vision première sur ce projet, c'est de restaurer de la vasière. C'est de rendre à nouveau la vasière productive et accessible aux oiseaux en particulier, mais, à toutes ces fonctions autres. Donc, c'est ça l'enjeu. Je rappelle quand même que normalement, dans toutes les concessions conchylicoles et ostréicoles, quand celles-ci ne sont plus actives, il y a normalement une obligation d'enlèvement de tout ça. Cela ne s'est pas fait. Donc, la sédimentation et l'installation des huîtres a lieu depuis 30 ou 40 ans sur ces espaces-là. C'est une expérimentation, ça a aussi fonction de démonstration et effectivement aussi de suivi pour vérifier notre hypothèse de départ sur la revitalisation des vasières qui se trouvent prisonnières en fait de ces crassats.

Jean-Charles CATTEAU : Merci. Bonsoir. Simplement pour dire que ça sera probablement la dernière question parce qu'il est 18 heures et vous savez qu'il y a une suite à 20 heures 30 et il faut absolument qu'il y ait une pause.

Oui. J'en connais un qui va déjà bien dormir ce soir, mais, il a encore du boulot.

QUESTION 10 / Éric COLLIAS : Alors, je ne vais pas poser de question. C'est juste un élément d'information. Je m'appelle Eric Collias. Je suis consultant indépendant. Dans la baie du Mont-Saint-Michel, vous avez une digue-route qui s'appelle la digue Sainte-Anne qui ceinture le marais de Dol qui est submersible. La classe de submersion avait suggéré, même recommandé d'augmenter la hauteur de cette digue-route pour les perspectives d'élévation du niveau marin. Donc, c'est pour évoquer le rôle

de traducteur d'une personne qui travaille en tant que chargée de mission littoral au département et qui a incité fortement à remettre en question cet atlas sur la base de travaux qui sont faits par le Labo de Géomorphologie littorale de Dinard. Tout simplement, après des études d'épuisement de la houle qui ont été menées par ce laboratoire, ils se sont rendu compte que les bancs coquilliers avaient effectivement une capacité d'épuisement de l'ordre de 80 à 90 % - je ne connais pas les résultats exacts - qui ont effectivement convaincu les autorités locales de ne pas faire des digues, comme vous évoquiez tout à l'heure, mais, d'utiliser cette fonction naturelle des bancs coquilliers qui sont menacés parfois par des pratiques sportives comme le char à voile, mais, dont aujourd'hui, les pouvoirs publics, les autorités locales, la population a pris conscience de sa fonction. Donc, aujourd'hui, il y a un vrai travail de remise en question de céder l'atlas pour utiliser ce potentiel.

QUESTION 11 : Re-bonjour. Éric Rejol, toujours AFB MNHN. J'écoute avec attention les débats qu'il y a autour du schisme entre les politiques, les scientifiques, etc. et ce que vous dites par rapport au vrai métier des scientifiques, ce à quoi je souscris. Pour autant, je voudrais quand même porter à votre connaissance le fait qu'à l'AFB - je ne suis pas là pour faire la pub de l'AFB, d'autant plus que dans un an, on ne sait pas comment on s'appellera. Donc, je suis mal placé pour faire de la pub. Mais, il y a deux directions. Il y en a une qui s'appelle « Recherche Développement Innovation » où dans cette direction-là, il y a des chercheurs et des anciens chercheurs qui ont vocation à faire ce lien-là et à faciliter ce transfert. Je pense que ça peut être intéressant que vous ayez en tête que cette direction existe. Il y a une autre direction à l'AFB qui s'appelle « Appui aux politiques publiques et aux acteurs ». Au sein de cette direction-là, il y a ce qui s'appellent des centres de ressources, qui peuvent aussi aider à faciliter ce transfert. Donc, je pense que dans le cadre de vos préoccupations, ça pourrait être intéressant que vous posiez la question de savoir ce que l'AFB peut vous apporter pour faciliter ce transfert.

Jean-Charles CATTEAU : Ecoutez ! On a bien retenu. Je vous remercie pour votre attention. Donc, c'est bien, vous avez tenu le coup, sans pause. Et en finissant presque à l'heure.

3 | Les stratégies d'adaptation des gestionnaires d'espaces naturels

Éric CHAUMILLON

Université de la Rochelle
UMR CNRS 7266 LIENSs

3.1 | Synthèse des principaux enseignements de la première journée dédiée à l'état actuel des connaissances scientifiques

Bonjour à tous. Je vais essayer de faire cette synthèse assez rapidement.

Ce que je voulais rappeler, c'est la motivation de la communauté scientifique dans le cadre de ce genre de conférences.

C'est vraiment un travail qu'on fait en plus de notre activité professionnelle, avec cette motivation de faire diffuser la connaissance au maximum vers la société et les citoyens, parce que vous savez que notre métier, c'est plutôt de publier dans des revues internationales en anglais; revues qui sont payantes et très chères et auxquelles finalement peu de gens ont accès à part les résumés que l'on peut télécharger sur Internet.

Une autre chose, c'est qu'il y a un manque de connaissances et de stratégies partagées. On sait très bien que dans le monde des experts, des gestionnaires, il n'y a pas forcément beaucoup de dialogues, et avec les acteurs, c'est la même chose.

Et puis, enfin, dans la communauté scientifique, vous avez une profusion de publications scientifiques. Je connais assez peu de collègues qui sont capables de suivre la production scientifique. Ce sont des dizaines de milliers d'articles qu'on peut télécharger sur Internet. Il y a quand même une nécessité de faire des synthèses, on s'en rend compte quand on dirige les thèses.

C'est donc le troisième colloque de ce genre que nous organisons. En 2010 nous avons fait un ouvrage de synthèse «Les littoraux à l'heure du changement climatique» qu'on peut même acheter en ligne, je me suis aperçu de ça l'autre jour.

Et puis en 2014, on a choisit de produire un article scientifique, justement, dans ces fameuses revues, en anglais; et là, c'est intéressant parce que c'est finalement assez cité et donc utile à la communauté.

Marais littoraux ?

Donc, ces marais littoraux sont les objets qui nous rassemblent aujourd'hui. Je me suis aperçu, au cours de différentes réunions, que les gens n'étaient pas forcément d'accord et qu'il y avait un flou sur la définition des marais. Je vais vous redonner la définition des marais telle qu'on l'utilise.

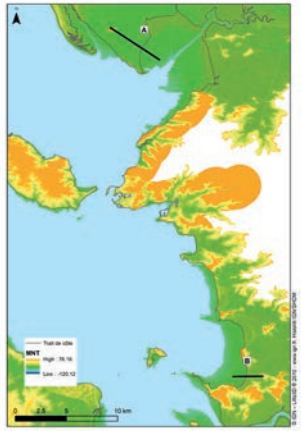
Vous avez cette fameuse slikke, c'est la zone intertidale nue ; le schorre, c'est la zone intertidale végétalisée et c'est surtout sur elle qu'on a travaillé hier, et pour laquelle on a donné des résultats. Mais vous avez aussi la zone de marais rétrolittoral qui, normalement n'est pas inondée par l'eau de mer, mais qui est quand même une zone humide. On le voit bien sur la photo.

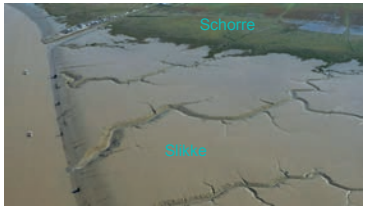
J'aime bien présenter cette coupe (graphe). C'est la coupe A tout en haut sur la carte : on va de la mer vers la terre. C'est le rocher de la Dives, la petite tache jaune qui est tout en haut. C'est une ancienne ville du 17e siècle où on retrouve les unités géomorphologiques dont j'ai parlé : la slikke, le schorre et le marais rétrolittoral et

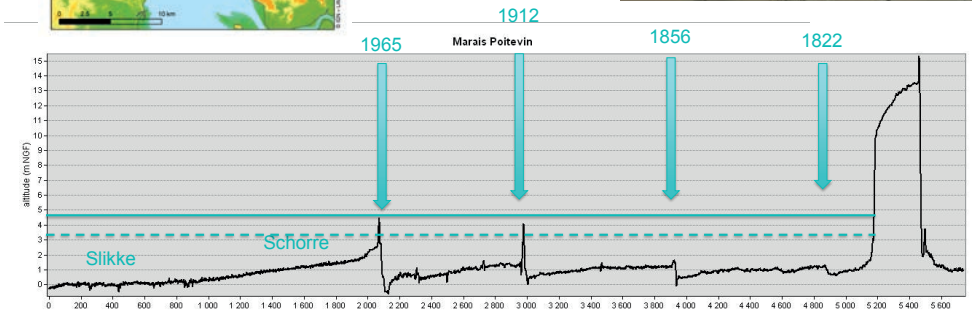
Introduction au Colloque

- La Science vers la société et les citoyens
- Manque de connaissance et stratégie partagée Experts / Gestionnaires / Acteurs
- Profusion des publications scientifiques : nécessité de synthèses

Diapo 02 > Introduction







Diapo 03 et 04 > Marais littoraux

on voit très bien aussi que tous ces territoires sont très en dessous du niveau des plus hautes mers ; les plus hautes mers sont symbolisées en pointillés et le niveau de référence, la tempête de référence, Xynthia, est symbolisé en traits pleins. Alors, pourquoi on est là ?

Comme on l'a vu dans la bibliographie, à l'horizon 2100, on imagine que beaucoup de ces zones humides côtières pourraient être submergées. Elles ont beaucoup de valeur et c'est ce que va montrer une partie de ce résumé.

Thèmes

Voici les thèmes qu'on avait prédéfinis bien avant ce jour par rapport à la collecte des données et des échanges avec les collègues scientifiques.

Le Changement climatique

Je vais vous faire un petit résumé. C'est Alain Mazeau qui a introduit la journée hier. Il est climatologue, et travaille dans un des plus gros laboratoire de climatologie en France.

Son message s'appuyait sur la courbe qui est là, et de nous redire qu'effectivement, c'était mesuré, vérifié, il y a bien une élévation de la température.

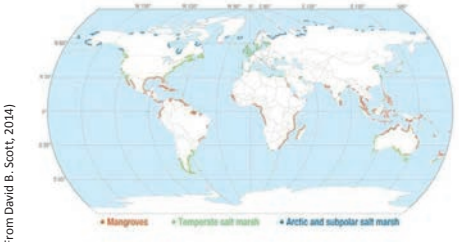
J'ai rajouté la courbe en bas à droite, parce qu'il y a toujours des gens qui doutent de la contribution humaine. Vous avez ici une courbe en continu noir qui indique les observations et en rouge et en bleu, ce sont des résultats de modélisation ; on modélise grâce à des logiciels cette évolution de la température, on essaie de comprendre les différents mécanismes et on voit que, quand on ne met pas les gaz à effet de serre d'origine anthropique, on n'arrive pas à simuler les observations, seule l'introduction des gaz à effet de serre anthropiques permet de simuler.

Ses messages sont donc les suivants : comprendre les mécanismes du climat, prévoir les risques à venir et les impacts, les conséquences et trouver des stratégies d'adaptation.

Et évidemment, vous l'avez vu avec le GIEC, les scientifiques nous disent : « ne nous élevons pas au-delà de 1.5 ou 2 degrés, parce qu'après il y a trop d'incertitudes. On ne sait ce qui va se passer avec des boucles de rétroaction positive ». On en a parlé hier, les émissions de méthane océaniques mais aussi des zones froides boréales, des pergélisols.

Le message, c'est d'agir le plus vite possible.

20 à 60% des zones humides côtières pourraient être submergées avant 2100 (Titus, 1988 ; Nicholls et al., 2007 ; Craft et al., 2009).



(From David B. Scott, 2014)

Diapo 05 > 20 à 60 % des zones humides côtières pourraient être submergées avant 2100

(1) Changement climatique

(2) Niveau marin global relatif et absolu

(3) Variations rapides du niveau marin

(4) Adaptation naturelle

(5) Intérêt des marais littoraux

(6) Bénéfices de la restauration des zones humides

Diapo 06 > Thèmes

Alain MAZAUD, Climatologue du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE) CEA- CNRS-UVSQ

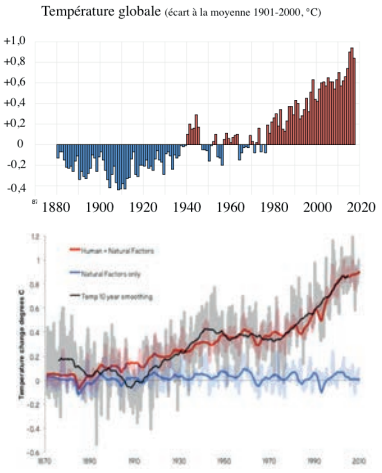
Défis scientifiques

- Comprendre les mécanismes du climat
- Prévoir les risque à venir et les impacts

Défis sociétaux

- S'adapter
- Limiter le réchauffement c'est limiter les conséquences sur les sociétés et la nature.

Agir au plus vite..
.. Citoyens, Villes, Régions, Pays, International..
⇒(limiter le réchauffement à 1,5 ou 2 °C)



Diapo 07 > Le changement climatique

Le niveau de la mer monte : observations marégraphiques et marais maritimes

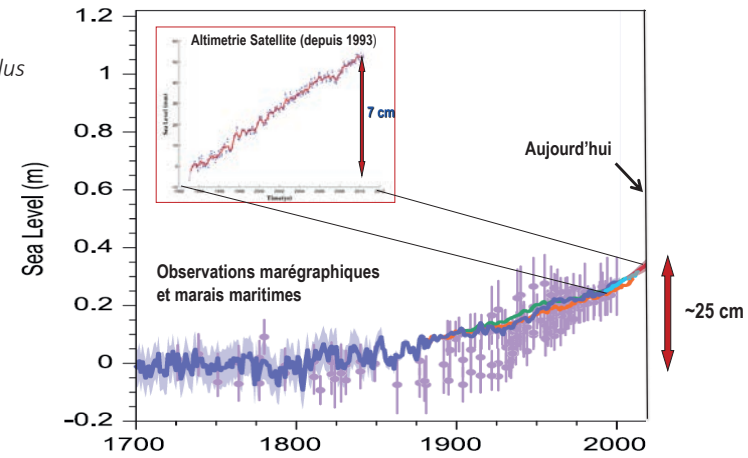
Nous avons eu ensuite une intervention extrêmement démonstrative de Benoît Meyssignac qui travaille dans un très gros laboratoire à Toulouse, le LEGOS, et qui travaille avec l'Agence spatiale. Ce sont un peu les champions de la valorisation des données spatiales qui sont extrêmement utiles pour avoir une vision globale de la planète, en particulier l'élévation du niveau des mers, mais aussi le suivi des glaces ainsi que d'autres phénomènes globaux.

Benoît m'a dit « moi, ce que j'aimerais que tu présentes, c'est ça! » C'est cette courbe. Qu'est-ce qu'elle montre cette courbe ? Je n'ai montré qu'une partie de la courbe, mais on a une reconstitution très précise jusqu'à - 1000. Cette courbe nous montre que le niveau de la mer ne bougeait quasiment pas. On voit des oscillations, mais la tendance est quasiment de moins de 1 millimètre par an. Et ce qu'on voit grâce aux données satellitaires, c'est que depuis le 20e siècle, et surtout sa fin, il y a une accélération. C'est-à-dire qu'aujourd'hui, l'élévation du niveau des mers, c'est 5 à 10 fois ce qui s'est passé au dernier millénaire.

Depuis 1900, le niveau de la mer monte 3 à 5 fois plus vite que lors du dernier millénaire. Il y a une véritable accélération et on prévoit pour l'horizon 2100 entre 50 centimètres et 1 mètre. Même l'hypothèse de 1 mètre pourrait être optimiste parce qu'au final, il y a une méconnaissance des phénomènes de débâcle glaciaire au-delà de la fonte glaciaire.

Depuis 1900 le niveau de la mer monte 3 à 5 fois plus vite que lors du dernier millénaire

Benoît MEYSSIGNAC, Université de Toulouse, UMR 5566 CNRS - IRD - CNES Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS)



Diapo 08 > Le niveau de la mer monte : observations marégraphiques et marais maritimes

Mesures des déplacements du sol par GPS

Ensuite, on a parlé des mouvements verticaux. C'est essentiel parce qu'effectivement, si on s'arrête à ces diapos-là, tout le monde va dire « la mer monte, donc, il y a une submersion généralisée!» En fait, non, pas du tout. Il n'y a pas de submersion généralisée, parce que vous avez des côtes qui montent, il y a même des côtes qui montent très vite.

Ce sont des travaux qui sont faits non pas à Toulouse, ni à Paris, mais à La Rochelle.

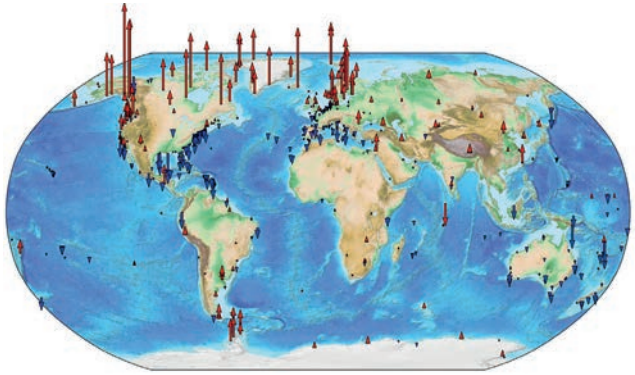
À La Rochelle, on a un très gros centre de traitement des données GPS qui permet de calculer les mouvements verticaux. C'est le collègue Guy Wöppelman qui est responsable de cet observatoire.

Et ce que l'on voit ici, c'est que toutes les zones boréales en particulier se soulèvent.

Ce phénomène est lié à la glacio-isostasie; c'est lié au fait qu'il y a 20 000 ans, il y avait de la glace partout : 1 à 2, voire 3 kilomètres de glace. Cette glace a fondu et les continents ont été délestés. Ils se soulèvent et se soulèvent encore, parce que le mouvement de délestage implique une migration du manteau en dessous ; ce manteau est très visqueux et on a encore aujourd'hui une réponse à cause d'une

Mesure des déplacements du sol par GPS

Guy WÖPPELMANN, Université de La Rochelle, UMR CNRS 7266 LIENSs



Composante verticale – Dernière solution de l'Université de la Rochelle (Santamaria-Gomez *et al.* 2017)

Diapo 09 > Mesure des déplacements du sol par GPS

glaciation qui s'est passée il y a quelques milliers d'années.

Vous pouvez voir des flèches bleues : il y a des zones qui subsident - c'est le mot pour expliquer le mouvement vers le bas. Et donc quand vous avez 3 millimètres d'élévation du niveau des mers et que vous subsidez 1 centimètre, ce que ressentent les habitants, c'est un 1+03, donc, 1,3 centimètres. On a même vu qu'il y avait des zones où ça pouvait aller à 2 centimètres par an. C'est extrêmement problématique.

Mouvements verticaux tectoniques

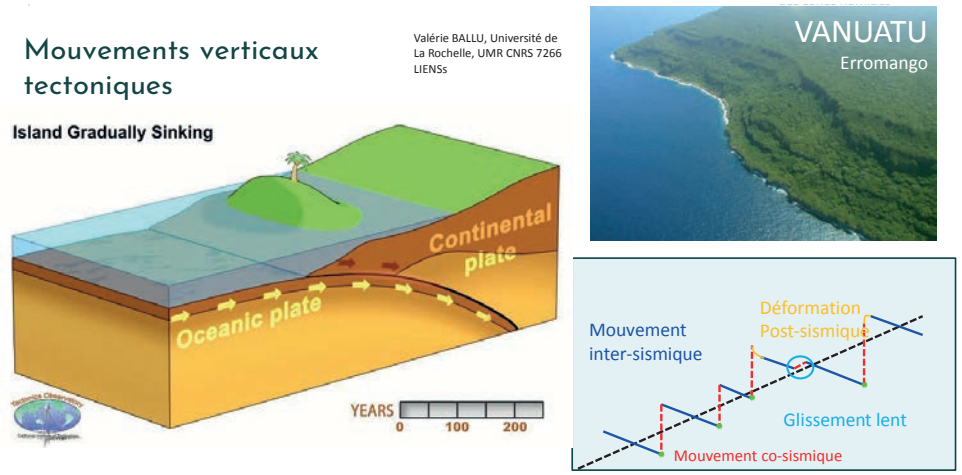
On a parlé aussi d'autres mouvements verticaux, parce qu'évidemment en Charente-Maritime, il n'y a pas de gros séismes.

Mais comme on est des scientifiques, il fallait qu'on parle des séismes, parce qu'il y a plein de côtes qui se soulèvent. L'exemple des Vanuatu présenté hier était assez spectaculaire.

Une petite animation qui explique ces fameux séismes aussi.

Vous allez voir la plaque subductante qui couple avec la plaque chevauchante. Elle entraîne vers le bas cette plaque. L'île s'enfonce. C'est ce qu'on voit dans un certain nombre d'archipels aujourd'hui et à un moment donné, le couplage va être trop fort, il va y avoir une rupture. Et effectivement, l'île va se ressoulever et cela va provoquer un tsunami. C'est un phénomène assez classique, et évidemment extrêmement dramatique.

Vous avez donc des séries de mouvements vers le bas, vers le haut avec des tendances. On a pris l'exemple d'une tendance au soulèvement, mais il y a des zones qui subsident avec les mêmes mécanismes.



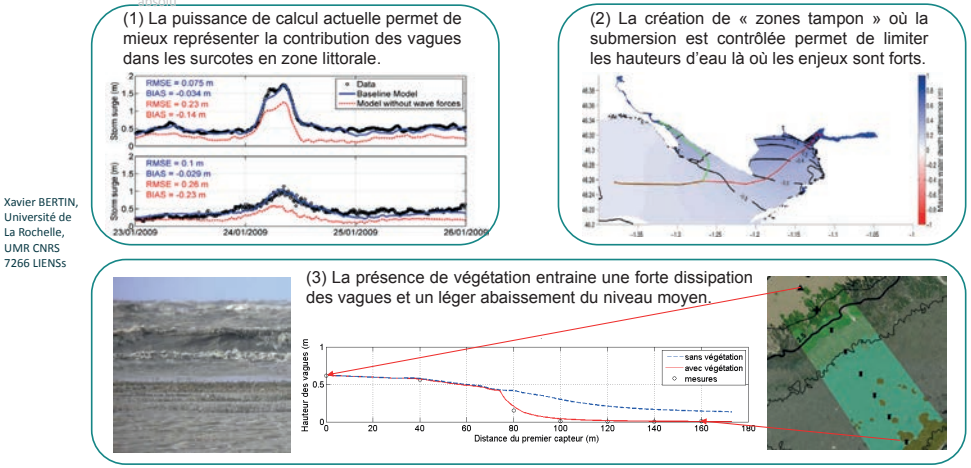
Diapo 10 > Mouvements verticaux tectoniques

Modélisation numérique des surcotes

Une autre chose qui a été importante, qui est aussi faite au LIENSs, c'est les contributions des gens et des équipes qui travaillent sur la modélisation numérique des surcôtes et donc, des phénomènes brutaux, locaux et qui font monter la mer très, très vite.

On a vu des exemples ; en Charente-Maritime, c'est la surcote Xynthia avec ses 1,60 m qui est la référence. Dans la Gironde, c'est plutôt la surcote de 2 mètres qui est celle de la tempête Martin. Mais quand vous voyez Katrina, à La Nouvelle-Orléans, on arrive à 8 mètres de surcote. Sur différents endroits du monde, ces surcotes peuvent être très fortes.

Ce qu'a montré Xavier Bertin avec toute son équipe, c'est qu'on sait maintenant mieux modéliser la contribution des vagues, et c'est très important. C'était un parent pauvre des modélisations dans les surcotes.



Diapo 11 > Modélisation numérique des surcotes

Ce qu'il a montré aussi c'est que quand on laisse inonder les zones côtières, on limite les hauteurs d'eau. C'est essentiel par rapport aux aménagements futurs.

Et ce qu'il a montré également, c'est que ces prés salés étaient des environnements qui dissipaient les vagues.

Sédimentation

Je vais conclure là-dessus ; je ne vais pas pouvoir présenter toute la journée, mais on s'est un peu mis d'accord qu'il fallait rattraper le temps. J'imagine aussi que toutes ces conférences seront en ligne, vous pourrez les télécharger.

C'est un message qui, en discutant, était un peu moins connu : la seule façon de rattraper l'élévation du niveau des mers et la subsidence, c'est les apports sédimentaires.

Vous avez des zones aujourd'hui qui subsident, la mer monte mais il y a tellement d'apports sédimentaires que la côte gagne quand même sur la mer et c'est ce qui se passe un petit peu dans nos régions. C'est à dire qu'on a calculé les migrations du trait de côte, les taux de sédimentation.

Regardez bien ces chiffres : 1,6 cm par an; ça veut dire que dans une côte où la mer monte à 3 mm par an, la sédimentation gagne 1,6 cm par an, c'est beaucoup plus. Il y a une capacité du système à s'auto-équilibrer si tant est qu'on le laisse se développer, ainsi que ses prés salés.

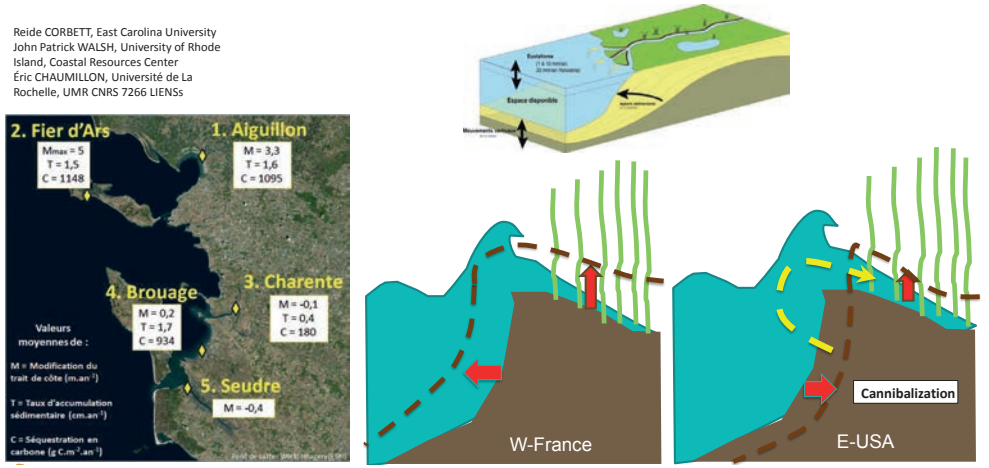
On a comparé avec les U.S.A qui ont un autre comportement. La fig 01 serait la partie occidentale de la France, notre région et la fig 02, les USA où on a un budget sédimentaire qui est moins bon.

Alors, les marais salés s'élèvent, mais en fait, pour qu'ils puissent s'élever, cela se fait aux dépens de la régression de ces prés salés.

Et je vais m'arrêter là, même s'il y avait d'autres choses à dire sur l'eau continentale, sur les écosystèmes, sur le puit de carbone qui est essentiel et qui fait qu'il faut préserver ces zones humides.

Sur les solutions de dépoldérisation et sur les problèmes d'acceptation de la dépoldérisation, je suis désolé de vous présenter ça à toute vitesse, mais il faut gagner du temps et je vous le dis, je suis sûr que mes collègues seront d'accord pour vous répondre.

Reide CORBETT, East Carolina University
John Patrick WALSH, University of Rhode Island, Coastal Resources Center
Éric CHAUMILLON, Université de La Rochelle, UMR CNRS 7266 LIENSs



Diapo 12 > Sédimentation

Il y a donc quatre avantages essentiels aux marais littoraux.

Le premier avantage, c'est la sédimentation. Si vous laissez ces schorres, il y a plein de biblio partout dans le monde où plein de chercheurs calculent les taux de sédimentation et c'est clair que ces zones sédimentent très vite. Il y a des endroits où ça ne rattrape pas le niveau de la mer, où il y aura un problème, mais il y a plein d'endroits où ça marche. C'est le premier avantage.

Le deuxième avantage, c'est que si vous laissez des zones vastes s'inonder, vous allez limiter les hauteurs d'eau lors des tempêtes. Cela a été montré dans plein d'endroits dans le monde, pas qu'en Charente-Maritime, et on arrive à limiter des hauteurs d'eau jusqu'à 1 mètre, c'est énorme ! En laissant s'inonder, on empêche la mer de monter de 1 mètre.

L'autre avantage, ce sont ces histoires de vagues, parce que vous savez que les vagues sapent les digues. Donc si vous avez un pré salé, votre digue ne va pas être impactée par les vagues, mais pas du tout. Il n'y a plus de vague du tout. C'est le deuxième avantage.

Le troisième avantage, c'est la biodiversité. Il y a énormément de bestioles qui vont se nourrir là-dedans, des bestioles qu'on utilise. Alors chez nous, ce sont les bars, les soles, la nourriture qui va aux moules, aux huîtres. Il s'agit quand même des services écosystémiques, comme on dit.

Et enfin le quatrième avantage, c'est ce puit de carbone phénoménal. Ce sont les zones les plus productives dans les écosystèmes, plus productives qu'une tempête, qu'une forêt tropicale et en plus, c'est piégé par les sédiments.

Cela fait quatre raisons essentielles. Et d'un point de vue rationnel, je pense que tout le monde va dire qu'il faut préserver ces zones humides. Après, il y a des difficultés.

3.2 | Importance des milieux humides dans l'adaptation des territoires littoraux

Frédéric RUYSSCHAERT

Chargé de mission
Ministère de la Transition Écologique et Solidaire

Bonjour à tous et merci.

Je suis chargé de mission dans un bureau de la Direction de l'eau et de la biodiversité qui s'occupe principalement de gestion du trait de côte. Je vais vous donner un petit panorama, pas forcément exhaustif, des actions du Ministère en la matière.

Deux défis majeurs : effondrement de la biodiversité...

Sans attendre, un élément de contexte sans s'attarder non plus sur les deux défis majeurs auxquels on est confronté. On a beaucoup parlé de changement climatique. Forcément, c'était le thème de ces journées, mais il y a aussi l'effondrement de la biodiversité avec des signaux assez alarmants sur l'idée que la moitié des espèces pourraient avoir disparues au rythme actuel, qui est 100 à 1000 fois supérieur au taux naturel d'extinction des espèces.

On parle de « sixième extinction de masse » ; la cinquième étant celle des dinosaures, il y a 65 millions d'années. Et celle à laquelle on assiste maintenant est beaucoup plus rapide. On a un baromètre donné par l'EICN dans le cadre de sa liste rouge qui signale, sur les espèces qui sont étudiées, que 28 % sont menacées. C'est particulièrement le cas pour les amphibiens qui vivent dans les milieux humides dont 41% sont menacés. Au niveau des milieux naturels, 60 % sont dégradés au cours des 50 dernières années et près de 70 % sont exploités au-delà de leurs capacités.

On connaît les causes aussi qui sont, comme pour le changement climatique, les activités humaines avec la destruction, la fragmentation des milieux liés à l'urbanisation, les infrastructures, une surexploitation, des pollutions et le changement climatique qui vient par-dessus aggraver la situation.

... et changement climatique

Je n'insiste pas beaucoup sur le changement climatique, Éric Chaumillon a fait une synthèse qui rappelait la situation. Juste pour souligner qu'effectivement, c'est un changement déjà engagé et déjà mesuré avec une augmentation de 1 degré, des taux de l'élévation du niveau marin qui sont mesurés et constatés. De même pour l'augmentation de l'acidité des eaux et bien d'autres phénomènes. Le dernier rapport spécial du GIEC indiquait que, selon la trajectoire actuelle, l'augmentation de 1,5 degré devrait arriver entre 2030 et 2052; et en suivant cette trajectoire, si on ne maintient pas à 1,5 degré mais 2 degrés et au-delà, on ne sait pas forcément très bien ce qu'il se passera.

Mais voilà, cela se traduit par un niveau marin qui augmente de 26 à 70 cm et 10 cm de plus à 2 degrés, voire 1 mètre par la suite. Cela augmente la fréquence et surtout l'intensité des événements extrêmes. Et comme on l'a dit, sera responsable de 20 à 30 % de l'extinction des espèces animales et végétales.

Deux défis majeurs : effondrement de la biodiversité et changement climatique

Biodiversité :

- -1/2 espèces d'ici un siècle au rythme d'extinction actuel
  (100 à 1000 x supérieur au taux naturel)
  = 6ème extinction de masse (5ème = dinosaures, -65 millions d'années) / Anthopocène
- Selon l'inventaire (Liste Rouge) de l'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature) en 2018 :
  28 % des 93 577 espèces étudiées sont menacées
  dont 41 % des amphibiens
  25 % des mammifères
  13 % des oiseaux
- 60 % des milieux naturels dégradés au cours des 50 dernières années
  près de 70 % exploités au-delà de leur capacité.
- Causes = activités humaines : destruction et fragmentation des milieux (l'urbanisation, infrastructures de transport, etc.), surexploitation, pollutions, espèces exotiques envahissantes, + changement climatique

Diapo 02 > Deux défis majeurs : effondrement de la biodiversité...

Changement climatique :

cf. GIEC : 5ème rapport (AR5) 2015 + Rapport spécial (1.5 °C) octobre 2018

- Changement déjà engagé :
  + 1°C depuis la révolution industrielle
  taux d'élévation du niveau marin accéléré :
  + 3,2 mm/an (1993-2010)
  Augmentation de l'acidité des eaux superficielles des océans
  pH diminué de 8,25 à 8,14 (1975-2004)
  Etc.
- Trajectoire actuelle : +1,5°C entre 2030 et 2052 puis +2°C... +3°C... ?
  Niveau marin : +26 à 77 cm en 2100 si +1,5°C (+10 cm encore à +2°C)
  Augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes
  (tempêtes, inondations, etc.)
  Extinction de 20 à 30 % des espèces animales et végétales
  Etc.

Diapo 03 >... et changement climatique

13e Conférence des parties RAMSAR

Un petit focus sur les zones humides, justement, qui sont prises en compte dans la convention Ramsar signée par 170 pays et dont la treizième Conférence des parties s'est tenue en octobre 2018, à Dubaï, en présence de 1000 à 1200 délégués qui ont produit deux rapports : un Global Outlook plus général et un rapport spécifique sur les zones humides méditerranéennes.

Ces deux rapports signalent un constat alarmant aussi pour les zones humides qui disparaissent trois fois plus vite que les forêts, avec un tiers de zones humides disparu depuis 1970. Et là aussi, on constate une accélération depuis 2000, avec des causes qui sont là encore, humaines: changement climatique, démographie, urbanisation.

La conférence a reconnu aussi, comme on l'a dit, l'importance des zones humides pour l'ensemble des services qu'elles rendent et qui ont été présentés précédemment. Je n'y reviens pas, mais cette importance a été soulignée et a été vue un peu comme les premières potentielles solutions fondées sur la nature.

Face à ces constats un peu alarmants, on a besoin d'un professeur Feuillage ou d'un petit strip de Calvin Hobbes juste pour dire que ce n'est pas forcément une fatalité, qu'on peut agir. On a vu hier également dans les propos tenus par les scientifques présents que des solutions existent pour protéger la nature et qu'il est encore temps d'intervenir pour réduire notamment les émissions de CO^2 et pour s'adapter.

Plan d'actions du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

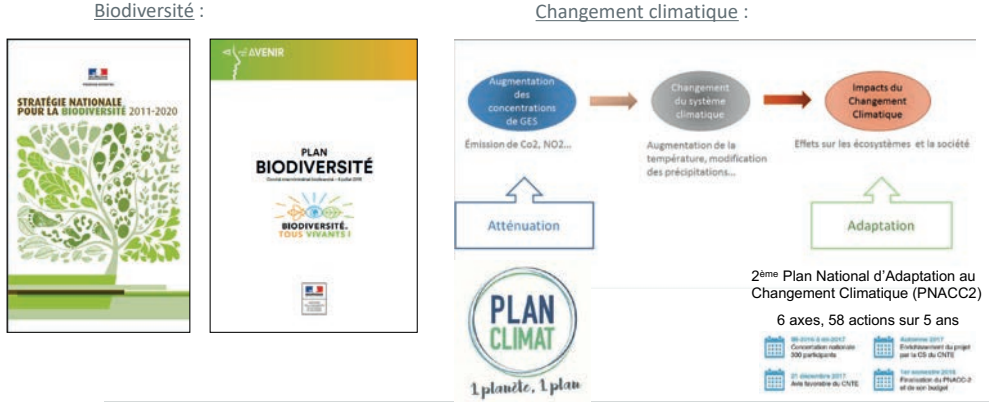
Le Ministère met en place un certain nombre de plans d'action pour y répondre.

Pour la biodiversité, il s'agit de la stratégie nationale de gestion pour la biodiversité qui est menée sur la période 2011-2020 et le Plan de biodiversité qui vient d'être publié en juillet dernier. Et en matière de changement climatique, on distingue les politiques d'atténuation qui visent à réduire les émissions de gaz à effet de serre et qui sont prises en compte dans un plan climat, des politiques d'adaptation aux changements déjà constatés et aux changements à venir.

Un scientifique du GIEC dont le nom m'échappe, me disait qu'on a maintenant besoin d'éviter l'ingérable et de gérer l'inévitable. C'est un peu les deux parties pris : éviter l'ingérable, ce sont les politiques d'atténuation, et gérer l'inévitable, ce sont les politiques d'adaptation traduites par un Plan national d'adaptation au changement climatique, un PNACC, le deuxième en cours et qui devrait être publié très prochainement. Ce plan a reçu un avis favorable du Conseil national de la transition écologique et devrait bientôt être publié.

Diapo 04 > 13e Conférence des parties RAMSAR

Diapo 05 > Causes anthropiques



Diapo 06 > Plan d'action MTES

... et plusieurs stratégies, actions, politiques publiques

En matière de zones humides, on s'appuie aussi sur un plan national d'action en faveur des milieux humides. C'est le troisième sur la période 2014-2018. Il se termine cette année. Les objectifs étaient de poursuivre le plan précédent qui avait été salué par le CGEDD comme intéressant. Il s'était beaucoup centré sur la dimension fonctionnelle de ces milieux humides, avec une volonté d'en poursuivre la restauration et la protection qui concernent un grand nombre de politiques publiques, on l'a vu : biodiversité, climat, eau potable.

L'objectif était de disposer d'une vision globale de la situation, pour mettre en place des actions qui associaient l'ensemble des acteurs. L'idée était vraiment de travailler en partenariat. A priori les bilans sont en cours. La mise en œuvre a été jugée satisfaisante, mais insuffisante pour protéger efficacement l'ensemble des zones humides.

Je vais insister un peu plus sur la stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte ; c'est plutôt celle sur laquelle j'interviens personnellement qui vise à anticiper les évolutions du littoral et faciliter l'adaptation des territoires.

On est bien dans une politique d'adaptation au changement climatique, tout particulièrement sur le recul du trait de côte et les phénomènes d'érosion. J'ai cru comprendre que la baie de l'Aiguillon et les milieux humides dans la région comme les marais, avaient plutôt des phénomènes d'accrétion. Mais ce sont quand même des phénomènes d'érosion, un problème qui concerne l'ensemble des départements du littoral français.

dont :

Objectif :

- dans la continuité du plan 2010-2013 (évaluation positive du CGEDD)
- centré sur la **dimension fonctionnelle** des milieux humides
- poursuivre action spécifique sur ces milieux concernés par nombreuses politiques publiques
- disposer d'une **vision globale** de la situation
- mettre au point une stratégie de préservation et reconquête, en **associant les acteurs**
- **Mise en œuvre satisfaisante mais à renforcer…**

Diapo 08 > Et plusieurs stratégies, actions, politiques publiques

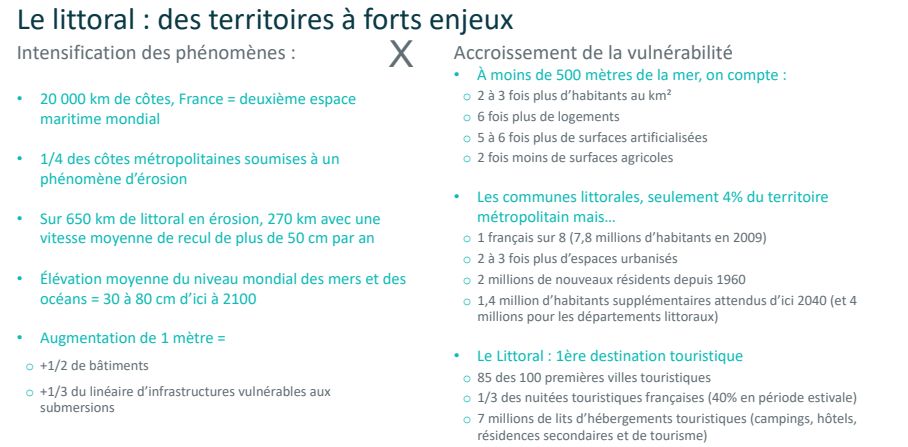
Le littoral : des territoires à forts enjeux

Ce qui nous pousse à envisager à renforcer la résilience des espaces littoraux d'une façon générale, en adoptant une politique intégrée (non pas en silo) et en s'appuyant sur le rôle des milieux naturels, et qui nous pousse à repenser globalement l'aménagement du littoral, à expérimenter et à partager les retours d'expérience.

La stratégie s'attache aux littoraux parce qu'on a :

- à la fois, une intensification des phénomènes. Comme on l'a vu, un quart des côtes métropolitaines ont un phénomène d'érosion qui, par endroit, peut être assez rapide et l'élévation du niveau mondial des mers va aussi aggraver la situation.

- et d'un autre côté, une plus grande vulnérabilité parce que les territoires littoraux sont des territoires extrêmement attractifs. Je ne vais pas dévoiler tous les chiffres clés, mais avec à moins de 500 mètres de la mer, deux à trois fois plus d'habitants au kilomètre carré, des projections de l'Insee qui tablent sur 1,4 million d'habitants supplémentaires d'ici 2040 dans les communes littorales et 4 millions pour l'ensemble des départements littoraux, une pression du tourisme assez importante aussi avec 85 des 100 premières villes touristiques qui sont littorales. L'importance d'agir est à la



Diapo 09 > Le littoral : des territoires à forts enjeux

fois dans le fait que les phénomènes augmentent et que la pression et la vulnérabilité augmentent aussi sur ces territoires littoraux.

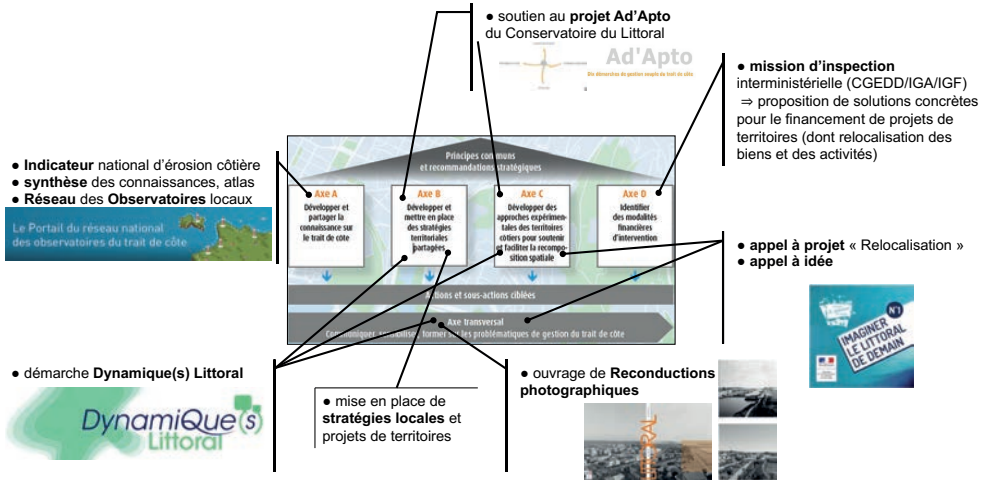
La Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte : 2017-2019

La stratégie se compose de deux grands principes reconnus sur l'anticipation et l'adaptation nécessaires aux évolutions naturelles du littoral. L'idée est de ne pas travailler en silos mais d'avoir une prise en compte simultanée des deux défis à la fois socio-économiques et environnementaux. Elle se focalise beaucoup sur l'élaboration de projets de territoire, considérant que l'échelle d'espaces adaptée est le territoire, et qu'il est important de travailler sur des échelles de temps pertinentes, de gérer le court, le moyen et le long terme, et encore une fois, d'intégrer les écosystèmes pour les services qu'ils rendent, la nécessité, comme on l'a vu aussi, d'améliorer la connaissance et surtout le partage de cette connaissance.

Cela se traduit notamment par des recommandations qui visent, encore une fois, à inciter à l'expérimentation, privilégier des méthodes douces, des solutions fondées sur la nature. Et cela se traduit par des actions structurées dans cinq axes qui visent à développer et à partager la connaissance, mettre en place des stratégies et des projets territoriaux partagés et développer des approches expérimentales, pour essayer de mettre en place des recompositions spatiales. L'idée étant de laisser une frange littorale mouvante et libre, et de relocaliser les personnes, les biens et services dans des endroits moins vulnérables.

Cela nécessite des modalités financières d'intervention qui sont peut-être à réinventer. C'est l'objet d'un dernier axe très important aussi, un axe transversal sur la sensibilisation et la communication pour cette acceptation sociale, voire cette co-construction dont on a parlé.

Diapo 10 > La stratégie nationale de gestion intégrée du Trait de Côte : 2017 / 2019



Diapo 11 > Quelques actions

Quelques actions

Je ne vais pas passer en revue l'ensemble des actions qui se rattachent à ces différents axes. Mais on peut citer un appel à projets qui date de 2012 sur les relocalisations, qui a permis de financer des études et des travaux sur cinq territoires qui n'ont pas forcément abouti concrètement à de la relocalisation, mais qui ont mis en évidence les difficultés et notamment, le manque d'outils financiers. Ce qui en résulte, c'est le lancement d'une mission d'inspection interministérielle qui va proposer des solutions concrètes. La signature est en cours. La mission devrait être lancée et donner des résultats au deuxième semestre 2019, en vue de soutenir et de mettre en place ces stratégies locales comme, par exemple, le soutien au projet Adapto porté par le Conservatoire du littoral qui vous sera présenté dans la journée, donc je ne vais pas y revenir.

Quelques actions également qui pourraient être beaucoup plus ponctuelles, comme l'édition d'un petit ouvrage de reconduction photographique qui consiste à reprendre la même photographie 30, 40, 50 ans après et de montrer l'évolution du littoral tel qu'il a existé. Ce principe a beaucoup de succès, notamment auprès des élus. Et pas juste parce que ce sont des photos et qu'il n'y a pas beaucoup de textes, mais parce qu'il y a une dimension patrimoniale importante et la possibilité de visualiser les évolutions réelles, de les ancrer dans une histoire.

Autre action, l'importance évidemment de la connaissance avec la création d'un indicateur national de l'érosion côtière et une synthèse des connaissances. On a souligné l'importance de disposer de synthèse et de mise en réseau des observatoires locaux existants afin de les faire travailler ensemble.

Dernier point, une démarche qui était un peu innovante, en tout cas pour nous, de Dynamique(s) Littoral sur laquelle une démarche de concertation a été menée cette année.

Focus : le RNOTC

Un petit focus sur le Réseau National des Observatoires du Trait de Côte.

Il existe beaucoup d'observateurs locaux qui font un travail très intéressant. Et plutôt que de créer un Observatoire national de plus, il s'est agit de mettre en réseau ces observatoires, de leur fournir une plateforme notamment interne, donc le site Internet qui vient d'être publié, pour travailler ensemble, monter des groupes de travail, partager des méthodes et encore une fois, capitaliser sur les retours d'expérience qui peuvent être partagés, et communiquer également auprès des citoyens et partager cette connaissance.

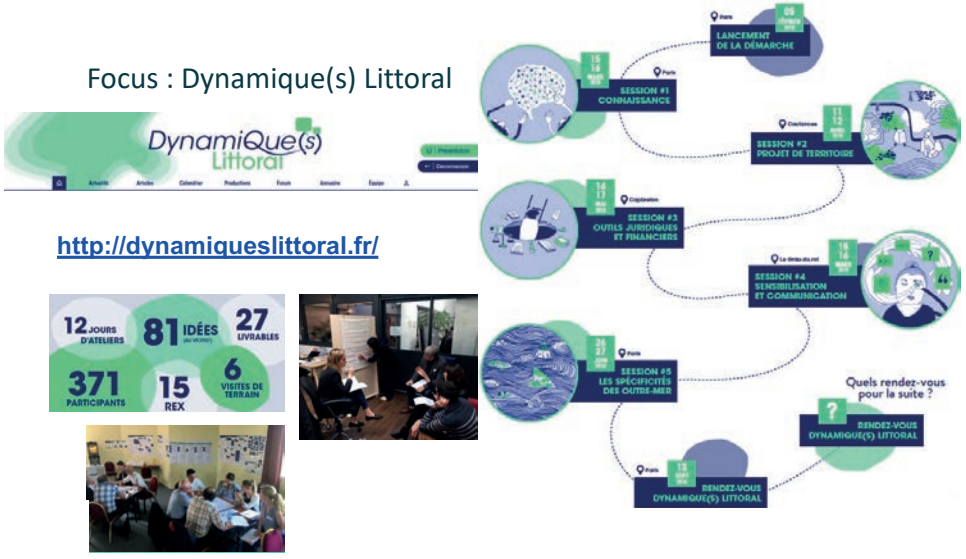
Les instances de gouvernance de ce réseau vont se mettre en place au début de l'année. On incite beaucoup les observatoires locaux qui existent à signer la charte et à adhérer au réseau.

Focus : Dynamique(s) Littoral

Dynamique(s) Littoral, c'était une démarche de consultation et de travail en commun, qui était un peu innovante pour nous et consistait à réunir des personnes au sein de cinq ateliers de deux journées entières et à proposer d'inventer des solutions ensemble.

Il y a plus de 300 participants qui sont intervenus, qui ont échangé ; à la fois des élus, des scientifiques, des gestionnaires, des associations. Un témoignage de cette dynamique vous sera donné dans la journée, si j'ai bien suivi le programme, par Jean RICHER.

Diapo 12 > Focus sur le RNOTC



Diapo 13 > Focus : Dynamique(s) Littoral

Ce qui en est ressorti, c'était le besoin d'échanges entre les personnes, le besoin de partager des expériences qui existent par ailleurs, de mieux les faire connaître et d'échanger sur ces retours d'expériences. Suite à cette démarche de dynamique littoral, le Ministère s'est engagé à poursuivre la démarche en faisant émerger ces idées et ces projets, et de les accompagner, en particulier dans le domaine de l'éducation à l'environnement, de l'expression artistique ou de l'innovation, de poursuivre l'animation du réseau national qui se monte comme je l'ai dit, d'installer une consultation citoyenne qui se fera sans doute en lien avec le Conseil économique social et environnemental pour avoir une idée de la perception que les citoyens ont de la mer et du littoral aujourd'hui et dans le futur.

Et enfin, un appel à projets qui sera doté d'un million d'euros sur trois ans dans le cadre du Plan Biodiversité, pour promouvoir ces solutions basées sur la nature dans le cadre de l'adaptation des territoires littoraux.

Des actions en cohérence avec d'autres politiques publiques du MTES

Plan Biodiversité

Ces actions, dans le cadre de la gestion intégrée du trait de côte, sont cohérentes avec le Plan biodiversité qui prévoit, dans un axe spécifique, de déployer ces solutions fondées sur la nature, avec de l'expérimentation dans une vingtaine de territoires pilotes et avec une action 5 qui vise à renforcer le cadre d'action pour la restauration des zones humides, en s'appuyant sur une mission parlementaire qui vient d'être confiée à une députée et un sénateur et dont on attend les résultats pour février 2019.

PNACC

Dans le PNACC, le deuxième Plan National d'Action pour le Changement Climatique qui devrait sortir prochainement, il y a notamment l'idée de mettre en place des plans d'adaptation des bassins hydrographiques qui sont aujourd'hui, de fait, adoptés dans les sept bassins versants et qui disposeront d'un état des lieux donc, d'un certain nombre de données disponibles et de mesures qui privilégient l'aspect multifonctionnel et sans regret. Donc, quelque chose de cohérent avec les solutions fondées sur la nature, qui insiste sur les recompositions spatiales également, afin d'améliorer la résilience.

Appui des opérateurs publics

Un mot pour souligner le travail essentiel des opérateurs publics, pour citer par exemple, l'Agence française pour la biodiversité qui œuvre parmi de nombreuses actions. Je voulais juste souligner le projet Life intégré qui est en train de se mettre en place sur les solutions pour la nature qui devrait appuyer la mise en place du PNAC qui est en cours de montage.

4 engagements du MTES :

1/ **Appel à projets** (1 million € / 3 ans)
dans le cadre du **plan Biodiversité** pour promouvoir les **solutions basées sur la nature** qui contribuent à l'adaptation des territoires littoraux

2/ **Consultation citoyenne** (en lien avec le Conseil économique, social et environnemental ?) sur la manière dont les citoyens perçoivent la mer et le littoral d'aujourd'hui et de demain

3/ **Poursuite de la démarche « Dynamique(s) littoral »**
volonté de **faire émerger des idées et de les accompagner** dans les domaines de l'éducation à l'environnement littoral, de l'expression artistique, de l'innovation économique ou du design paysager

4/ Animation du **réseau national des observatoires du trait de côte**
site internet dédié dès septembre et préfiguration d'une gouvernance partagée d'ici la fin de l'année

Diapo 15 > Dynamique(s) Littoral : 4 engagements du MTES

Des actions en cohérence avec d'autres politiques publiques du MTES

Plan Biodiversité :

Axe 1.2 : Déployer les solutions fondées sur la nature pour des territoires résilients

[Action 4] **Nous déploierons les solutions fondées sur la nature dans l'ensemble du territoire.**

- **Nous organiserons avant la fin de l'année 2018, avec les assureurs, un colloque dédié au rôle des solutions fondées sur la nature.** L'objectif est d'évaluer le rôle possible des compagnies d'assurance pour la réduction des risques associés au changement climatique.
- **Nous expérimenterons dans 20 territoires pilotes, d'ici à 2025, des solutions innovantes d'adaptation des territoires au changement climatique.** Il s'agira de tester sur le terrain et à grande échelle des solutions fondées sur la nature pour développer la résilience des territoires, notamment face aux inondations. Cela constituera une priorité des agences de l'eau dans le cadre de leur intervention dans les territoires et nos opérateurs mobiliseront à cet effet des fonds européens.

[Action 5] **En 2019, nous renforcerons le cadre d'action pour la préservation et la restauration des zones humides.** Pour cela, nous lancerons dès 2018 une mission parlementaire d'évaluation des causes de la disparition persistante de ces milieux.

⇒Confiée le 3 août à Mme la députée Frédérique Tuffnell (Charente-Maritime) et à M. le sénateur Jérome Bignon (Somme) avec l'appui du CGEDD.
Résultats attendus pour février 2019

PNACC *(publication imminente…)* **:**

- **Plans d'adaptation des bassins hydrographiques :**
  aujourd'hui adoptés dans tous les 6 bassins métropolitains + la Corse
  avec état des lieux (données disponibles)
  mesures privilégiant l'aspect multifonctionnel et « sans regret »
  = cohérent avec les solutions fondées sur la nature
  (ex. Agence de l'Eau Loire-Bretagne)
- **Favoriser les recompositions spatiales**
- **Promotion des solutions fondées sur la nature**
- **Augmentation de la résilience face au changement climatique**

Diapo 16 et 17 > Des actions en cohérence avec d'autres politiques publiques du MTES (1)

Ce qui me permet de souligner l'importance du Life que ce soit au travers du Life baie de l'Aiguillon comme source de financement extrêmement importante, qui se traduit aussi par un Life Adapto porté par le Conservatoire du littoral et sur lequel je ne m'étends pas aujourd'hui.

Il faut souligner aussi le rôle des Agences de l'eau, bien sûr, extrêmement important.

13e conférence des parties RAMSAR

Pour revenir sur la Conférence des Parties de la convention Ramsar, outre les constats alarmants qu'elle a faits, elle a proposé 27 résolutions.

On peut principalement retenir la reconnaissance du rôle fonctionnel de ces zones humides qu'on a déjà évoqué, leur importance dans un très grand nombre de politiques publiques et le fait que la convention de Ramsar est de plus en plus prise en compte comme ayant un rôle à jouer dans l'ensemble de ces politiques publiques. Cette convention a souligné la nécessité de préserver et restaurer les zones humides, mais aussi de les recréer parce que la préservation et la restauration ne suffiront pas forcément.

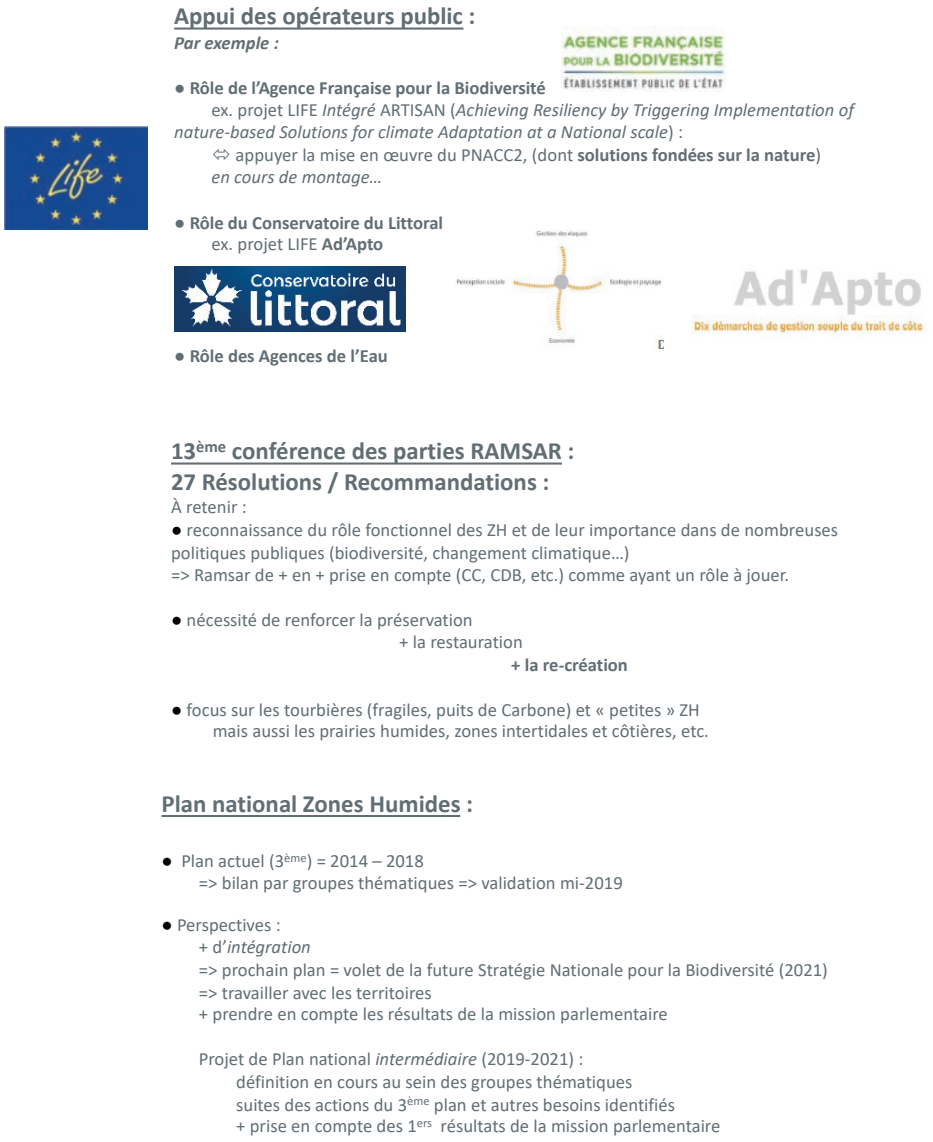
Et un petit focus sur les « petites » zones humides, entre-guillemets, notamment les tourbières qui ne sont pas forcément une surface très importante, mais qui rendent des services très importants, ainsi que les prairies humides et les zones côtières.

Plan national zones humides

Un dernier point sur le plan national zones humides. Comme je vous le disais, le plan actuel se termine, les bilans sont en cours. La perspective pour la suite, c'est d'aller vers plus d'intégration. Le prochain plan national devrait être un volet de la future stratégie nationale pour la biodiversité, qui commencera en 2021 afin de travailler plus encore avec les territoires, bien sûr, et de prendre en compte les résultats de la mission parlementaire.

Sans attendre 2021, un projet de plan national intermédiaire sera proposé aussi sur les trois années 2019-2021 et sera la continuation du troisième plan, répondant à d'autres besoins qui ont été identifiés par des groupes thématiques, et qui permettront peut-être de pouvoir prendre en compte les premiers résultats de la mission parlementaire.

Je m'arrêterai ici et je vous remercie.



Diapo 19 à 20 > Des actions en cohérence avec d'autres politiques publiques du MTES (2)

3.3 | La stratégie de l'Agence de l'eau au bénéfice des marais rétro-littoraux

Régis LE QUILLEC

Chargé de mission politique «littoral» et coordination régionale Pays de la Loire de la délégation Ouest-Atlantique
Agence de l'eau Loire-Bretagne

Bonjour à tous, je me présente, je m'appelle Régis Le Quillec , je travaille à l'Agence de l'eau Loire-Bretagne. Je suis effectivement en charge de la définition du suivi de la mise en œuvre et de l'évaluation de la politique littorale sur l'ensemble de notre bassin et à ce titre, il m'a été demandé de présenter la stratégie de l'Agence de l'eau vis-à-vis des zones humides.

Dans un premier temps, je tenais à remercier le Forum des Marais Atlantiques et le Parc naturel régional du Marais poitevin pour l'organisation de ce colloque, qui s'inscrit pleinement dans les orientations que nous souhaitons voir valorisées.

I. QU'EST-CE QU'UNE AGENCE DE L'EAU ?

Qu'est-ce qu'une Agence de l'eau?

J'ai prévu quelques diapos très rapidement sur ce qu'est une Agence de l'eau. Une Agence de l'eau, c'est un établissement public de l'état créé par la loi de 1964; un établissement public de l'état sous tutelle du Ministère de la Transition Écologique.

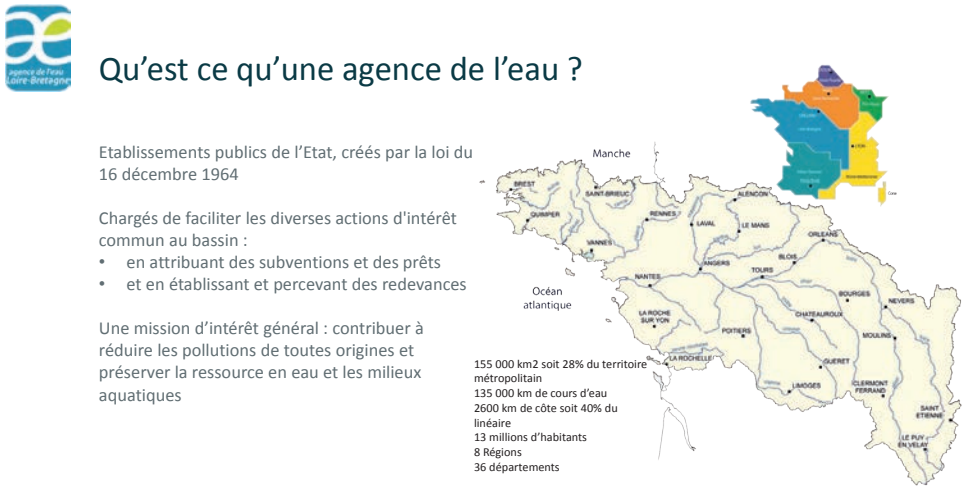
Le fondement réglementaire et législatif des Agences de l'eau est relativement ancien, il date de plus de 50 ans et s'est renforcé au fil du temps, et récemment, en 2016, en nous demandant de prendre en charge les questions liées à la biodiversité.

Les missions des Agences sont relativement générales et portent sur la facilitation des différentes actions d'intérêt commun aux bassins, en aidant l'ensemble des acteurs du bassin hydrographique à mener à bien des actions au bénéfice de la mise en œuvre de la politique de l'eau, en attribuant notamment des aides sous forme de subventions, voire potentiellement de prêts au bénéfice des acteurs.

Pour verser ces subventions, il faut aussi percevoir des redevances environnementales auprès des acteurs qui ont un usage de l'eau ou qui dégradent sa qualité.

Alors, je ne vais vous parler que de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, mais sachez que le territoire métropolitain est couvert par six Agences et que notre territoire couvre près de 2600 km de côtes, 8 régions, 36 départements et donc, l'action de l'Agence est relativement complexe à mettre en œuvre sur l'ensemble de ce bassin hydrographique.

Les missions d'intérêt général, portées par l'Agence, portent notamment sur l'application de la politique de l'eau, la mise en œuvre des orientations d'usage et les objectifs de la directive-cadre sur l'eau, dont l'objectif principal est de réduire les pollutions de toutes origines et de préserver la ressource en eau. En matière de présentation des Agences de l'eau, il y avait toute une série de diaporamas, je n'en ai retenu qu'une seule qui me parait importante au regard des échanges que nous avons eus hier.



Diapo 03 > Une Agence de l'eau

La concertation avec les acteurs

En effet, plusieurs fois la question des bassins versants s'est posée et celle du lien entre la terre et la mer. Et je crois que c'est vraiment au cœur des sujets qui nous préoccupent. Sachez que, dans les principes fondateurs des Agences de l'eau, dès 1964, la question de la concertation entre les acteurs a toujours été au cœur des préoccupations de la structuration des Agences de l'eau, que ce soit en termes de gouvernance des Agences de l'eau, que ce soit dans le conseil d'administration de l'Agence ou au Comité de bassin qui est le parlement de l'eau sur le bassin hydrographique.

Le Comité de bassin élabore d'ailleurs le SDAGE, le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux, qui traite des questions dont on parle aujourd'hui. Ce même SDAGE est décliné au niveau du territoire, au sein des SAGE - Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux - qu'on est amené également à aider, subventionner. Des débats importants sont menés au sein des commissions locales de l'eau des SAGE. Je reparlerai tout à l'heure de cet enjeu, la déclinaison d'usage au sein des territoires et dans le cadre de la mise en œuvre de programmes d'action contractualisés. L'action opérationnelle était mise en œuvre sur les territoires soit au titre des enjeux milieux aquatiques tels que les bateaux aujourd'hui, mais il n'y a pas que les enjeux milieux aquatiques qui sont traités au sein de ces contrats territoriaux, il y a tout le volet « pollutions diffuses » qui est traité.

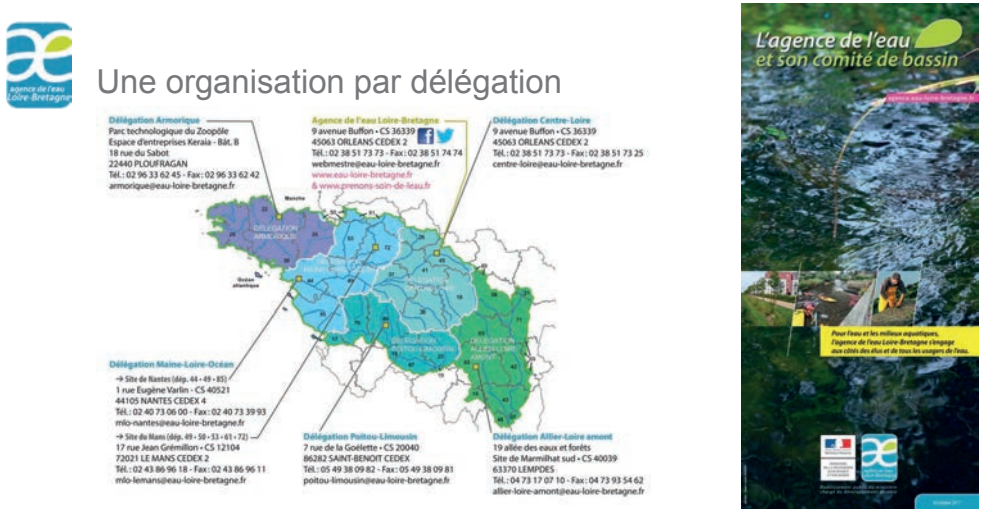
Et puis, jusqu'au plus local, c'est-à-dire, vraiment le territorial ; c'est vrai que cette question des contrats territoriaux et la déclinaison de la politique de l'eau au sein des territoires prend toute son importance sur la bande côtière de telle sorte que le bassin versant prenne en compte les enjeux du territoire.

Une organisation par délégation

Vis-à-vis des Agences de l'eau, je finirai par cette diapo, simplement pour vous dire et là, c'est spécifique à la Loire-Bretagne, que l'Agence est décomposée en cinq délégations, c'est pour ça que vous avez, peut-être parfois, affaire à nos collègues de Saint-Brieuc qui sont basés à la délégation Armoricaine, aux collègues de Nantes qui s'occupe de tout le secteur Pays de la Loire, ou à la délégation Poitiers qui traite du nord de la Charente-Maritime.

Sachez que tous ces agents, qui sont au nombre d'un peu moins de 320 personnes sur l'ensemble du bassin, œuvrent à la mise en œuvre de la politique de l'Agence de façon la plus harmonisée possible et en faisant en sorte que tout le monde soit traité sur le même pied d'égalité.

Diapo 04 > La concertation avec les acteurs



Diapo 05 > Une organisation par délégation

II. LE 11E PROGRAMME D'INTERVENTION

Je vais vous parler maintenant de l'actualité de l'Agence de l'eau, mais évidemment en la déclinant par rapport à la thématique qui est la nôtre aujourd'hui, à savoir le 11e programme d'intervention qui est vraiment l'actualité du moment, puisqu'à partir du 1er janvier 2019, nous allons mettre en œuvre le nouveau programme d'intervention qui va couvrir la période 2019-2024 et donc, finir le 10e programme, avec un peu de nostalgie, le 31 décembre 2018.

Qu'est-ce qu'un programme d'intervention?

Tout d'abord, qu'est-ce qu'un programme d'intervention? C'est important de le savoir parce que c'est un document fondamental pour les instructeurs de l'Agence ; c'est le document qui, après des débats relativement longs au sein des conseils d'administration et du comité de bassin, définit des enjeux prioritaires que l'on se fixe pour les six prochaines années. Il hiérarchise les différentes actions qui sont censées être mises en œuvre au bénéfice de la gestion équilibrée de la ressource en eau à l'échelle des différents bassins hydrographiques, en définissant les niveaux de recettes et puis, les niveaux de dépenses. Les dépenses étant les subventions susceptibles d'être apportées par l'Agence au bénéfice de cette gestion équilibrée et durable de la ressource en eau. Et tout cela, en coordination avec les services de l'État sur le bassin.

Diapo 08 > Le programme d'intervention

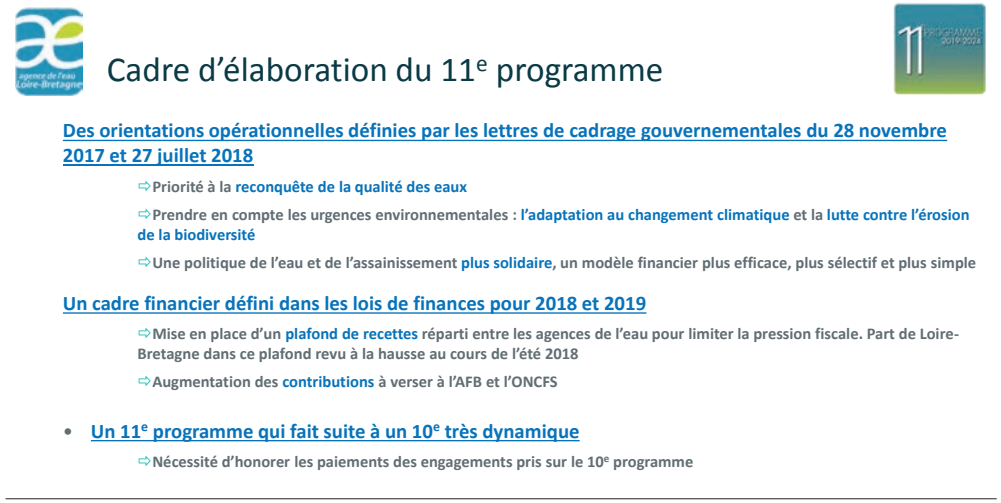
Cadre d'élaboration du 11e programme

Je vais passer rapidement sur cette diapo, mais c'était simplement pour vous dire que vous avez peut-être eu écho des soubresauts de la préparation de ce programme qui s'est fait dans un contexte pas toujours facile.

Quelques éléments à retenir. D'une part, on a eu des orientations opérationnelles qui nous ont été fixées par le ministère. Quand je dis «on», c'est l'ensemble des Agences de l'eau, et je voulais les citer parce que c'est important par rapport à notre sujet du jour.

D'une part, le Ministère nous a demandé de donner priorité, ce qui est logique, à l'application de la directive-cadre sur l'eau et à la reconquête du bon état des eaux. Et c'est un enjeu très important, avec des objectifs qui ne vont pas être simples à atteindre. Et puis, le Ministère nous a demandé de prendre en compte des urgences environnementales que sont d'une part, l'adaptation au changement climatique et d'autre part, la lutte contre l'érosion de la biodiversité.

Je voulais aussi évoquer rapidement le cadre financier relativement contraint dans lequel s'est établi ce onzième programme, puisqu'il nous a été demandé de plafon-



Diapo 09 > Cadre d'élaboration du 11e programme

ner les recettes des agences et d'autre part, d'apporter une contribution supplémentaire aux collègues de l'Agence française pour la biodiversité et l'Office National de Chasse et de la Faune Sauvage. Ce qu'il faut retenir globalement, c'est qu'on nous a demandé de faire mieux, de faire plus, avec un peu moins d'argent.

Cette équation, les administrateurs s'y sont affairés pendant près d'un an et demi, dans le cas de débats très nourris au sein des instances et à deux reprises, début octobre et fin octobre. Nos administrateurs viennent donc de valider le onzième programme d'intervention, dans le cas d'une équation qui n'était pas simple à résoudre et qui va effectivement conduire à beaucoup plus de sélectivité dans la mise en œuvre du programme.

11e programme

Je vous rassure, pour les six prochaines années, il y aura quand même de l'argent. Il est prévu un programme qui sera quand même doté de 2,3 milliards d'euros pour le bassin Loire-Bretagne, avec près de 300 millions d'euros dédiés à la question de la restauration des fonctionnalités des cours d'eau et des zones humides et la restauration des milieux. C'est une dotation qui reste importante.

Pour mémoire, le dixième programme était doté de 2,7 milliards d'euros. C'est donc près de 60 millions d'euros en moins d'interventions par an sur l'ensemble du bassin; ce qui va se sentir très fort, je pense, dans les années à venir, notamment les deux prochaines années puisqu'on va souffrir un peu de la dynamique du dixième programme ou du moins de sa programmation; avec trois enjeux prioritaires :

- d'une part, la qualité des milieux et la biodiversité associée.

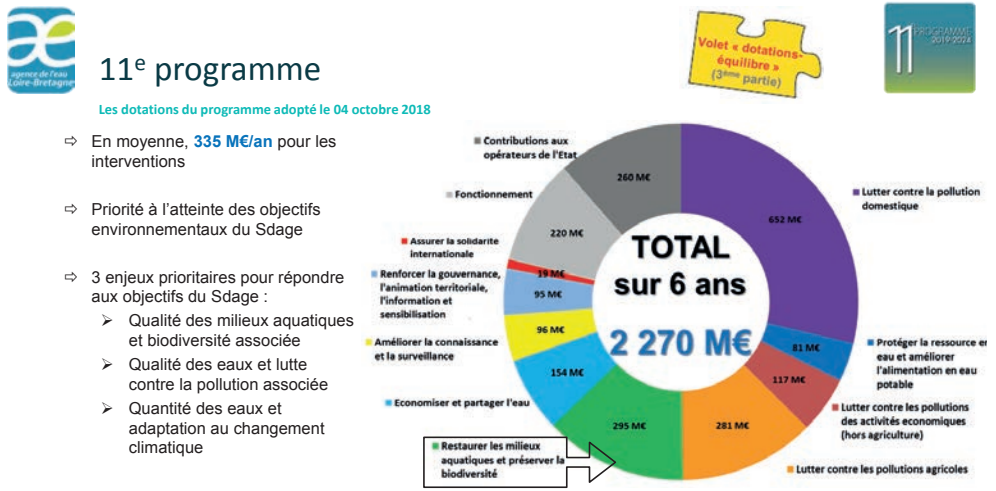
- d'autre part, la qualité des eaux et la lutte contre la pollution des eaux, notamment tout le petit cycle de l'eau en l'occurrence. Le premier point était plutôt le grand cycle.

- et puis, tout le volet quantitatif, en lien notamment à l'adaptation au changement climatique, mais il n'y a pas que le volet quantitatif, en l'occurrence, à traiter.

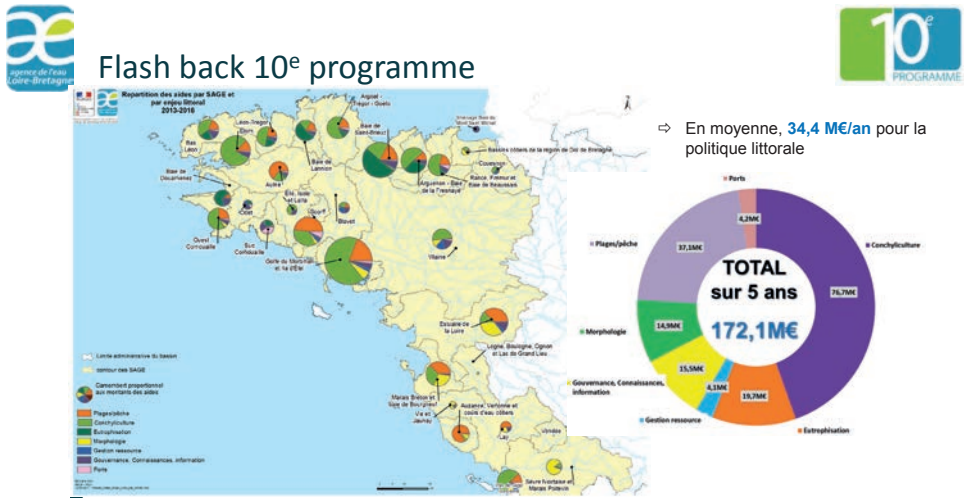
Flash back 10e programme

Comme je m'occupe de la politique littorale, je n'ai pas pu m'empêcher de mettre une diapo sur la politique de l'Agence sur le littoral. Cette diapo généralement plaît bien. Ce n'est pas sur les six ans, parce que je n'ai pas eu le temps de faire le bilan de la fin du dixième, puisqu'il n'est pas encore passé. C'est uniquement sur cinq années.

On a engagé sur l'ensemble du littoral Loire-Bretagne près de 172 millions d'euros. Vous avez des camemberts qui sont répartis par territoire de SAGE avec un diamètre qui est proportionnel au volume financier aidé. Vous voyez que la dynamique, notamment en Bretagne, est très importante, en particulier sur le volet assainissement,



Diapo 10 > 11e programme



Diapo 11 > 11e programme

puisque là, il n'y a pas que le volet milieu aquatique, il y a tous les enjeux de la politique de l'Agence notamment un enjeu qui est très consommateur financièrement qui est le volet de la restauration de la qualité bactériologique des eaux.

Il y a pas mal d'usages sensibles à dégrader et à restaurer en Bretagne. Vous voyez notamment que sur le Sud Loire les enveloppes financières sont peut-être moins importantes, mais elles sont plus importantes, en tout cas, sur le volet milieux aquatiques.

11e programme

Pour ce qui est du onzième programme, je ne suis pas rentré dans les taux volontairement, ni dans les modalités... S'il y a des questions, je répondrai. L'idée étant de donner priorité aux actions et aux travaux structurants de restauration permettant une véritable correction des altérations constatées sur les zones humides.

Je pense notamment - et c'est pour ça que j'ai mis quelques illustrations - à tout ce qui a trait aux problématiques dans les marais et les milieux humides, d'effondrement de berges et de limitation à terme des curages dans les marais, en essayant de faire des pentes un peu plus douces, en végétalisant le bord des marais, la gestion des niveaux d'eau, la création de mares ou de laisse dans un secteur qui n'est pas loin d'ici. Enfin, toutes les actions qui sont de nature à restaurer ou entretenir ou restaurer les fonctionnalités des milieux humides.

Toutes ces typologies d'actions ont fait l'objet de financements de l'Agence de l'eau et seront susceptibles de faire l'objet de financements dans le cadre du onzième programme, mais dans un objectif :

- d'une part, de contractualisation, on aidera d'abord un territoire qui a défini son programme d'intervention, sa feuille de route sur six ans et qui s'engage pleinement, collectivement dans la mise en œuvre d'un programme d'action.

- et d'autre part, dans le cadre financier contraint que je vous ai cité, priorité sera donnée aux masses d'eau, alors, dégradées évidemment, mais proche du bon état, puisque l'objectif est à court terme vis-à-vis des échéances de l'(ADCE) qui sont dans un premier temps 2021, la prochaine échéance, et 2026, la suivante et, en théorie, la dernière, c'est d'augmenter rapidement les taux de masses d'eau en bon état.

Là, c'était une illustration sur les problèmes de piétinement de berges et tout le reste. C'est-à-dire que le financement de l'Agence sur les milieux aquatiques, c'est ce que je vous ai montré.

Diapo 12 > 11e programme

Diapo 13 à 15 > Illustrations

... et tout le reste

Et puis, c'est aussi tout ce qu'on a pu financer dans le dixième programme et qu'on ne désespère pas de pouvoir ponctuellement financer dans le onzième.

Je ne suis pas le premier à citer Adapto, mais c'est vrai qu'on a été amené à porter notre financement sur le seul territoire-test qui concerne Adapto sur notre bassin, situé sur la baie de l'Anzieu, avec un projet potentiel de dépoldérisation sur cette baie qui nous intéresse beaucoup parce que c'est un projet innovant, c'est une dynamique un peu nouvelle qu'on voudrait voir se développer.

C'est aussi une modalité financière de recul stratégique qu'on avait intégrée dans le dixième programme d'intervention et qui a été très peu mobilisée financièrement. Il faut le savoir. On avait la possibilité d'aller financer des études de définition du recul stratégique sur des territoires limités, voire de potentielles acquisitions foncières. On a financé de l'acquisition foncière, mais pour d'autres enjeux, pas pour du recul stratégique.

Sachez que ces modalités existaient dans le dixième et ont été un peu utilisées mais relativement. C'est aussi le financement du colloque qui a lieu aujourd'hui et pour lequel l'Agence apporte son concours financier, parce qu'on se disait «c'est la bonne opportunité pour faire partager d'une part, entre scientifiques et d'autre part, entre le monde de la science et les gestionnaires et faire en sorte que les préoccupations qui sont les vôtres et qui ont germé progressivement dans l'esprit de nos administrateurs puissent être partagées au niveau du territoire».

J'ai cité aussi l'appel à initiatives biodiversité. On en a lancé deux à la fin du dixième programme dont PEPPS. C'est un projet qui a été retenu parmi d'autres. Il est porté par l'université de Bordeaux et porte justement sur la question de la restauration et de la dépoldérisation des petits marais salés en Bretagne, pour essayer d'identifier et de qualifier le potentiel de ces dépoldérisations vis-à-vis notemment d'un point qui n'a jamais été cité hier (et je me permets de le citer), ce sont les masses d'eau côtière et de transition au titre de l'ADCE. Et on a aussi, nous, des soucis en termes de qualification de ces masses d'eau, avec un certain nombre d'entre elles qui sont dégradées au titre de placement d'indicateurs, dont parfois l'indicateur poisson.

Et quelque part, le sujet qui a été évoqué par les scientifiques hier, à savoir l'enjeu d'améliorer la connectivité entre les marais rétrolittoraux, recréer des estrans plus naturels, recréer de la végétalisation sur ces zones est de nature potentiellement à s'inscrire dans les objectifs de l'ADCE. Je le dis parce qu'on l'oublie un peu trop et c'est peut-être un levier important qu'il ne faut pas oublier.

Je cite le Forum des Marais Atlantiques, je cite Agro Campus aussi, parce qu'il y a la collègue qui est intervenue hier sur les problématiques de dépoldérisation. On finance actuellement une thèse sur ces questions de dépoldérisation et de compréhension de l'histoire des territoires. Qu'est-ce qui a amené à la dépoldérisation ? Comment peut-on inverser le cheminement de cette poldérisation ?

Diapo 16 > Et tout le reste

III. QUELLE STRATÉGIE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE?

Vis-à-vis du changement climatique, les Agences de l'eau se sont impliquées dans la mise en oeuvre de plans d'adaptation au changement climatique, avec la signature en 2015, par les présidents de comités de bassin du pacte de Paris et du principe de s'engager dans les plans d'adaptation. L'idée est celle que le changement climatique impacte bien sûr le cycle hydrologique, mais il nous semblait pertinent d'inscrire aussi la logique de bassins versants dans la mise en place de ces plans.

Tous les bassins ont une stratégie d'adaptation

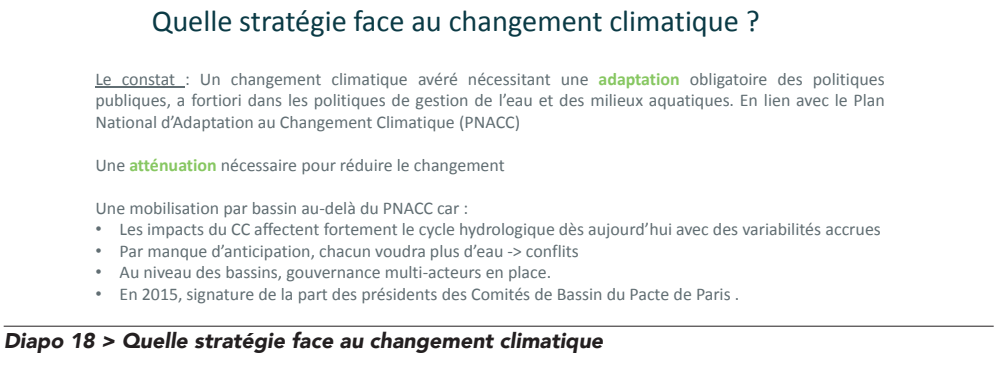
C'est ce qui a été fait, à des temporalités un peu différentes, par l'ensemble des bassins hydrographiques français et notamment par Loire-Bretagne, avec un produit qui est le plan. C'est-à-dire que ces plans ont fait l'objet de longues concertations au sein des comités de bassin et des conseils d'administration. Et je pense que ce n'est pas que le produit qui est important, c'est aussi la discussion, les échanges qui ont conduit l'élaboration de ces plans.

Démarche d'élaboration du plan

Je passe rapidement. C'est simplement pour vous dire que pour lancer les débats sur l'adaptation au changement climatique, un certain nombre d'experts sont intervenus auprès des administrateurs de l'Agence de l'eau. Il y a eu des études qui ont été menées, qui sont d'ailleurs téléchargeables sur le site Internet de l'Agence de l'eau, en matière de qualification de la vulnérabilité de nos territoires sur un certain nombre d'indicateurs qui sont cités là par rapport au changement climatique. En quoi des projections à 2070 sont susceptibles d'impacter, plus ou moins fortement, un certain nombre d'indicateurs qui nous concernent directement et comment le territoire peut se les approprier?

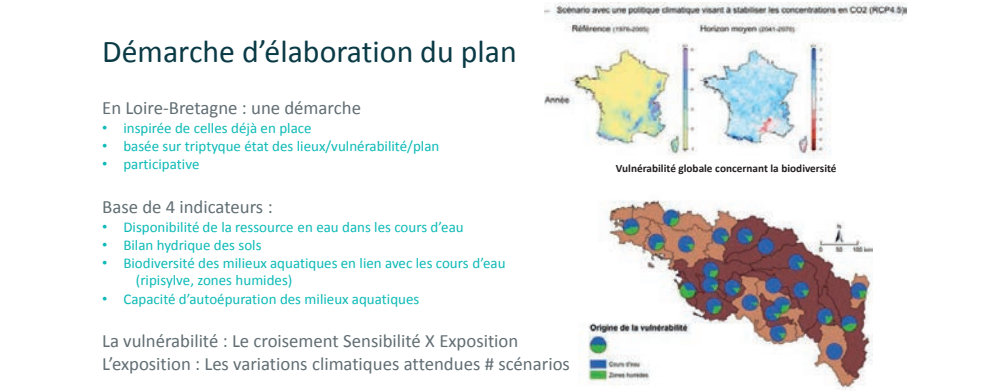
Cela a conduit à ce plan avec un certain nombre d'exemples et de leviers. Ce plan s'inscrit pleinement dans ce qui a été présenté tout à l'heure, le plan national d'adaptation au changement climatique, mais avec une connotation très hydraulique.

Et l'enjeu de la gouvernance et de la concertation, que Martin GUTTON a abordé hier en ouverture du colloque. Le 15 novembre 2018, il y a eu une journée organisée par les Agences de l'eau sur la question du changement climatique sous forme de différents ateliers traitant de cette problématique sur différents sujets que je peux, en quelques mots, vous citez. Par exemple, les problématiques de la ville et le changement climatique, les problématiques d'activités et d'impact du changement climatique vis-à-vis des activités économiques, de la filière agricole...



Diapo 18 > Quelle stratégie face au changement climatique

Diapo 19 > Tous les bassins ont une stratégie d'adaptation



Diapo 20 > Démarche d'élaboration du plan

Et là aussi, ça avait pour vocation de conduire à des échanges entre les différents acteurs concernés par ces questions de changement climatique.

Ce que dit le Sdage...

Je voulais juste évoquer le SDAGE. Autant le plan d'adaptation est facile à lire, autant le SDAGE est quand même beaucoup plus lourd. Je vais vous donner une clé de lecture.

Tout d'abord, je vous conseille le chapitre 10 sur le littoral qui traite de toutes les thématiques en lien avec le littoral, notamment les questions d'eutrophisation par exemple, mais aussi les questions de zones humides, les questions d'espace de transition, les milieux estuariens; et le souhait du SDAGE c'est que ces questions soient bien appropriées par le territoire.

Et puis ensuite je vous conseille le chapitre 8 sur la préservation des zones humides. Je n'ai pas pu m'empêcher de mettre à l'écran cette fameuse orientation 8 C qui en ce qui me concerne m'interpelle en termes de mise en œuvre. Cette orientation 8 C que je vous encourage à lire, demande aux territoires de définir, pour résumer, un plan de gestion durable des marais rétrolittoraux intégrant les différents usages, mais aussi les différents milieux adjacents et prenant en compte le changement climatique.

Ce n'est pas facile à mettre en œuvre aujourd'hui. La question de la prise en compte du changement et de l'adaptation du changement climatique se pose dans l'application de cette orientation mixée : quelle est le la vision collective qu'on veut avoir de nos zones humides dans les années à venir?

Et quelque part, si on finance ce colloque, c'est aussi pour nous apporter des éléments d'éclairage sur l'avenir de ces territoires et les modalités d'application d'usage de cette orientation 8C. Je n'ai pas la réponse, mais je compte beaucoup sur les débats pour apporter des éléments de réponse.

Simplement pour vous préciser que tout ce que j'ai pu aborder rapidement, que ce soit le 11e programme, le plan d'adaptation au changement climatique, le SDAGE... est disponible sur le site Internet de l'Agence de l'eau ou celui des agences de l'eau.

Et pour finir, vous avez dans la bannière du haut, la question du futur SDAGE, puisque

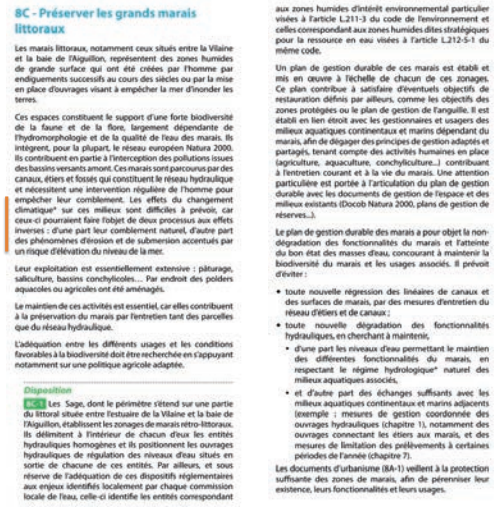
Ce que dit le Sdage ...

Chapitre 10 : Préserver le Littoral

Chapitre 8 : Préserver les zones humides

Ce que dit le Sdage ...

Modalités de mise en œuvre de l'orientation 8C dans les décennies à venir ?



8C - Préserver les grands marais littoraux

Les marais littoraux, notamment ceux situés entre la Vilaine et la baie de l'Aiguillon, représentent des zones humides de grande surface qui ont été créées par l'homme par endiguements successifs au cours des siècles ou par la mise en place d'ouvrages visant à empêcher la mer d'inonder les terres.

Ces espaces constituent le support d'une forte biodiversité de la faune et de la flore, largement dépendante de l'hydromorphologie et de la qualité de l'eau des marais. Ils intègrent, pour la plupart, le réseau européen Natura 2000. Ils contribuent en partie à l'interception des pollutions issues des bassins versants amont. Ces marais sont parcourus par des canaux, étiers et fossés qui constituent le réseau hydraulique et nécessitent une intervention régulière de l'homme pour empêcher leur comblement. Les effets du changement climatique* sur ces milieux sont difficiles à prévoir, car ceux-ci pourraient faire l'objet de deux processus aux effets inverses : d'une part leur comblement naturel, d'autre part des phénomènes d'érosion et de submersion accentués par un risque d'élévation du niveau de la mer.

Leur exploitation est essentiellement extensive : pâturage, saliculture, bassins conchylicoles... Par endroit des polders aquacoles ou agricoles ont été aménagés.

Le maintien de ces activités est essentiel, car elles contribuent à la préservation du marais par l'entretien tant des parcelles que du réseau hydraulique.

L'adéquation entre les différents usages et les conditions favorables à la biodiversité doit être recherchée en s'appuyant notamment sur une politique agricole adaptée.

Disposition

8C-1 Les Sage, dont le périmètre s'étend sur une partie du littoral située entre l'estuaire de la Vilaine et la baie de l'Aiguillon, établissent les zonages de marais rétro-littoraux. Ils délimitent à l'intérieur de chacun d'eux les entités hydrauliques homogènes et ils positionnent les ouvrages hydrauliques de régulation des niveaux d'eau situés en sortie de chacune de ces entités. Par ailleurs, et sous réserve de l'adéquation de ces dispositifs réglementaires aux enjeux identifiés localement par chaque commission locale de l'eau, celle-ci identifie les entités correspondant aux zones humides d'intérêt environnemental particulier visées à l'article L.211-3 du code de l'environnement et celles correspondant aux zones humides dites stratégiques pour la ressource en eau visées à l'article L.212-5-1 du même code.

Un plan de gestion durable de ces marais est établi et mis en œuvre à l'échelle de chacun de ces zonages. Ce plan contribue à satisfaire d'éventuels objectifs de restauration définis par ailleurs, comme les objectifs des zones protégées ou le plan de gestion de l'anguille. Il est établi en lien étroit avec les gestionnaires et usagers des milieux aquatiques continentaux et marins dépendant du marais, afin de dégager des principes de gestion adaptés et partagés, tenant compte des activités humaines en place (agriculture, aquaculture, conchyliculture...) contribuant à l'entretien courant et à la vie du marais. Une attention particulière est portée à l'articulation du plan de gestion durable avec les documents de gestion de l'espace et des milieux existants (Docob Natura 2000, plans de gestion de réserves...).

Le plan de gestion durable des marais a pour objet la non-dégradation des fonctionnalités du marais et l'atteinte du bon état des masses d'eau, concourant à maintenir la biodiversité du marais et les usages associés. Il prévoit d'éviter :

- toute nouvelle régression des linéaires de canaux et des surfaces de marais, par des mesures d'entretien du réseau d'étiers et de canaux ;
- toute nouvelle dégradation des fonctionnalités hydrauliques, en cherchant à maintenir,
  - d'une part les niveaux d'eau permettant le maintien des différentes fonctionnalités du marais, en respectant le régime hydrologique* naturel des milieux aquatiques associés,
  - et d'autre part des échanges suffisants avec les milieux aquatiques continentaux et marins adjacents (exemple : mesures de gestion coordonnée des ouvrages hydrauliques (chapitre 1), notamment des ouvrages connectant les étiers aux marais, et des mesures de limitation des prélèvements à certaines périodes de l'année (chapitre 7).

Les documents d'urbanisme (8A-1) veillent à la protection suffisante des zones de marais, afin de pérenniser leur existence, leurs fonctionnalités et leurs usages.

Diapo 21 à 23 > Le Sdage

vous savez qu'on intervient par cycles de six ans, que ce soit dans notre programme d'intervention ou au sein du SDAGE. Le SDAGE actuel 2016-2022 intègre la question du changement climatique, plus ou moins. Elle a l'ambition de le prendre plus en compte dans le prochain SDAGE, et dès à présent, vous avez la possibilité, dans le cas d'une consultation, de vous exprimer sur les questions importantes du sondage du 2 novembre 2018 au 2 mai 2019.

Si vous voulez vous exprimer sur la question du changement climatique et des zones humides et bien tout ça sera bien mieux pris en compte par le comité de bassin dans les mois à venir. Merci!

Diapo 25 > Concertation

3.4 | Nature 2050 - Un outil innovant de financement de solutions fondées sur la nature pour adapter les territoires au changement climatique

Suzanne RIHAL

Chef de projet Nature 2050,
CDC Biodiversité (Caisse des dépôts et consignations)

Bonjour à tous ! Je me présente, Suzanne Rihal chef de projet Nature 2050.

Pour ceux dans la salle qui connaissent déjà le programme Nature 2050 mais qui ne connaissent pas mon visage, je viens de rejoindre CDC Biodiversité il y a environ un mois.

Ce que je vais faire pendant ma présentation, c'est changer un peu l'angle d'approche qu'on a eu jusqu'à présent qui était plus scientifique ou institutionnel ce matin, pour vraiment pencher sur les mécanismes de financement existant pour adapter les territoires au changement climatique, en me focalisant sur le programme de CDC Biodiversité Nature 2050.

Je vais donc me focaliser sur les objectifs du programme, le mécanisme de financement et le positionnement que l'on a décidé de prendre sur les solutions fondées sur la nature. Je ne vais pas rentrer dans le détail de tous les projets qu'on a décidé de cofinancer, ça prendrait trop de temps. Ce n'est pas le sujet de la journée, mais je reste bien sûr disponible tout au cours de la journée pour répondre à vos questions, si vous en avez.

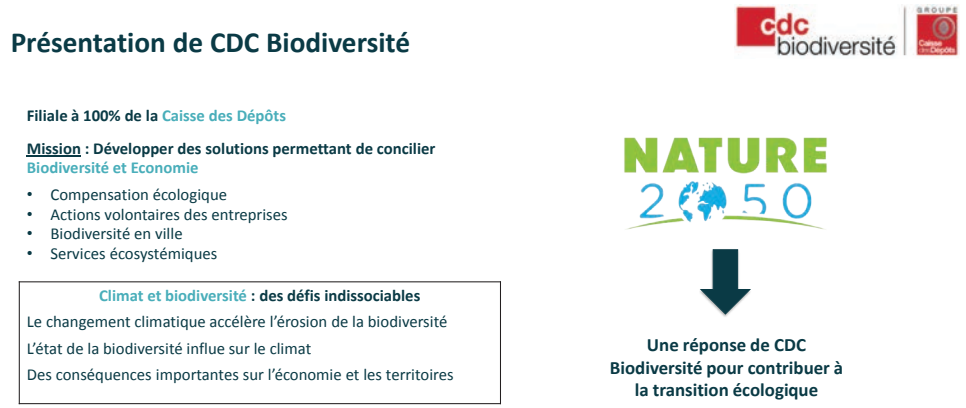
I. VISION ET OBJECTIFS

Présentation de CDC Biodiversité

Commençons par le commencement pour vous présenter rapidement CDC Biodiversité. C'est une filiale à 100 % de la Caisse des Dépôts. C'est une entreprise privée, je tiens à préciser, qui a pour mission de développer des solutions conciliant biodiversité et économie.

L'idée a été de créer, au sein de la Caisse des Dépôts, une filiale d'accompagnement des acteurs publics et privés en biodiversité sur le long terme. Ces acteurs privés et publics nous délèguent le pilotage de leurs actions volontaires ou réglementaires de type compensation écologique, restauration de la biodiversité, gestion d'espaces naturels.

Dans ce spectre, on a été amené à réfléchir sur le lien, bien sûr, entre climat et biodiversité qui a été poussé, par le contexte international, européen avec les objectifs qui ont été fixés en 2011, et maintenant français. Et de se dire que, pour atteindre ces objectifs, il y avait une implication nécessaire du secteur privé et des acteurs financiers. On a décidé, de créer, en 2016, le programme Nature 2050 pour mobiliser ces acteurs sur les questions de biodiversité et d'adaptation au changement climatique.



Diapo 04 > Présentation de CDC Biodiversité

Principes fondateurs de Nature 2050

Pour faire court et présenter le programme globalement, Nature 2050 a pour mission de préserver et restaurer la biodiversité et d'adapter les territoires au changement climatique. Il faut vraiment lier ces deux aspects. C'est un programme partenarial, on a décidé de travailler avec des associations environnementales, scientifiques et les acteurs du territoire.

Dans notre comité de pilotage, on a les acteurs que vous trouvez ici, donc, l'Agence pour la biodiversité, l'ADEME, la LPO, la Fondation Nicolas Hulot, France Nature Environnement et le Muséum. Notre comité de pilotage s'agrandit petit à petit.

Ce qui est important de mentionner dès le départ et c'est ce qui mène un peu tout notre programme, c'est qu'on est basé sur un engagement volontaire, des acteurs publics et privés, qui va au-delà de leurs obligations réglementaires.

Objectifs du programme

L'objectif global du projet, c'est de financer la mise en œuvre de solutions fondées sur la nature qui contribuent à ces trois points ; donc, comme je l'ai précisé, la préservation et la restauration de la biodiversité et des services écosystémiques, l'atténuation des changements climatiques et l'adaptation des territoires à ces changements pour en limiter les effets, mais aussi les risques naturels.

Ces objectifs ont reçu le soutien de Nicolas Hulot qui a souligné, lors du lancement du programme, l'importance de la connexion entre la reconquête de la biodiversité et la lutte contre le changement climatique. C'est notamment dans le contexte du Plan biodiversité que le rôle des solutions fondées sur la nature ont été souligné.

Principes fondateurs de Nature 2050

NATURE 2050

Nature 2050 est un **programme d'action national** porté par CDC Biodiversité visant à renforcer l'adaptation des territoires au changement climatique à l'horizon 2050, ainsi que la préservation et la restauration de la biodiversité :

- Un **programme partenarial** menée avec les associations environnementales, les scientifiques et les acteurs des territoires

- Reposant sur **l'engagement volontaire des acteurs économiques** privés ou publics à agir, au-delà de leurs obligations réglementaires

Diapo 05 > Principes fondateurs de Nature 2050

Objectifs du programme

NATURE 2050

Lancé en octobre 2016, **le programme Nature 2050 vise à promouvoir et à financer la mise en œuvre de solutions fondées sur la nature** qui contribueront à l'horizon 2050, à atteindre les objectifs suivants :

- **préserver et restaurer la biodiversité** et ainsi le maintien et la valorisation des bouquets de services écosystémiques,
- **atténuer les changements climatiques** en réduisant les émissions de GES et en renforçant les capacités de séquestration de CO_2,
- **adapter les territoires à ces changements,** notamment en limitant leurs effets (ex : ilot de chaleur en ville) et les risques naturels (glissement de terrain, érosion, inondation, sécheresse, incendie, submersion marine ...).

« Agir en faveur de l'adaptation au changement climatique permet de répondre à la nécessaire convergence entre la reconquête de la biodiversité, la lutte contre les changements climatiques et les multiples formes de solidarités au sein du vivant comme entre les territoires.

La FNH souhaite y contribuer en s'associant au programme Nature 2050 qui apporte une vision de long terme et des outils pour agir en faveur des écosystèmes. »

Nicolas Hulot (18 octobre 2016)

Diapo 06 et 07 > Objectifs du programme

II. UN MÉCANISME INNOVANT DE FINANCEMENT

Un financement additionnel

Parlons maintenant du mécanisme de financement. Alors, on passe aux choses un peu plus compliquées. On a décidé pour atteindre nos objectifs d'identifier les mécanismes de financement existants, notamment le programme Life auquel on participe et le Life intégré que le Ministère a mentionné, auquel on va participer en 2019 ; et on s'est rendu compte, en fait, que le montant des aides publiques à un projet ne peut pas dépasser 80 % du budget total de ce projet. Il y a donc une pièce manquante, 20 % manquent pour que les acteurs du territoire puissent mettre en place leurs projets.

Et c'est la volonté du programme Nature 2050 d'aller chercher cet argent pour permettre la mise en œuvre des projets. L'argent, on le trouve en mobilisant les entreprises privées sur des actions, comme je le répète encore, sur un engagement volontaire.

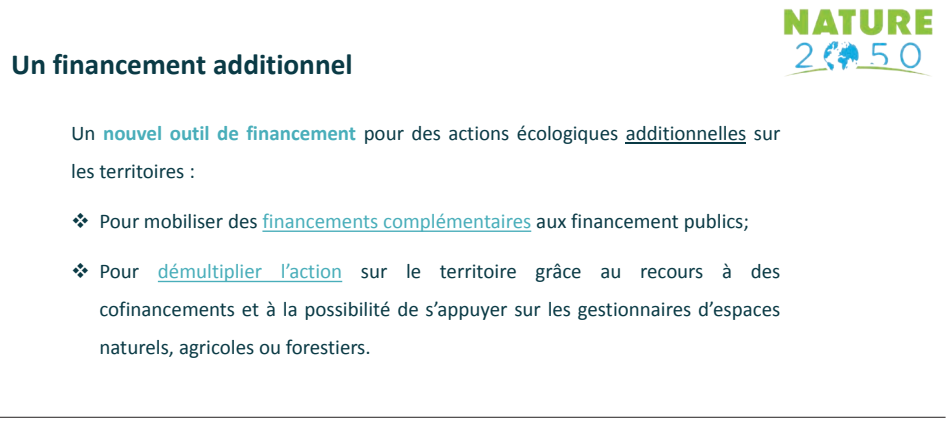
Engagement du programme

Le modèle économique développé est que pour 5 euros versés aujourd'hui, on s'engage à préserver et à restaurer 1 mètre carré de territoire à l'horizon 2050. Ce qui veut dire que notre engagement, c'est qu'en 2050, la surface sur laquelle on a développé nos programmes, soit assez résiliente pour ne pas nécessiter d'investissements supplémentaires.

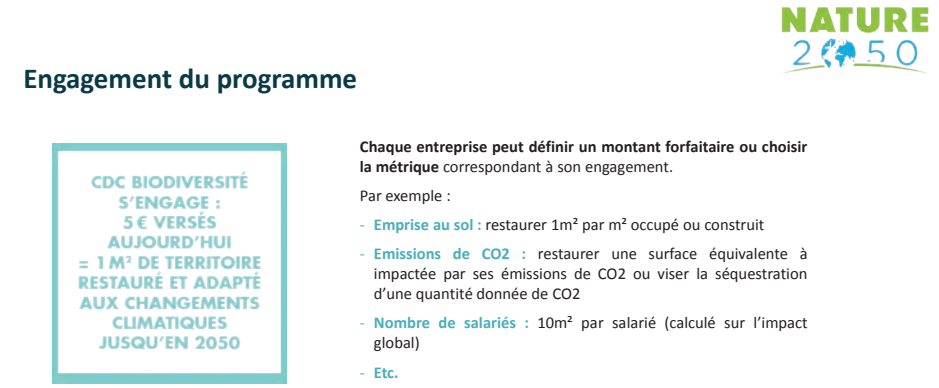
La manière dont les contributeurs financiers s'approprient cet engagement ainsi que le calcul, est propre à leur manière de fonctionner.

Ils peuvent, par exemple, décider de contribuer à un montant qui équivaut à la surface qu'ils ont construite dans l'année ou qu'ils occupent. Il peut aussi être basé sur le nombre d'employés, 5 euros, 10 euros par employé.

Il peut aussi être calculé, donc là, on met en place certaines formules de calcul pour essayer de calculer et de compenser - ce n'est pas de la compensation écologique, attention - leurs émissions de CO^2 sur ces projets-là. La base commune est de 5 euros pour 1 mètre carré.



Diapo 09 > Un financement additionnel



Diapo 10 > Engagement du programme

Exemples de contributeurs

Au début du projet, on a reçu le soutien des filiales de la Caisse des Dépôts qui ont permis vraiment de lancer le programme. Des compagnies comme CDC Habitat, Transdev, Icade ont vraiment permis de mettre en place un premier train de projets conséquents en 2016. Le spectre des contributeurs s'est ensuite élargi, et on y travaille tous les jours, pour engager d'autres entreprises.

Aujourd'hui, on compte celles-ci, on en compte d'autres également, comme AccorHotels, Kedge Business School à Marseille. On ne va pas se focaliser seulement sur des entreprises de grande taille. On veut également engager les entreprises de plus petite taille ou bien les branches des grands groupes qui sont engagés au niveau local et qui veulent renforcer cet engagement. C'est une stratégie qu'on essaye vraiment de renforcer aujourd'hui en 2018, mais surtout dans le futur.

Après deux ans de programme, on compte environ 35 contributeurs à hauteur de 3,5 millions d'euros. C'est un montant qui nous a permis de mettre en place pas mal de projets, mais on doit redoubler d'efforts aujourd'hui pour trouver et engager de nouvelles entreprises.

Diapo 12 et 13 > Exemples de contributeurs

III. LE RÔLE DES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE

Définition et rôles

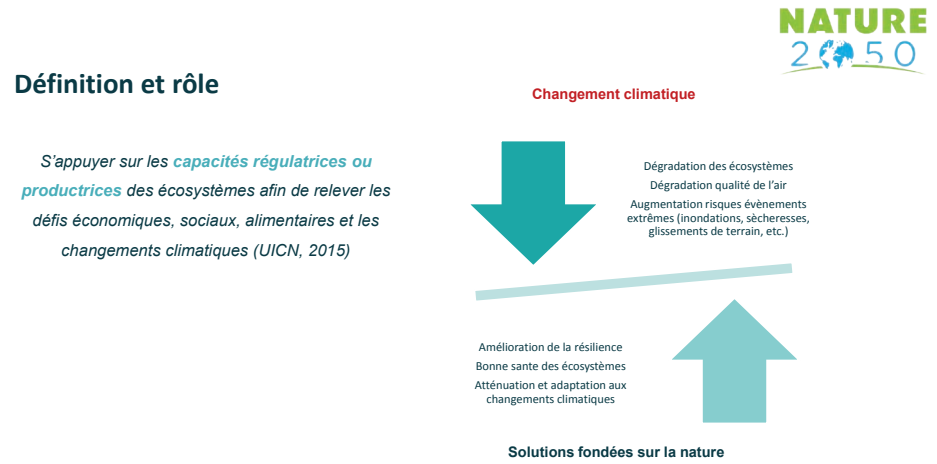
J'aimerais juste parler des solutions alternatives, pas d'un point de vue scientifique, mais plutôt pour comprendre le cadre d'intervention de nos projets et les critères d'éligibilité des propositions de projets que l'on reçoit.

Vous en avez sûrement déjà entendu parler, mais l'UICN a bien défini les solutions fondées sur la nature comme des actions s'appuyant sur les capacités régulatrices ou productrices des écosystèmes afin de relever les défis climatiques et autres défis économiques et sociaux.

L'idée, c'est d'améliorer la santé et la résilience des écosystèmes qui ont été dégradés par le changement climatique. La perte de la biodiversité marine a fragilisé ces écosystèmes, mais surtout le rôle qu'ils jouent dans leur capacité à résister aux perturbations, ou le rôle écologique et climatique qu'ils ont.

Dans ce contexte, les solutions fondées sur la nature vont aider à préserver et à restaurer la biodiversité fonctionnelle et les services écosystémiques des marais littoraux ou des récifs coralliens ou autres écosystèmes existant sur les littoraux, mais bien sûr, nous agissons sur l'ensemble du territoire.

On a découvert, et cela a été prouvé, que les solutions fondées sur la nature sont



Diapo 14 > Exemple du programme

économiquement viables et durables et surtout moins coûteuses que des infrastructures grises, par exemple. C'est le pari qu'on a fait et c'est pour ça que le point commun de tous nos projets, c'est vraiment de se focaliser sur la mise en œuvre de ces solutions-là.

Comme je le disais, on intervient sur l'ensemble du territoire français et d'outre-mer. On n'a pas encore de projet en outre-mer, mais c'est un grand objectif 2019 et sur tout type de milieux : marins, côtiers inclus, mais également en milieu urbain, agricole et alpin sur les zones humides en général.

Écosystèmes marins et côtiers

En marin et côtier, les projets qu'on souhaite intégrer au programme Nature 2050 doivent avoir pour objectif de remettre en bon état ou de préserver les services écosystémiques marins. Les objectifs du programme sont listés sur l'écran.

En fait, quand on reçoit des propositions de projets, ces projets doivent contribuer au moins à un ou plusieurs des objectifs listés.

Les objectifs sont la préservation des capacités de stockage du carbone dans les océans et sur les littoraux, le développement des énergies et des matériaux d'origine marine en remplacement des ressources carbonées et fossiles, la conservation des capacités de production sur le long terme de ces écosystèmes, la consolidation des filières économiques durables au cœur des territoires, sans toutefois agir directement sur ces filières et la gestion de la mer et des côtes pour une meilleure prise en compte de la fonctionnalité des aspects de biodiversité, de changement climatique et d'apport pour le territoire.

Enjeux de la zone médiolittorale

L'éligibilité des propositions de projet est assez large sur la zone du littoral. On peut aussi bien avoir des projets sur les récifs coralliens, les dunes, les estuaires, les bassins, que sur les marais littoraux.

On accepte également des solutions fondées sur la nature dont l'efficacité a été prouvée, mais on recherche également des solutions expérimentales qui nous permettront de faire des retours d'expériences, d'améliorer l'état des connaissances actuelles et de les reproduire dans d'autres milieux.

Ecosystèmes marins et côtiers: cadre d'intervention

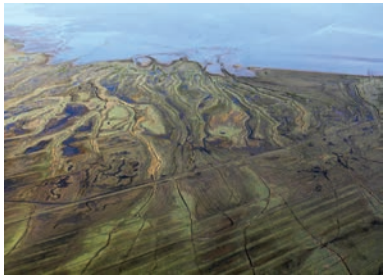
Nature 2050 soutient la mise en œuvre de solutions contribuant autant que possible à atteindre les objectifs suivants:

- Préservation des **capacités d'absorption et de stockage du carbone** dans les océans et sur les littoraux
- Développement des **énergies et des matériaux d'origine marine** en remplacement des ressources carbonées fossiles
- Conservation des **capacités de production** sur le long terme de ces écosystèmes
- Consolider des **filières économiques durables** au cœur des territoires (sans toutefois agir directement sur ces filières)
- Gestion de la mer et des côtes pour une meilleure prise en compte de la **multifonctionnalité**

Diapo 15 > Écosystèmes marins et côtiers : cadre d'intervention

Enjeux de la zone médiolittorale

- Une **diversité** importante de milieux
  - Récifs coralliens
  - Mangrove
  - Dunes
  - Estuaires
  - Bassins
- De nombreuses activités humaines liées à l'**exploitation** des écosystèmes marins:
  - ✓ Conchyliculture
  - ✓ Salines
  - ✓ Tourisme
  - ✓ Pêche
  - ✓ Etc.



Diapo 16 > Enjeux de la zone médiolittorale

La carte des projets

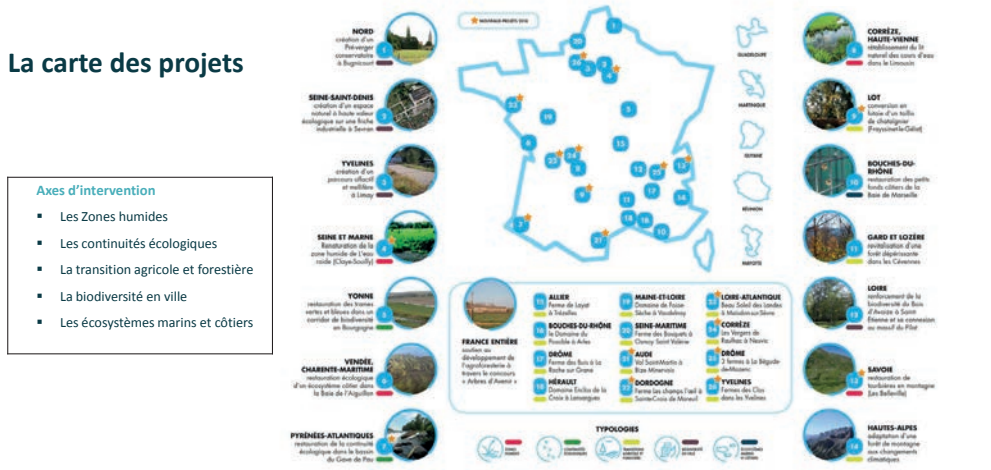
Rapidement, pour vous donner quelques exemples et vous faire un diaporama de nos projets, on a des projets, comme je le disais, sur l'ensemble du territoire, qui répondent à cinq axes d'intervention : les zones humides, les continuités écologiques, la transition agricole et forestière, la biodiversité en ville et les écosystèmes marins et côtiers.

Sur cette carte, vous voyez les 26 projets qui ont été intégrés au programme Nature 2050. Sachant qu'il y en a 16 qui ont été intégrés dans le premier train de projets dont je vous parlais, qui sont en cours, dont les travaux ont commencé l'année dernière et se poursuivent cette année. Et il y en a environ une dizaine qui sont en cours de validation et qui seront lancés courant 2019 : c'est le deuxième train de projets.

Et après, on travaille sur le troisième train de projets : c'est tout le processus de réception de propositions de projets, de conceptualisation, d'échanges avec les gestionnaires et les porteurs de projets et ensuite, d'intégration au programme.

Projets marins et côtiers

La baie de l'Aiguillon, et c'est pour ça que je suis là aujourd'hui, fait partie du programme Nature 2050. On se focalise vraiment sur les actions de restauration de la vasière. On agit sur 29,5 hectares et on travaille ici avec la LPO. Je ne vais pas m'étendre dessus, mais j'aimerais bien vous donner quelques autres exemples de projets dans d'autres milieux pour que vous compreniez un peu le mécanisme de chacun d'eux.



Diapo 18 > La carte des projets

Diapo 19 > Projets marins et côtiers

Projets urbains

Ici par exemple, on est sur un milieu urbain en Seine-Saint-Denis, à Sevran.

L'idée, c'est de créer un espace naturel sur une ancienne friche industrielle polluée qui appartenait à Kodak.

On a des objectifs qui sont aussi bien de biodiversité avec la colonisation spontanée des espèces sur ce terrain, des aspects d'adaptation au changement climatique avec la restauration des activités microbiologiques des sols qui ont été ramenés pour des soucis de dépollution et un apport pour le territoire avec la lutte contre les îlots de chaleur, mais aussi la création d'un espace de nature en ville.

Projets forestiers

Un exemple de projet forestier : on a agi dans la réserve naturelle des Partias.

On a mené l'année dernière, mais surtout cette année à l'automne, des travaux d'adaptation d'une forêt au changement climatique en diversifiant les massifs forestiers avec le repeuplement notamment du pin cembro. On travaille avec la LPO sur ce domaine-là.

Projets zones humides

On a également pas mal de projets sur les zones humides, notamment dans le Limousin. On travaille sur tout ce qui est continuité de cours d'eau, donc, on efface un étang et on recrée, on restaure une zone humide. On restaure une zone humide en recréant la continuité du cours d'eau qui traversait l'étang avant.

Les projets que je viens de vous présenter, sont des projets qui sont sur des surfaces assez différentes.

On est sur 7 hectares, pour le projet zones humides et le projet zone forestière, un peu plus soit 9,2 hectares pour le projet urbain et la baie de l'Aiguillon pour 295 hectares. On n'a donc pas de critères définis sur la surface.

NATURE 2050

Projets urbains

Friche Kodak – Création d'un espace naturel sur une ancienne friche industrielle polluée

- Localisation: Sevran, Seine-Saint Denis
- Surface du projet : 9,2 hectares
- Bénéficiaire: Ville de Sevran (93)

OBJECTIFS NATURE 2050

Biodiversité

- Accompagner la colonisation spontanée par les espèces patrimoniales pour favoriser l'expression d'une biodiversité locale, plus à même de s'adapter aux changements climatiques

Changement climatique

- Restaurer l'activité microbiologique des sols minéraux importés au moment des opérations de dépollution du site, pour optimiser le stockage de carbone par les microorganismes du sol,

Apports pour le territoire

- Pérenniser un espace de nature en ville, essentiel à la lutte contre les îlots de chaleur urbains
- Participer au maintien d'un espace de respiration, favorisant la détente et le lien social

Projets forestiers

Réserve Naturelle des Partias – Adaptation d'une forêt de montagne aux changements climatiques

- Localisation: Hautes Alpes
- Surface du projet : 7 hectares
- Bénéficiaires: LPO PACA

OBJECTIFS NATURE 2050

Biodiversité

- Diversifier les massifs forestiers par le repeuplement en Pin cembro
- Conserver la biodiversité locale et notamment la faune et la flore patrimoniales

Changement climatique

- Accompagner la résilience de la forêt face au changement climatique: diversification des essences et dynamique spatiale en altitude

Apports pour le territoire

- Préserver la ressource sylvicole et les services écosystémiques liés (lutte contre l'érosion, régulation des microclimats locaux, stockage de CO2 etc.)
- Développer l'activité d'éco-tourisme

Projets zones humides

Limousin – Rétablissement des continuités des cours d'eau

- Localisation: Haute-Vienne
- Surface du projet : 7 hectares
- Bénéficiaires: propriétaires fonciers (privés ou collectivités)

OBJECTIFS NATURE 2050

Biodiversité

- Rétablir la continuité écologique des cours d'eau (migration des poissons, etc.).
- Limiter la dégradation de la qualité de l'eau liée à l'étang et à ses vidanges
- Retrouver le lit naturel des rivières en restaurant la morphologie du cours d'eau.

Changement climatique

- Restaurer les zones humides ainsi que des fonctions et de la biodiversité associées à ces milieux

Apports pour le territoire

- Renforcer la politique de lutte contre la disparition des zones humides.
- Intérêts paysager

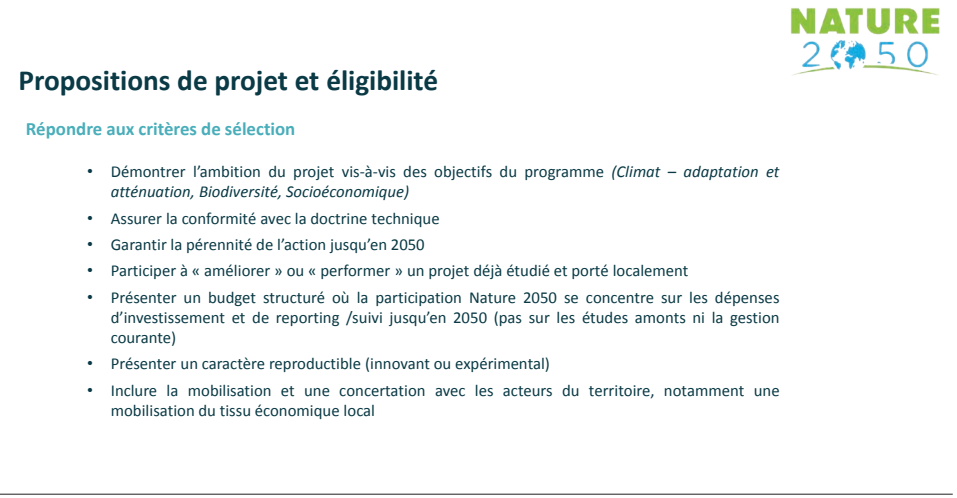
Diapo 20 à 22 > Projets urbains, forestiers et zones humides

Propositions de projet et éligibilité

Ce qu'il est important de garder à l'esprit, c'est que, comme je le disais, on est à l'horizon de 2050.

Plus le projet et le budget vont être importants, plus les coûts de suivi qu'on met en place jusqu'à 2050, vont être amortis. On le prend bien en compte dans l'analyse de nos projets. Et d'ailleurs, j'ai mis ici, mais je ne vais pas m'étendre là-dessus, les critères de sélection des projets qui pourraient être intégrés à Nature 2050.

L'ensemble de ces informations se trouve également sur notre site internet, nature2050.com. Donc, vous pouvez, bien sûr, vous renseigner et nous envoyer vos propositions. Merci beaucoup pour votre attention !



Diapo 23 > Propositions de projet et éligibilité

3.5 | De la stratégie régionale aux stratégies locales de gestion de la bande côtière

Camille ANDRE

Chargé de mission gestion des risques littoraux,
Groupement d'Intérêt Public Littoral Aquitain

Bonjour à tous.

Je vais vous parler effectivement de ces stratégies de gestion de la bande côtière, qui s'intéressent à la question de l'érosion sur son littoral. On ne va pas être tout à fait dans le cœur du sujet des marais maritimes et des zones humides plus généralement, parce que ce n'est pas un environnement caractéristique de notre littoral, le littoral aquitain.

Néanmoins, les organisateurs du colloque ont jugé intéressant que vous soient présentées ces approches sur un littoral qui est très proche de celui de la Charente-Maritime, pour des aspects au moins méthodologiques a minima.

Pour ceux qui ne connaissent peut-être pas le GIP, je peux en faire une présentation très succincte. Le groupement d'intérêt public est une structure de réflexion et d'animation autour des politiques de l'aménagement du littoral aquitain. Les membres historiques du GIP sont l'État au niveau régional, dans l'ex-région Aquitaine et le Conseil régional Nouvelle-Aquitaine et ensuite, l'ensemble des départements et des intercommunalités du littoral aquitain.

Depuis la fusion des régions et la création de la grande région Nouvelle-Aquitaine, on met en place des partenariats avec les acteurs publics du littoral de la Charente-Maritime. On a de nombreuses conventions en cours de signature avec le département et les intercommunalités, dans le but de travailler dans les prochaines années sur un nouveau projet pour le littoral aquitain, puisque jusqu'à maintenant, on a travaillé sur un projet qui avait pour horizon l'année 2020.

L'idée va être de construire avec les nouveaux acteurs de la Charente-Maritime, un nouveau projet qui soit adapté à ce littoral de la grande région Nouvelle-Aquitaine. Cela fera l'objet de consultations et d'échanges pendant les deux prochaines années.

Diapo 02 > Le GIP Littoral Aquitain

I. STRATÉGIE RÉGIONALE DE GESTION DE LA BANDE CÔTIÈRE

Gestion de la bande côtière

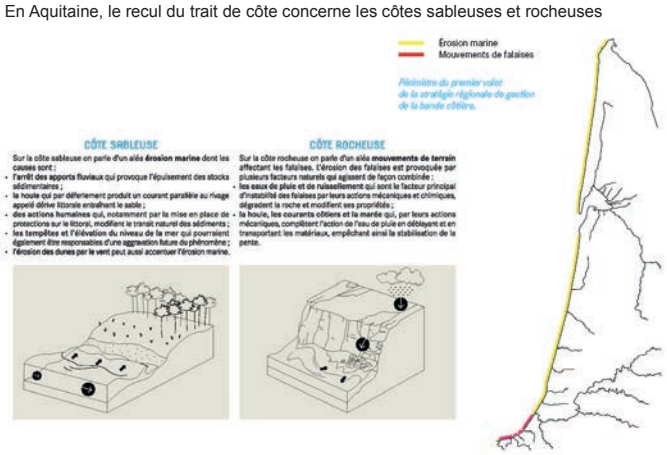
Le sujet que je suis venu vous présenter aujourd'hui est celui de la gestion du risque érosion et de la stratégie régionale de gestion de la bande côtière. C'est un document que le GIP Littoral a travaillé avec l'ensemble de ses membres et qui a été publié en 2012. Je vais faire écho à la présentation de l'intervenant du Ministère de la transition écologique tout à l'heure, puisque cette stratégie régionale, est vraiment une déclinaison régionale de la stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte.

Diapo 03 > Gestion de la bande côtière

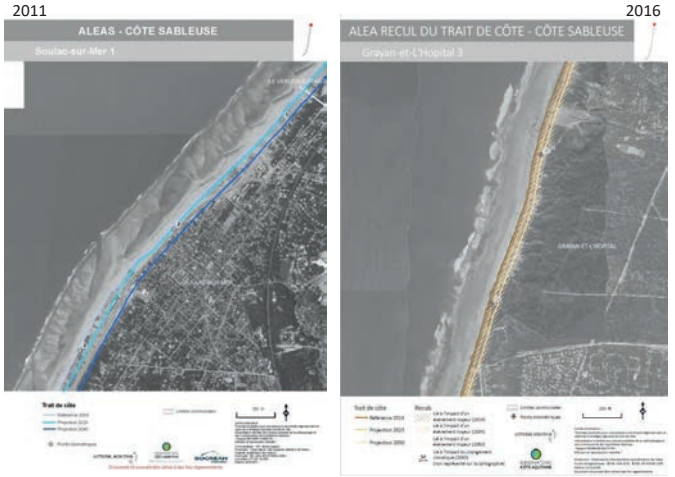
L'idée dans cette stratégie était de partager entre acteurs publics, collectivités et État, des principes d'action et des objectifs à mettre en œuvre sur le littoral. La première chose a été de faire un diagnostic de cette problématique d'érosion qui concerne à la fois les côtes sableuses dans notre ex-région Aquitaine sur les départements de la Gironde et des Landes et, la côte rocheuse du Pays basque dans le département des Pyrénées-Atlantiques. Ce diagnostic a fait l'objet de beaucoup d'études et notamment, a été évoqué tout à l'heure les observatoire. Nous avons un observatoire du littoral à l'échelle de l'Aquitaine qui a produit des projections du recul du trait de côte sur la base des données observées dans les dernières décennies.

On a des atlas de recul du trait de côte. Un premier est sorti en 2011, actualisé en 2016 après les fortes tempêtes qui ont touché la côte en 2014. Je ne vais pas m'étendre sur les chiffres, mais ce qu'on peut retenir, c'est que sur la côte sableuse, on doit s'attendre d'ici 2050, dans 30 ans, à un recul moyen de 50 mètres sur le littoral avec de possibles reculs brutaux qui peuvent aller jusqu'à 25 mètres lors des hivers les plus tempétueux sur la côte rocheuse.

On a un phénomène chronique un peu moins important en termes de mètres par an, mais des événements brutaux là aussi sur les falaises, qui peuvent amener à un recul de l'ordre de 27 mètres en moyenne sur cette côte : un diagnostic de l'aléa assez alarmant.



Diapo 05 > L'aléa érosion côtière en ex-Aquitaine



Diapo 06 > Évaluation de l'aléa recul du trait de côte

Diapo 07 > Nouvelles projections de l'Observatoire de Côte Aquitaine

Typologie des enjeux littoraux | Croisement de l'aléa et des enjeux

Pour poursuivre ce diagnostic, on a travaillé sur une typologie des enjeux littoraux et une classification des espaces sur la côte entre les espaces naturels, semi-naturels et les espaces plutôt urbains et semi-urbains. Et cette approche de croisement du diagnostic sur l'aléa et sur les enjeux nous a permis d'avoir un indicateur cartographique de sensibilité pour regarder où se trouvaient les problèmes sur notre côté (diapo 09. Croisement de l'aléa et des enjeux)

Sensibilité régionale à l'érosion

On a deux cartographies de cet indicateur régional. On va avoir, à gauche, l'indicateur sur la sensibilité socio-économique et à droite, l'indicateur sur la sensibilité environnementale. Et ce qu'on peut noter - c'est le diagnostic qui avait déjà été posé en 2011-2012 - c'est que sur la carte de gauche, la majorité du littoral apparaît en vert, ce qui veut dire que les enjeux socio-économiques sur ce littoral aquitain, contrairement à d'autres régions françaises, sont relativement concentrés. Et la plupart du littoral reste une façade littorale relativement naturelle, avec ces grands espaces de forêts domaniales que vous connaissez. Les enjeux économiques se concentrent en des points : les stations balnéaires que vous connaissez sûrement, comme Soulac, Lacanau, Arcachon, Cap-Breton ou les stations de la côte basque.

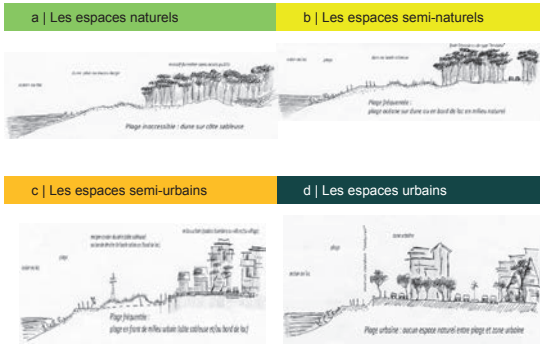
Le pendant, c'est qu'on a d'un autre côté une sensibilité environnementale a minima moyenne voire forte sur ce littoral, avec de nombreux espaces à préserver.

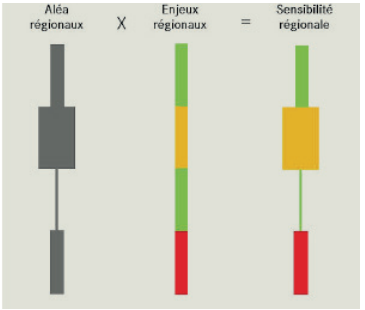
Modes de gestion du risque érosion / mesures d'adaptation

Cette stratégie régionale a eu pour but de décliner les actions sur les territoires. Pour cela, on a fixé un certain nombre de modes de gestion ou de mesures d'adaptation qu'on pouvait mettre en place vis-à-vis du risque érosion. Les grandes catégories sont les suivantes :

La première, c'est l'évolution naturelle surveillée. C'est quand on se trouve dans un site où on a de faibles enjeux ou une intensité de l'aléa relativement faible. On peut se contenter de ne pas agir physiquement sur le territoire et de surveiller les phénomènes.

Ensuite, on va avoir un deuxième niveau de mode de gestion qui va être l'accompagnement des processus naturels. C'est ce dont beaucoup d'intervenants ont parlé en le désignant comme les solutions fondées sur la nature. Sur la grande majeure partie du littoral aquitain, pour toutes ces dunes qui protègent les forêts domaniales, on a un acteur clé qui est l'Office national des forêts. Il met en œuvre ce type de mesures de gestion non pas pour annuler les processus d'érosion, mais pour les accompagner, les ralentir. Et donc, on va avoir des mises en place de ganivelles, de végétalisation des dunes qui vont avoir un contrôle essentiellement sur l'érosion éolienne.



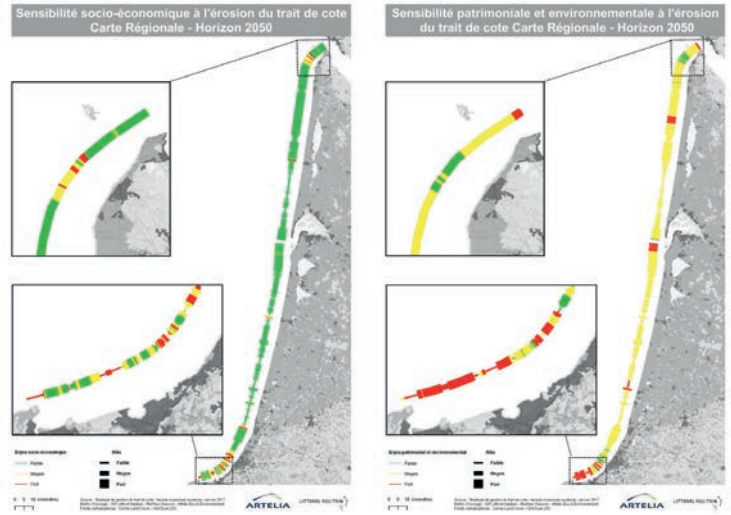


Croisement des deux paramètres : aléas et enjeux

> Indicateur cartographique de sensibilité

Diapo 08 > Typologie des enjeux littoraux

Diapo 09 > Croisement de l'aléa et des enjeux



Diapo 10 > Sensibilité régionale à l'érosion

Diapo 11 > Modes de gestion du risque érosion / Mesures d'adaptation

Ensuite, on va avoir d'autres modes de gestion qui vont être ceux du repli stratégique et de la lutte active.

Le principe du repli stratégique est de libérer des terres qui ont été urbanisées artificiellement et qui sont aujourd'hui soumises à cet aléa de recul du trait de côte. C'est un objectif de renaturation de ces espaces pour soustraire les enjeux aux risques.

La lutte active, au contraire, ce sont les actions de défense contre la mer, des actions de type souple comme les rechargements en sable ou des actions de type dur comme la protection par des ouvrages et la fixation du trait de côte.

II. STRATÉGIES LOCALES DE GESTION DE LA BANDE CÔTIÈRE

7 Stratégies locales de gestion de l'érosion en ex-Aquitaine

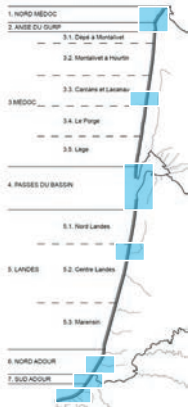
L'idée, après ce travail élaboré, ce n'était pas de fixer pour les territoires les modes de gestion qu'ils allaient devoir mettre en place, mais c'était bien de les accompagner dans une démarche de réflexion et d'élaboration de ces stratégies à l'échelle territoriale. On ne leur a pas donné d'injonction, mais on leur a fourni ces méthodes pour qu'ils puissent élaborer des stratégies locales de gestion de la bande côtière.

Ces stratégies locales, il y en a sept en ex-Aquitaine, sur les territoires qui ont été jugés prioritaires au vu du diagnostic que je vous ai présenté. Finalement, c'est un équivalent, en quelque sorte, des programmes d'actions de prévention des inondations pour le risque érosion, programmes que vous connaissez bien, ici, en Charente-Maritime.

Ces stratégies et programmes d'action sont portés volontairement par les collectivités au niveau communal ou EPCI avec, bien sûr, l'association étroite de tous les autres partenaires. La particularité dans ces stratégies, c'est qu'on a étudié tous les modes de gestion possibles du risque, de l'accompagnement des processus naturels, des solutions fondées sur la nature, aux questions de lutte active dure ou souple et aux questions de repli stratégique.

Il n'y a aucun scénario qui n'a été mis de côté sur les territoires et tous ces modes de gestion ont été comparés via des analyses coût/bénéfice et multicritères. Au final, comme dans un PAPI, ces stratégies ont abouti à des programmes d'action pluriannuels, avec l'objectif de gérer le moins possible dans l'urgence les situations, mais d'anticiper davantage. Au final, ces programmes combinent des actions de protection et de repli stratégique sur l'ensemble des territoires. Évidemment, ces stratégies sont articulées avec les documents de planification, à la fois pour maîtriser l'urbanisation dans les zones à risques importants, mais aussi pour faire des projets d'aménagement en accord avec le risque dont on connaît aujourd'hui la prégnance.

- sont un équivalent des PAPI pour le risque d'érosion côtière
- sont mises en place là où le recul du trait de côte est important, sur des périmètres pertinents au regard du fonctionnement hydro-sédimentaire
- sont portées volontairement par les collectivités locales (communes ou EPCI) avec des comités de pilotage associant tous les partenaires (État, Région, Départements, etc.)
- étudient obligatoirement différents scénarios de gestion du risque (lutte active dure, souple, repli stratégique) qui sont comparés via des analyses coûts-avantages et des analyses multicritères
- aboutissent à des programmes d'actions pluriannuels de gestion du risque, pour ne plus mener d'actions dans l'urgence, combinant actions de protection et de repli stratégique
- sont articulées avec les documents de planification pour maitriser l'urbanisation (PPR, PLU et SCOT) et avec les projets d'aménagement (ADS, ADP, etc.)



Diapo 13 > 7 stratégies locales de gestion de l'érosion en ex-Aquitaine

Une formalisation des modes de gestion retenus

Un exemple de formalisation des modes de gestion retenus sur un territoire est le cas de Capbreton.

On peut diviser le littoral de cette commune et globalement des communes voisines en trois secteurs : le premier, sur la gauche, c'est un secteur dans lequel on n'a pas de risque érosion important du fait d'un apport sédimentaire par la dérive littorale, apport qui se retrouve bloqué par le débouché du fleuve côtier permettant d'accéder au port de Cap-Breton. On a dans cette zone une accumulation sédimentaire et le mode de gestion que l'on peut retenir, c'est une évolution naturelle surveillée ou un accompagnement des processus dans ce secteur.

Par contre, ce blocage de la dérive sédimentaire crée un déficit en aval des ouvrages de protection et donc, sur les secteurs B et C, on a une érosion importante. Érosion à laquelle on a répondu dans un premier temps par des actions de lutte active dure, d'implantation d'ouvrages de protection sur le littoral. Mais on a bien vu que ça ne suffisait pas et que cette action devait être combinée avec des actions de rechargement, de lutte active souple pour pouvoir assurer la pérennité et le maintien de ces ouvrages dans le temps. C'est ce qui est fait dans le secteur B.

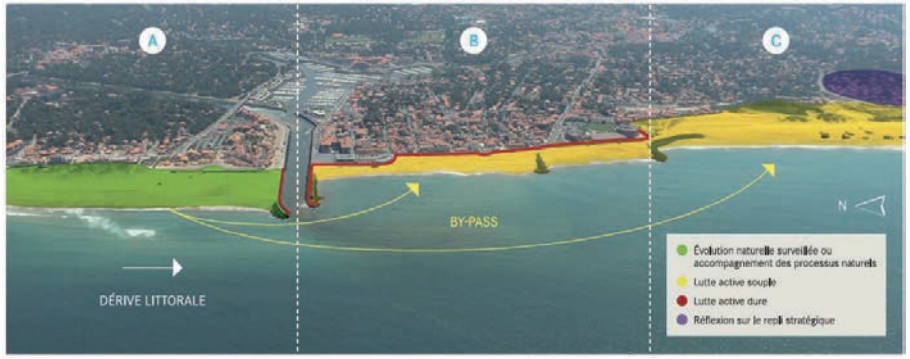
Et puis, dans le secteur C, on a ce déficit en sédiments qui perdure, une érosion qui est la plus forte et c'est un secteur dans lequel on n'a pas implanté jusqu'à maintenant d'ouvrages de protection dure, d'enrochements de digues. Le scénario qui a été retenu grâce aux nombreuses discussions dans le cadre de l'élaboration de cette stratégie locale par la collectivité, a été de se dire que, si on prolonge les ouvrages de protection, on ne va faire que reporter les problèmes d'érosion plus loin sur les territoires voisins. Il va donc falloir choisir une solution alternative et ils ont décidé d'intensifier le rechargement pour ralentir les processus, sachant qu'ils n'arrêteront pas l'érosion dans ce secteur. Ils se sont aussi engagés à avoir une réflexion poussée sur la question du repli stratégique sur ce secteur.

C'était un exemple de stratégie qui combine tous les modes de gestion sur un territoire.

Une communication à destination du grand public

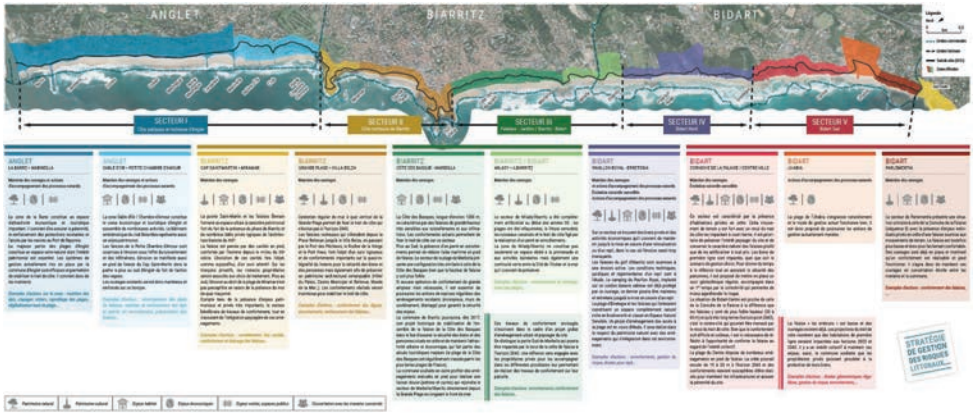
Un autre exemple de rendu grand public qui a été présenté, cette fois-ci, sur le territoire du Pays basque avec une explication des choix qui ont été faits, pour qu'elles soient communiquées au grand public, puisque cela fait partie aussi des axes qui sont présents dans toutes ces stratégies.

EXEMPLE DE CAPBRETON



Diapo 14 > Une formalisation des modes de gestion retenus : exemple de Capbreton

EXEMPLE DU PAYS BASQUE



Diapo 15 > Une communication à destination du grand public

Quelle stratégie d'adaptation : protéger ou délocaliser?

En dehors des espaces naturels qu'on arrive à préserver, à éviter d'artificiellser, on a des territoires qui sont déjà urbanisés, déjà artificialisés sur la côte et il nous reste à répondre à une question pour ces derniers : quelle est la stratégie d'adaptation à adopter ? Est-ce qu'on doit protéger ou est-ce qu'on doit relocaliser les enjeux ?

Évaluation de la durée de vie des enjeux et recensement du nombre de bâtiments menacés

Pour préciser le diagnostic et pour avoir des éléments un peu plus quantitatifs, on a mené cette année, au niveau régional, une étude sur le recensement de tous les enjeux menacés sur la côte et leur durée de vie dans cette fameuse bande de 50 mètres d'érosion à l'horizon 2050 dont je vous parlais tout à l'heure.

Si on ne s'intéresse qu'à la partie en haut à gauche du schéma, le résultat pour les logements (même si on a évalué aussi le nombre d'activités économiques, d'infrastructures publiques dans cette bande de 50 mètres sur la région) est le suivant :

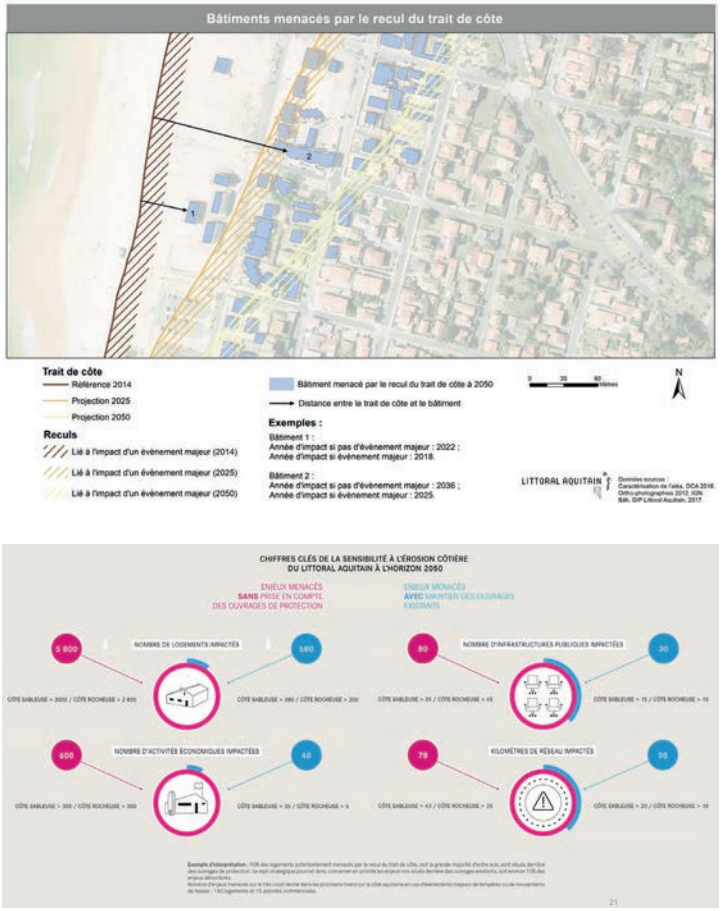
- si on considérait qu'on n'était pas en mesure demain de maintenir les ouvrages de protection existants et qu'ils devaient être amenés à disparaître, on aurait 5 800 logements menacés à l'horizon 2050, uniquement dans une bande de 50 mètres.

- si par contre on arrivait à s'atteler à entretenir les ouvrages existants, sans en construire de nouveaux, mais ne serait-ce que rendre pérennes les ouvrages simplement existants, on passe à 580 logements menacés, donc, on divise le chiffre par dix.

On voit bien que des choix et des arbitrages vont devoir être faits localement sur chaque territoire entre les questions de repli stratégique ou de protection. Et on voit bien qu'on ne va pas pouvoir être de toute façon dans la caricature entre un mode de gestion de protection partout qui va coûter très cher ou un mode de gestion de repli stratégique partout qui nécessitera, lui aussi, des investissements très importants.

Voici le dilemme devant lequel on se trouve et en tout cas, les éléments de diagnos-

Diapo 16 > Protéger ou délocaliser?



Diapo 17 et 18 > Évaluation de la durée de vie des enjeux et recensement du nombre de bâtiments menacés

tic qu'on a pour répondre à ces questions.

CONCLUSION

En conclusion, je vais essayer de rebrosser un peu tout ce que je viens de vous dire. Pour nos acquis en région Aquitaine, on a un diagnostic de sensibilité régionale dont je vous ai parlé, même s'il reste beaucoup d'incertitudes. Donc, on peut dire que l'on a une connaissance partagée sur les projections. On peut dire aussi qu'on a un cadre méthodologique avec ces stratégies régionales, ces modes de gestion décrits, définis ; ces stratégies locales qui travaillent à l'échelle territoriale la plus adaptée. Et donc, on a ce cadre d'action qui permet d'avancer et de préconiser des actions, dans le cadre de ces stratégies, qui sont sans regret, au moins sur le court et moyen terme.

Après, on va devoir se pencher sur la question de l'étude des modes de gestion à choisir à long terme et on voit qu'on va tomber devant des problématiques non résolues dans le cadre de ces stratégies, je vous le disais, comment arbitrer, comment choisir entre le repli stratégique et la lutte active ?

Du coup, ça va passer, de façon opérationnelle, comment mettre en œuvre financièrement, avec quel dispositif et outil réglementaire, ces modes de gestion pour lesquels aujourd'hui, on a beaucoup de mal ?

Cette situation est parfaitement illustrée par la situation de l'immeuble Le Signal à Soulac-sur-Mer, dont vous avez tous entendu parler. Cet immeuble qui connaît une érosion depuis sa construction dans les années 70, s'est retrouvé dans une situation très inquiétante en 2014 suite à de fortes tempêtes. Il a été évacué de ses habitants il y a quatre ans,. Il avait été fait le choix de ne pas protéger ce bâtiment parce que ça aurait eu des répercussions trop importantes sur le front de mer urbain de la commune, puisque ce bâtiment est un peu à l'écart du reste du front de mer. Et malheureusement, ce choix de non-protection n'a pas permis de mettre en place une opération concrète de repli stratégique. La tempête étant arrivée dans l'urgence, les habitants ont donc été évacués par arrêté.

Mais aujourd'hui, ils n'ont reçu aucune indemnisation. Ils sont toujours propriétaires de leurs biens et on ne peut pas démolir ce bâtiment préventivement pour empêcher sa destruction, totalement incontrôlée, par la mer qui pourrait entraîner des pollutions importantes sur le site.

Le dernier élément de conclusion, c'est qu'on estime qu'il y a encore un besoin de clarification des responsabilités et des outils de financement disponibles pour la gestion de l'érosion côtière.

Ça a été dit tout à l'heure, il y a des travaux en cours, notamment parlementaires, pour apporter des réponses à ces questions. On espère que les nouveaux chiffres clés

Conclusion

Des acquis en région ex-Aquitaine :
- un diagnostic de sensibilité régionale à l'érosion réalisé sur l'aléa et les enjeux (même s'il reste des incertitudes sur l'impact du changement climatique ; et qu'il serait utile de développer des approches probabilistes d'évaluation de l'aléa érosion)
- ➢ **une connaissance partagée des projections du recul du trait de côte**

- un cadre méthodologique : stratégie régionale, modes de gestion, stratégies locales
- ➢ **un cadre d'action qui permet d'avancer et de préconiser des stratégies avec des actions sans regret sur le court et le moyen terme**

Des problématiques encore non résolues dans le cadre des stratégies locales :
- dans les secteurs à enjeux, en fonction des situations, quel mode de gestion adopter pour le long terme entre lutte active et repli stratégique ?
- comment les mettre en œuvre financièrement ? Avec quels dispositifs et outils règlementaires ?
- ➢ **cf. impasse situation de l'immeuble le Signal à Soulac-sur-Mer en Gironde**

Des acquis en région ex-Aquitaine :
- un diagnostic de sensibilité régionale à l'érosion réalisé sur l'aléa et les enjeux (même s'il reste des incertitudes sur l'impact du changement climatique ; et qu'il serait utile de développer des approches probabilistes d'évaluation de l'aléa érosion)
- ➢ **une connaissance partagée des projections du recul du trait de côte**

- un cadre méthodologique : stratégie régionale, modes de gestion, stratégies locales
- ➢ **un cadre d'action qui permet d'avancer et de préconiser des stratégies avec des actions sans regret sur le court et le moyen terme**

Des problématiques encore non résolues dans le cadre des stratégies locales :
- dans les secteurs à enjeux, en fonction des situations, quel mode de gestion adopter pour le long terme entre lutte active et repli stratégique ?
- comment les mettre en œuvre financièrement ? Avec quels dispositifs et outils règlementaires ?
- ➢ **cf. impasse situation de l'immeuble le Signal à Soulac-sur-Mer en Gironde**

Un besoin de clarification des responsabilités et des outils et financements disponibles pour la gestion de l'érosion côtière :
- les nouveaux chiffres clés produits par le GIP Littoral donnent des éléments d'aide à la décision et devront nourrir les réflexions parlementaires en cours sur la nouvelle proposition de loi sur la gestion de l'érosion
- ➢ **attentes fortes d'évolutions législatives / règlementaires pour rendre plus opérationnelles les stratégies locales de gestion de l'érosion et en particulier les projets de repli stratégique**

Diapo 19 à 21 > Conclusions

dont je vous ai parlés qui ont été produits cette année, donnent des éléments d'aide à la décision et viennent nourrir ces réflexions, puisqu'il y a vraiment des attentes fortes d'évolutions législatives, pour pouvoir rendre opérationnelles ces stratégies et mettre en place concrètement, sur le terrain ces projets de repli stratégique que tout le monde appelle de leurs vœux, que le Ministère met beaucoup en avant, mais pour lesquels, aujourd'hui, on a beaucoup de mal à passer d'une phase théorique à la phase opérationnelle. Je vous remercie de votre attention.

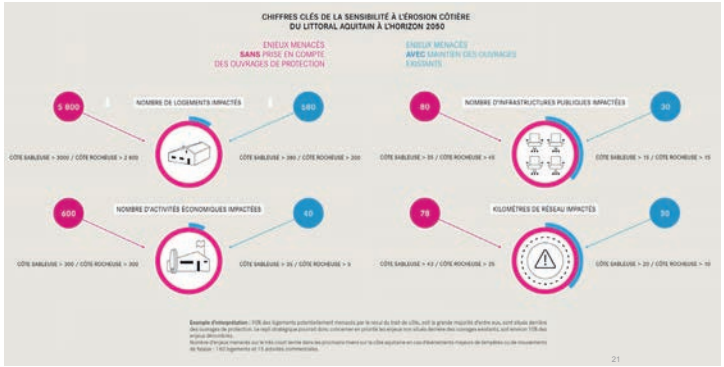
Jean-Charles CATTEAU : Merci beaucoup Camille André ! Je suis désolé de donner des directives depuis la scène, mais comme on vous a donné des contraintes assez fortes en termes de durée, je pense que ça mériterait qu'on revienne sur la diapo qui figure juste avant votre conclusion. Je pense qu'elle mérite de prendre une minute supplémentaire pour bien comprendre les alternatives qui se présentent à vous et qu'est-ce que ça signifie en termes d'action à l'avenir.

Camille ANDRÉ : Il s'agit d'un diagnostic et volontairement, il a été fait à l'échelle régionale pour révéler l'intensité du problème devant lequel on est. Finalement, on a d'un côté les chiffres en rose et de l'autre côté, les chiffres en bleu, mais ça me semble des scénarios tout à fait caricaturaux, parce qu'on sait très bien qu'on ne va pas être dans ces scénarios de protection de tous les enjeux, ou à l'opposé, de repli de tous les enjeux.

Il va finalement falloir trouver un compromis entre les deux et trouver les secteurs qu'on jugera prioritaires devant lesquels on sera obligé de maintenir les protections existantes, car lorsqu'on a des centaines, des milliers de logements dans une bande d'aléas, on peut aujourd'hui très difficilement envisager le repli stratégique quand on voit que, même dans le cas d'un immeuble de 70 appartements, on n'arrive pas aujourd'hui à mettre en place ce type de mesures. Donc on va être obligé de faire des choix.

En revanche, il y a des secteurs où l'urbanisation est beaucoup plus diffuse, donc, ce sont les 580 logements dont je vous parlais où ce ne sont pas des zones urbaines, mais semi-urbaines, d'urbanisation moins dense et c'est sans doute sur ces secteurs-là en priorité qu'on va devoir travailler sur ces questions de repli stratégique pour pouvoir redonner, renaturer les sites, une fois les terrains libérés, et donc, redonner un espace à la nature et au littoral pour ces mouvements naturels.

Diapo 22 > Partenaires



Diapo 17 > Évaluation de la durée de vie des enjeux et recensement du nombre de bâtiments menacés

3.6 | Gestion du risque d'inondation aux Pays-Bas, comment faire face au défi du climat et de la société ?

Robert SLOMP

Conseiller technique pour la gestion du risque inondation
Rijkswaterstaat / Agence du Ministère des infrastructures et de la gestion de l'eau des Pays-Bas

Merci pour l'invitation. Merci au syndicat mixte de Vendée-Sèvre-Autise qui m'a invité et particulièrement à Fabrice Enon qui va intervenir cet après-midi. On s'est rencontrés sur une digue de la baie de l'Aiguillon en juillet dernier.

Je vais vous parler des choix qui sont faits aux Pays-Bas et qui sont propres à leur situation.

Les choix en France sont différents. Il y a différents enjeux, différentes réglementations, et les choix de société sont différents. Il faut surtout regarder comment analyser les choses pour faire notre choix, et le choix en France doit être fait par les Français et surtout avec les personnes qui vivent dans la région concernée.

Je vais vous expliquer d'abord comment on a établi notre politique de gestion de l'eau, et c'est surtout à cause des grands désastres qui se sont produits.

I. LES RÉGIONS INONDABLES DES PAYS-BAS ET LE RÔLE DES GRANDS DÉSASTRES

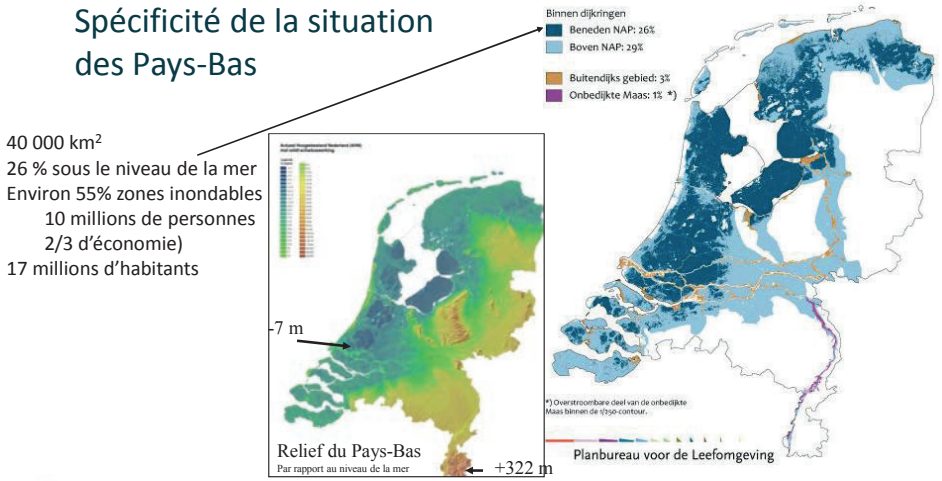
Spécificité de la situation des Pays-Bas

Les Pays-Bas ont une surface de 40000 m^2. 26 % est en dessous du niveau de la mer, 55 % est inondable par les fleuves, par les grands lacs et par la côte. Deux tiers de notre économie vient des zones inondables. L'endroit le plus bas est situé à moins 7 mètres en dessous du niveau de la mer à côté de Rotterdam, 6,73 m ou quelque chose comme ça. Le point le plus haut est une montagne, dont un tiers est à nous, un tiers à l'Allemagne et un tiers à la Belgique. Pour nous c'est une montagne, parce que c'est l'endroit le plus haut des Pays-Bas.

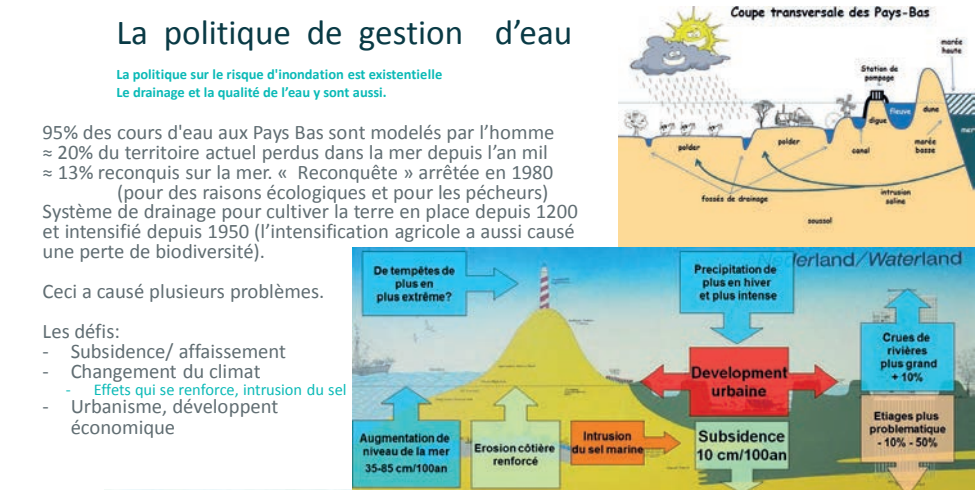
La politique de gestion de l'eau

Les Pays-Bas ont été faits par l'Homme : 95 % de nos cours d'eau ont été construits par les hommes. Il ne faut pas oublier que 20 % de notre pays était inondé depuis l'année 1000. Hier, on a vu que le niveau de la mer augmentait à partir de l'année 1000. C'est à partir de là qu'on a commencé à faire des digues et c'est autour de 1200 que les paysans se sont organisés pour en construire également.

Dans ce système de gestion démocratique - et c'est plus vieux que l'État -, c'est la gestion des digues pour contrôler le drainage et l'irrigation des zones qui a été choisie. On a reconquis environ 13 % des territoires de notre pays, mais on a arrêté en 1980 parce que beaucoup de zones étaient des pépinières de poissons, et des zones où on avait de l'ostréiculture. Les écologistes et les pêcheurs se sont mis ensemble pour arrêter les grands projets ou les changer. Oui, c'est assez compliqué.



Diapo 03 > Spécificité de la situation des Pays-Bas



Diapo 04 > La politique de gestion de l'eau

Il y a donc les dunes, les rivières derrière, les fleuves. Il y a de nombreux polders de niveaux différents et chaque polder a été fait il y a 10, 50 ou 500 ans. Il y a donc beaucoup de niveaux d'eau différents. Et à chaque fois, on a besoin d'une station de pompage pour pomper l'eau du niveau plus haut et l'évacuer vers la mer par gravitation. Ce sont nos défis. Et à partir de ces défis, nous avons nous-mêmes créé.

Hier, on a eu toute une explication sur comment ces subsidences arrivent dans la région en transportant de la sédimentation. Chez nous, il y a en moyenne 10 cm par an de subsidence en certains endroits, soit 1 mètre par siècle. Les maisons sont donc faites sur des pilotis et les gens ont besoin de petits escaliers pour y accéder. Les canalisations dans les villes ne sont pas fondées sur du dur et doivent être remplacées tous les 20 ou 30 ans.

On ne sait pas s'il y aura plus de tempêtes aux Pays-Bas. Sur la côte Atlantique, je crois qu'il y aura plus de tempêtes à cause de l'augmentation de la température de l'eau et qu'on aura de plus en plus d'ouragans qui n'iront plus aux Caraïbes, mais qui viendront avec un court-circuit - comme on a eu il y a deux ans avec la tempête Ophelia, qui a touché le Portugal, l'Espagne et après l'Angleterre.

On a plus de précipitations l'hiver : 20 % en plus, ce qui entraine les crues des rivières en hiver et plus de sécheresse l'été. Et avec cette sécheresse, il y a une intrusion accrue du sel marin à travers les rivières et les sous-sols où on a fait les polders. À cause de cette augmentation du niveau de la mer, on a aussi une érosion de la côte aggravée. On fait donc un suivi de la côte et on rajoute du sable quand nécessaire, je vous l'expliquerai plus tard.

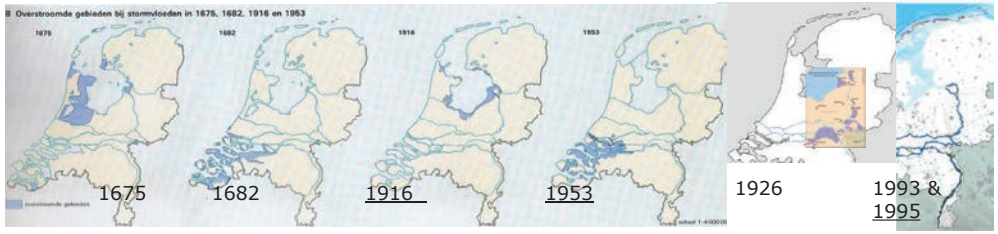
Action seulement après les désastres

Il y a eu de très grandes tempêtes avec parfois plus de 10 000 morts. La dernière grande tempête pour nous a eu lieu en 1953, mais il y a eu également trois événements clés au dernier siècle.

En 1916, une immense tempête a sévi au nord, tuant environ 200 personnes - peu de morts . Toutefois, cela a déclenché un immense projet, celui de réaliser une mer intérieure. C'est donc en 1933 qu'ils ont entrepris de construire une digue de près de 30 km qui va du côté de la Frise occidentale à la Frise centrale. Cette mer intérieure a été créée par les différentes tempêtes depuis l'année 1000.

En 1926, on a eu une autre inondation qui n'a pas vraiment changé la politique du pays, mais on a quand même rehaussé certaines digues. Et en 1953, juste après la Seconde Guerre mondiale, on a eu une immense inondation avec presque 2 000 morts. En 1995, on n'a pas eu d'inondations mais des crues dans les vallées de la Meuse, où des maisons qui n'étaient pas protégées ont été inondées : 250 000 personnes et plus d'un million de têtes de bétails ont été évacuées en quatre jours. C'était très impressionnant. Mais on oublie : 1953, c'est trop loin pour beaucoup de gens. 1995, aussi.

1916, 1953 et presque désastre de 1995 (250 000 évacues)



Les zones affectes par des événements majeurs, grandes tempêtes et crues des fleuves

Depuis 2014 – action préventive : le Delta Programme

Diapo 05 > Action seulement après les désastres

1953, un vrai changement politique

1953 a vraiment été l'année du plus grand tournant politique, parce qu'il y a eu tellement de morts... Les politiciens ont dit « jamais plus un désastre pareil ».

Les digues ont donc été augmentées de 3,5 mètres jusqu'à 10 mètres dans certaines zones.

Et pourquoi tant de morts ? Parce qu'on avait un bulletin météo exact mais qui n'a pas été reçu par les gens. Des télégrammes payants ont été envoyés aux bureaux fermés le week-end. Et il y avait avait trop d'organismes qui avaient les mêmes tâches. Les rôles étant mal réparties, certains ports n'ont pas été fermés, notamment avec les batardeaux contre les inondations.

Quand il y a un port où des bacs arrivent, il y a des trous dans les digues qui doivent être fermés pendant la tempête. Et on avait brûlé les grands bois pendant l'hiver 44, durant la Seconde Guerre mondiale. Le pays était détruit, il y avait beaucoup de reconstruction des villes, des ponts et des infrastructures dans le pays, et on avait un peu négligé les digues.

Et ce qui est très important, c'est qu'il y avait beaucoup de trop petites structures qui géraient des immenses digues et qui protégeaient beaucoup de gens. Il n'y avait pas assez de solidarité entre ceux qui payaient pour les digues et ceux qui en profitaient.

La première action qui a été faite, a été de mettre les personnes qui donnaient l'alerte et celles qui faisaient les bulletins météo dans le même bâtiment pour vraiment améliorer la communication. Il faut avoir un bon message, exact, mais il faut l'émettre correctement pour que les gens le reçoivent.

Et on a réorganisé l'État pour qu'il y ait seulement un seul organisme par digue principale. On a réduit. Parfois, il y avait 10 grands propriétaires : les villes, les communes, les provinces, l'État. On les a regroupé pour qu'il n'y est plus qu'un seul gestionnaire par digue.

On avait 2 500 organismes qui gérer les digues ; on a réduit à 21, mais ça a prit 70 ans.

On a changé les lois sur le niveau de sécurité des digues, le financement et la gestion. Et à partir de 1985, on a aussi intégré le changement climatique dans chaque nouvelle construction.

J'ai mis sur la diapo une apostrophe à côté « des raisons des catastrophes », parce que si on regarde Xynthia, les mêmes choses sont arrivées. Il y avait un message météo parfait, exact, mais il n'a pas été reçu. Il n'est pas arrivé aux destinataires qui devaient choisir d'évacuer leur maison.

Diapo 06 > 1953, un vrai changement politique

Cadre institutionnel

Il y a l'Europe qui promulgue les directives européennes et on participe en tant que pays européen pour diriger les règlementations ensemble.

Après, il y a un autre État central avec un parlement élu et il y a 12 provinces aussi avec des conseils d'élus, 21 autorités régionales de l'eau qui gèrent ces digues et 355 municipalités.

En 100 ans, on a diminué le nombre de municipalités de 1 000 à 355. Cela prend beaucoup de temps ; mais c'est très important, quand tu es une société moderne, d'avoir des services assez grands pour assurer toutes les tâches.

Je travaille au service autorité nationale de l'eau, Rijkswaterstaat, qui est en fait la grande organisation de travaux publics aux Pays-Bas ; on construit les autoroutes, on gère les fleuves, la côte et les grands lacs.

C'est très important dans notre système que l'entretien des ouvrages soit géré localement et quotidiennement par les autorités régionales de l'Eau. Parfois, c'est une partie de travail volontaire et parfois une taxe qu'on paye. Donc, elles gèrent aussi tous les petits cours d'eau et toutes les petites digues.

On a 3 600 km de digues principales et on a environ 15 000 km de digues régionales. Mais ces gestionnaires ne sont pas propriétaires des digues, ils sont gestionnaires. On a divisé la propriété et la gestion pour qu'on puisse agir tout de suite. Si tu gères une petite digue, tu dois l'entretenir toi-même. Si tu gères un petit cours d'eau, tu dois l'entretenir toi-même, pour essayer de réduire les frais de taxation.

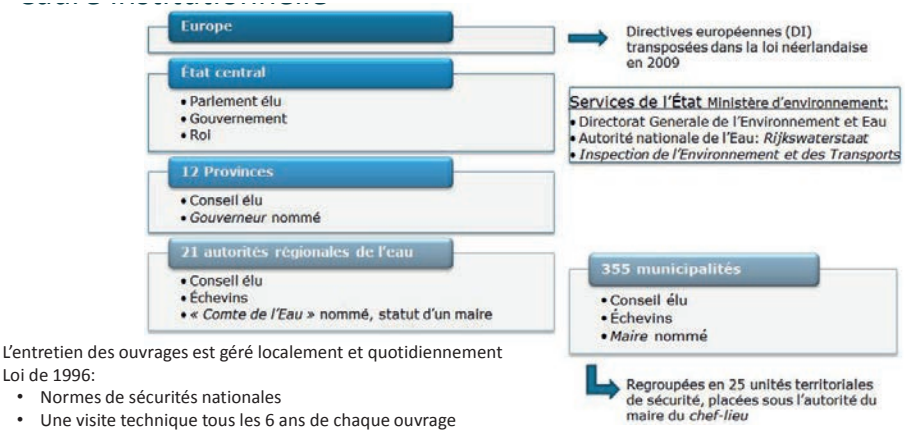
Si un paysan nettoie sa propre canalisation pour le drainage et l'irrigation autour de ses champs, il n'a pas à payer d'amende s'il ne le fait pas. C'est un système de travail volontaire et aussi de taxation pour le service que tu reçois. Tu reçois un système de drainage, un système d'irrigation, une protection contre les inondations et tu payes pour ça. C'est environ 400 euros par année et par habitant.

Si tu es paysan, que tu as plus de terrain, tu payes plus. Ils ont instauré ce fonctionnement en 1200. Si tu es riche, tu reçois plus parce que tu as plus de terre, donc, tu payes plus. Si tu es pauvre ou si tu n'as pas beaucoup de biens, de bâtiments ou de terres, tu payes moins.

Zone inondable protégée

On a organisé les Pays-Bas en zones inondables protégées. Ces zones forment un anneau qui protège contre les différentes inondations, qu'ellss soient d'une rivière, d'un lac ou de la côte. Et de préférence, il y a un seul gestionnaire par zone inondable.

Si la zone inondable est sur 120 km, comme cette digue tout en haut, il y a 3 gestionnaires ; la digue en Hollande du Sud est aussi gérée par 3 gestionnaires.



- L'entretien des ouvrages est géré localement et quotidiennement
- Loi de 1996:
  - Normes de sécurités nationales
  - Une visite technique tous les 6 ans de chaque ouvrage
  - Une vote obligatoire sur le financement de reconstruction au parlement

Diapo 07 > Cadre institutionnel

Pour le reste des Pays-Bas, c'est toujours un seul gestionnaire par digue, pour éviter qu'il y ait des brêches. Parce que si l'anneau n'est pas fermé, une fois qu'il y a une tempête ou une crue, l'eau rentre.

Très important, en 1996, on a fixé les normes de digues pour tous les Pays-Bas. Avant, chaque projet avait ses normes. En 1996, on a fixé les normes pour tous les Pays-Bas avec les périodes de retour de 250 à 10 000 ans. Ces normes se sont basées sur une étude coûts/bénéfices faite seulement pour cette région autour de la Hollande du Sud où il y a les grandes villes d'Amsterdam, d'Utrecht, La Haye et Rotterdam ; soit 3 millions et demi de personnes qui habitent dans cette zone inondable.

Et les premiers endroits où ils ont fait les digues ensemble et où c'était interdit de construire une digue privée, c'était en Hollande du Nord sur la base du travail communal. Si on ne voulait pas faire le travail communal, on payait une amende, évaluée en taxes ; parce que si tu es un artisan, tu ne vas pas prendre une bêche, tu vas plutôt louer un ouvrier pour te remplacer.

En 1993 et 1995, des crues sur le Rhin et la Creuse

En 1993 et 1995, deux grandes crues sur le Rhin et la Meuse se sont produites et 2 grands projets ont émergés de cette « presque» inondation. Le Plan Delta du grand fleuve a été instauré. 1 000 km de digues ont été réparées et remises en état en 5 ans et 150 km de digues ont été construits tout le long de la Meuse. Cette digue (diapo 08) de 150 km a été construite en 2 ans après une étude coûts/bénéfices pour cette zone.

Et après la remise en état, on a dit « bon, la crue de référence a augmenté suite à ces crues de 1995 . Au lieu d'augmenter une deuxième fois toutes les digues, on va diminuer la hauteur d'eau de crue de référence tout le long des différents fleuves».

Plusieurs mesures ont été faites, comme enlever les épis qui sont installés dans le fleuve pour la navigation. Parfois, on a baissé le niveau du fleuve et enlevé le sable (1) pour agrandir l'écoulement ou un autre cours d'eau a été construit à côté (4) du cours d'eau principal pour évacuer l'eau plus vite. Et toute l'ancienne industrie a été supprimée dans les parties inondables du fleuve. Parfois, les digues ont aussi été déplacées, et la zone inondable du fleuve agrandie, là où l'eau peu s'écouler. On a également construit des zones de stockage d'eau, des zones tampons le long du fleuve comme pour «couper la tête» des crues.

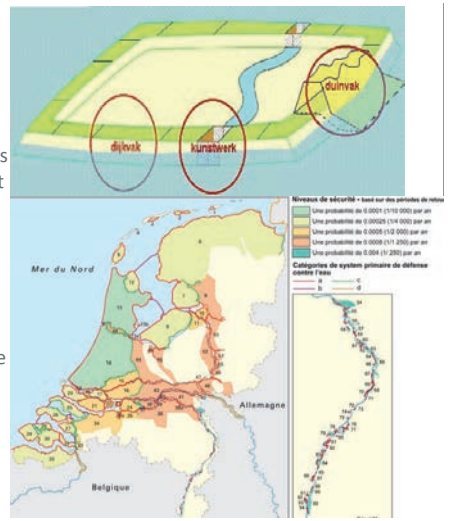
Photos : c'est un exemple. L'eau était jusqu'à 1 mètre en dessous des crêtes à certains endroits, car une digue a chuté à l'intérieur. Il y avait un trou et la moitié de la digue est partie. 250 000 personnes ont du être évacuées de cette zone. La digue était cassée mais n'a pas cédée. On a pu la réparer avec beaucoup de graviers pour mettre du poids contre la digue qui avait subi un glissement de terrain.

« un anneau fermé »

Le territoire des Pays-Bas comprend environ 95 zones formées par un réseau intégré (fermé) : de digues, dunes, ouvrages (et hauts reliefs) en forme d'un anneau.

De préférence un seul gestionnaire par zone inondable: «waterschap / wateringue » Autorité Régionale de l'eau

Environ 95 zones
Normes de digues, dunes et ouvrages basé sur une analyse de risque (coût-bénéfice) fixé formellement en 1996
- périodes de retour de 250 a 10 000 par ans /
- probabilités de 0,04 a 0,0001 par an

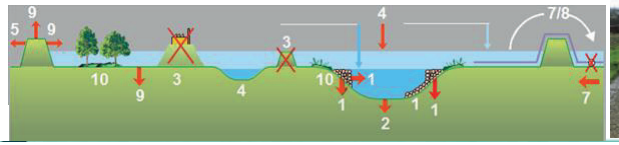


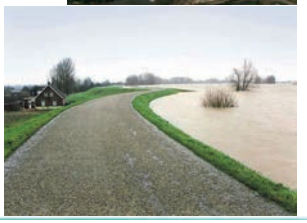
Diapo 08 > Zone inondable protégée

Des centaines de maisons inondes dans la valle de la Meuse
l'évacuation préventive de 250 000 personnes et 1 million de vaches

« Plan Delta des Grands Fleuves», de 1996 à 2001.
En 5 ans, plus de 1 000 km de digues ont été remis aux normes de la loi de 1996 et 150 km de nouvelles digues construites en deux ans

« Espace pour les fleuves » 2003-2015.
1 réduction d'hauteur des épis, 2 creusement/affouillement du lit mineur, 3 réduction d'ancienne industrie et digues secondaires, 4 chenaux dans la plaine/ creusement/affouillement de la plaine 5 recule de digues, 7 zones d'expansion des crues 8 chenaux dans la zone actuellement protégé 9 rehaussement /renforcement de la digue comme dernière recours





Diapo 09 > Les crues de 1993 et 1995

II. LA NOUVELLE POLITIQUE

Politique de gestion des risques d'inondation

On n'a pas eu de désastre ou de grande crue depuis 1995. Mais on a quand même vu l'effet des inondations en Allemagne en 2003 et en 2005 à Katrina à la Nouvelle-Orléans. Et on s'est rendu compte que même chez nous, dans cette société très complexe et moderne, il peut y avoir un désastre.

Il faut donc se préparer. Il faut vraiment se concentrer sur la sécurité civile qu'on n'avait pas vraiment évaluée depuis longtemps et on a aussi décidé, en 2014, d'avoir une politique proactive pour éviter le désastre : au lieu à chaque fois de lancer d'immenses projets après le désastre, lancer les projets avant.

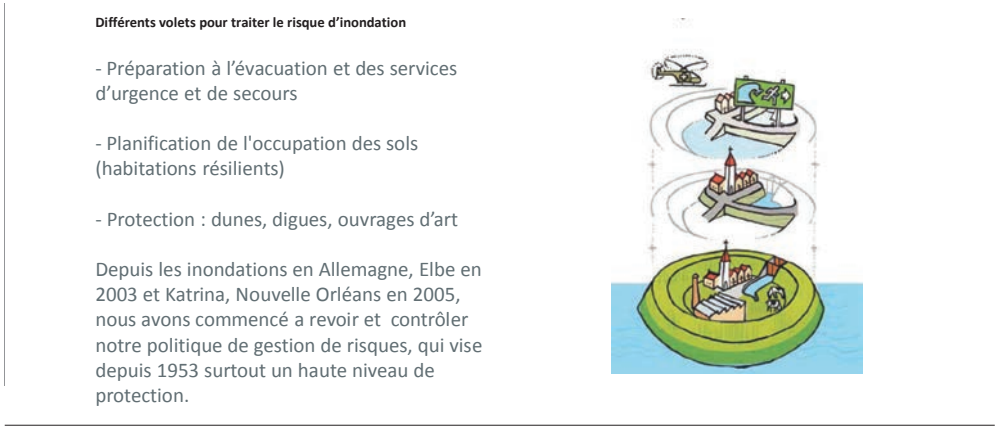
C'est beaucoup plus économique, que réparer tous les dégâts après un désastre. Katrina a coûté 10 milliards pour les dégâts directs, mais a coûté 100 milliards à l'économie des États-Unis. Et nous, on est un peu comme la Nouvelle-Orléans pour le reste de l'Europe. On est l'entrée de l'Europe et si notre économie est mise à mal, ça a une immense influence sur le reste de l'Europe, mais surtout sur l'économie complète de notre pays.

En fait, il y a trois volets : il faut se préparer à évacuer les zones autour des fleuves où les gens habitent encore - dans le lit du fleuve. C'est environ 100 000 personnes qui habitent dans les zones inondables et non protégées par les digues. Il faut avoir une autre planification d'occupation des sols.

Aujourd'hui, le gouvernement a interdit de reconstruire dans les fleuves. Entre les années 70 et 80, il y a eu très peu de crues. Les gens ont construit beaucoup de maisons, des milliers d'habitations proches du lit du fleuve de la Meuse. Et en 1993 et 1995, ils ont été inondés deux fois.

On privilègie quand même les hauts niveaux de sécurité, parce qu'évacuer à cause d'une tempête, trois millions et demi de personnes en deux jours est impossible et notamment les grandes villes d'Amsterdam, Utrecht ou La Haye. Certains endroits doivent être encore plus protégés que ce qu'ils le sont actuellement.

Il n'empêche qu'il faut quand même réexaminer pour le reste du pays, quelle politique est la plus adaptée à chaque zone.



Diapo 11 > Politique de gestion des risques d'inondation

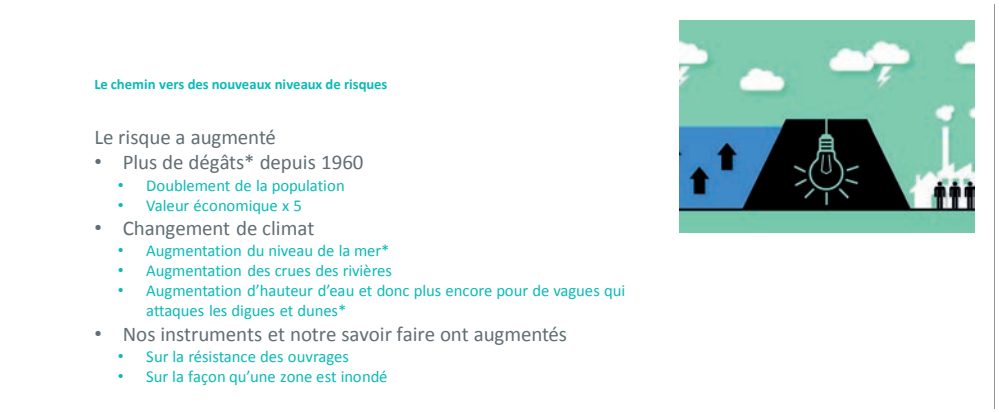
Raisons pour un recalibrage des normes

Aussi, on a fait cette étude coût/bénéfice. En 1960, la population a doublé, la valeur économique a été multipliée par 5. On a eu un changement de climat, une augmentation du niveau de la mer et des crues des fleuves et si le niveau d'eau augmente, les vagues attaquent beaucoup mieux les digues.

Les vagues sont atténuées par les zones devant les digues, et c'est ce qu'on a vu dans le résumé d'Eric Chaumillon ce matin : quand tu as un bon espace tampon devant les digues, beaucoup de vagues se cassent.

Mais si le niveau de la mer augmente très vite, les vagues se cassent beaucoup moins bien et elles peuvent atteindre les digues.

Notre savoir-faire a augmenté, surtout, on a plus de connaissances sur la résistance des digues et aussi sur la façon dont une zone est inondée.



Diapo 12 > Raisons pour un calibrage des normes

Buts de la nouvelle politique

Le but des nouvelles politiques, c'est de protéger chaque citoyen de la même façon.

Si tu as une centrale nucléaire, c'est un risque industriel, l'Etat l'évalue comme un risque individuel de 1 sur 1 million.

Une inondation, ce n'est pas un risque industriel. Ce n'est pas causé par l'Homme, c'est causé par un événement extérieur. Les Pays-Bas ont donc décidé de l'évaluer à un risque individuel de 1 sur 100 000 par an.

L'idée est de réduire le grand nombre de morts dans un événement. L'événement de 1953 a causé 2 000 morts. Si on regarde, dans les années 70, on avait 2 000 morts par année à cause des accidents de voiture, mais comme c'est individuel, on ne le voit pas comme aussi grave. Donc, on veut réduire le grand nombre de gens tués par les grandes inondations.

Les schémas illustrent le rapport risque et hauteur de digue :

Schéma 1 : c'est la hauteur des digues si tu regardes juste le risque individuel.

Schéma 2 : si tu regardes l'étude coûts/bénéfices ou l'étude de risque sociétal, tu vas augmenter le niveau de digues.

Schéma 3 : Et si, par exemple, tu as une centrale nucléaire derrière les digues, tu vas encore augmenter le niveau des digues. Idem si c'est une station de pompage de gaz ou d'eau, parce que ça a un impact sur le fonctionnement de la société.

Diapo 13 > Buts de la nouvelle politique

Analyse Coût - Bénéfice

C'est un peu les principes de base du coût/bénéfice : tu regardes pour chaque mètre de rehaussement de digues si les dommages sont réduits ou pas. Si tu mets des digues de 100 mètres, très, très hautes, tu vas avoir très, très peu de dommages. Si tu ne vas pas rehausser les digues et que tu les laisses comme ça et que le climat change, les dégâts potentiels vont augmenter chaque année.

Or si tu construis des digues très hautes, les frais vont augmenter. L'idée est d'essayer de trouver l'endroit où les frais sont moindres entre l'investissement et les dommages. C'est donc l'optimum entre les deux. Pour chacune des 80 zones, on a défini un optimum.

Données nécessaires pour une analyse coût-bénéfice

On a besoin de trois différents indicateurs pour calculer le coût/bénéfice. On doit connaître la probabilité pour que la digue cède ; par exemple, les probabilités de niveau d'eau devant la digue, la propagation de l'eau dans la zone et le nombre de maisons inondées.

Parfois, l'eau de la mer va immerger un fleuve. Mais quand un fleuve est en pente, l'eau va aussi s'évacuer avec la gravitation. Quand tu as un polder juste en face de la mer, l'eau va arriver dedans et rester. Souvent, ça prend des mois pour l'évacuer. Avec un fleuve, souvent, après trois semaines, c'est parti.

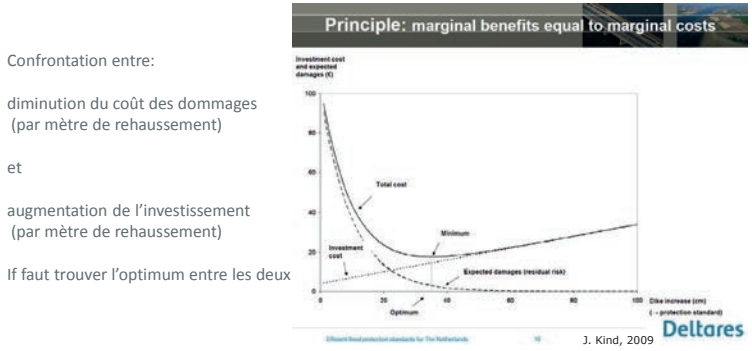
Et on doit également regarder les frais d'investissements pour le rehaussement.

Impact des normes nouvelles basé sur le risque d'inondation

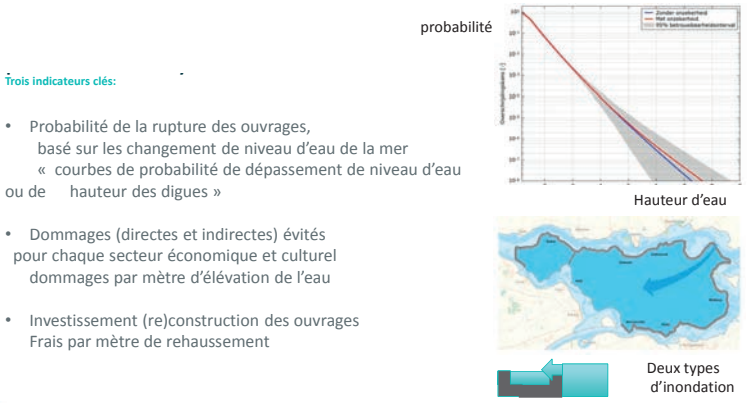
On avait les trois indicateurs : les risques individuels, les risques économiques et les risques de société. On veut vraiment les diminuer dans les prochains 30/35 ans. Et donc, avec la politique qu'on a choisie, on veut diminuer le risque individuel de 50. C'est montré ici, sur ces deux cartes.

- la situation en 2020 avant de reconstruire les digues ou d'enlever les gens des zones

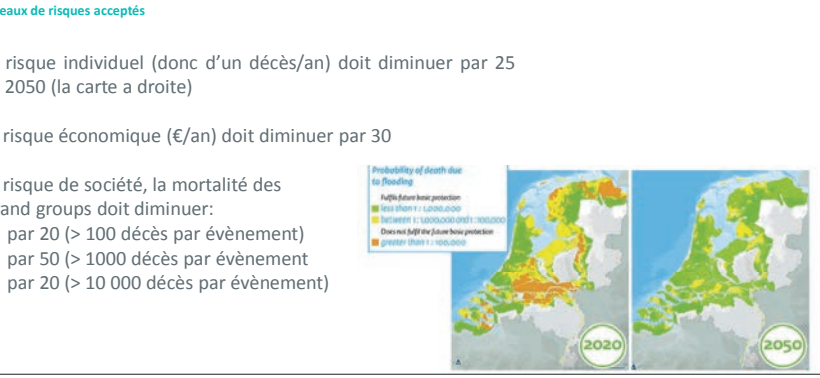
- la situation en 2050 : si on veut réduire le risque économique par 30 et le risque de mortalité par 20.



Diapo 14 > Analyse coût bénéfice (van Dantzig, 1956)



Diapo 15 > Données nécessaires pour une analyse coût bénéfice



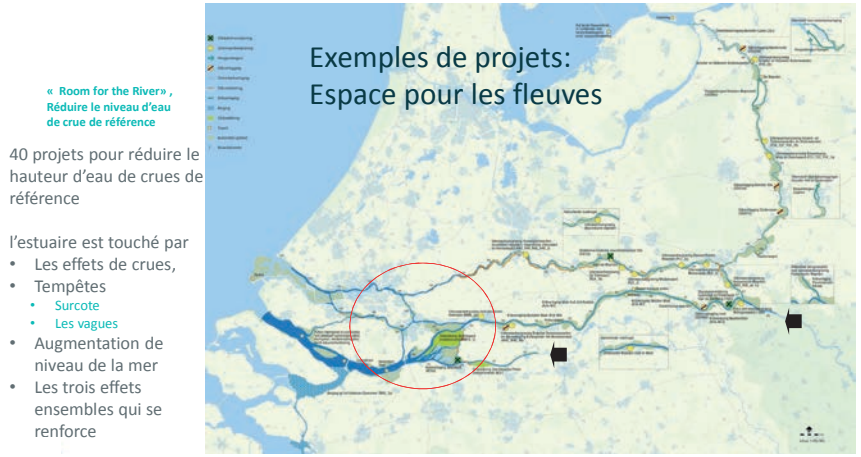
Diapo 16 > Impact des normes nouvelles basé sur le risque d'inondation

III. EXEMPLES DE PROJETS

Espace pour les fleuves

Je vais montrer quelques exemples de projets sur tous les espaces de fleuve dont je parlais hier, ainsi que les programmes de reconstruction et de construction avec la nature.

Sur le projet d'espaces pour le fleuve, il y a eu 40 projets qui ont été exprimés suite à une consultation avec la population de 400 personnes. Je vais juste présenter les projets qui sont dans l'estuaire, parce qu'ils ont des point communs avec la Charente-Maritime et la Vendée : l'effet de surcote, les vagues, les crues, les trois ensemble et l'augmentation du niveau de la mer.



Diapo 18 > Espace pour les fleuves

Noordward

C'est l'exemple du projet Noordward. En 1960, on a fermé une digue. C'était une zone avec beaucoup d'îlots en an 1000, un peu comme votre zone du Marais poitevin. Il y avait beaucoup de petits îlots et de petits cours d'eau entre les îlots. On a fermé, donc, l'eau coulait dans ces zones avec une immense digue qu'on a mise ici en haut. Et en 1995, après les grandes crues de la rivière, on a voulu baisser le niveau de l'eau des rivières pour protéger les villes en amont. On a remis en état un ancien système de criques. L'eau coule et est rejetée après en deux grands lacs, c'est l'ancien estuaire du Rhin et de la Meuse.

Et on a laissé les zones qui sont occupées par les fermiers et lors des périodes de retour d'inondations, l'eau va couler.

Et les habitants avaient le droit de rester. On a placé les maisons plus hautes sur les zones : on a d'abord augmenté le niveau de la terre et construit les maisons dessus. Et ici en bas, il y a le parc national De Biesbosch. On a donc agrandi cette zone naturelle avec le parc national.

Diapo 19 > Noordward

Overdiepse Polder

Un deuxième projet. Ce sont les paysans eux mêmes qui ont proposé d'avoir une zone tampon de crues, d'expansions de crues. Mais après étude, on a vu avec eux que c'était mieux d'avoir un système où l'eau coulait parce que ça réduisait le niveau d'eau bien mieux sur le fleuve. Et on a mis toutes les fermes qui étaient ici sur les endroits surélevés et donc tous les habitants ont reçu une nouvelle ferme .

Il y avait vingt cinq fermiers avant. Beaucoup de gens ont pris leur retraite au même moment, mais sur ce projet la consultation était quotidienne avec les paysans.

Diapo 20 > Overdiepse Polder

Exemples de projets de réfection

Ce sont des exemples de projets de réfection. On a fait des immenses prés au bord de la mer par exemple. On reconstruit, on réhausse les digues dans les villes. C'est aussi l'exemple d'un projet. Il y a très peu de vagues, on rehausse les digues et on construit de nouveaux systèmes d'évacuation d'eau pour l'hiver.

C'est l'exemple des projets de construction avec la nature, on a mis beaucoup de sols pour empêcher les vagues d'atteindre la digue.

On a mis 150 mètres de largeur de sol en plantation pour réduire la hauteur des vagues.

Ici on alimente la côte avec du sable pour baisser les vagues et pour reconstruire les dunes.

Mon discours en français, que vous retrouverez téléchargeable au lien suivant, comprend 60 pages. Je n'ai donc pas tout dit.

Merci beaucoup.

Diapo 21 > Exemple de projet

Diapo 22 > Exemple de projet avec la nature

Références

Articles et livres

Le cadre législatif et organisationnel de la gestion du risque d'inondation aux Pays Bas
https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/132274/le_cadre_legislatif_et_organisationnel_de_la_gestion_du_risque_dinondation_aux_pays-bas_druk_kwa.pdf

Le Plan Delta pour les Grands Fleuves et la gestion du risque d'inondation aux Pays-Bas, Géologues 184 extrait p 55-62

Retour d'expériences après la tempête Xynthia en France, leçons pour les Pays Bas, Les dégâts suite à l'inondation
https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/132195/xynthia_frans_web.pdf

Deltaprogramma https://www.deltacommissaris.nl/deltaprogramma

Fundamentals of Flood Defences
https://www.enwinfo.nl/images/pdf/Grondslagen/GrondslagenEN-lowresspread3-v3.pdf

3.7 | La politique du Conservatoire du littoral : la gestion souple du trait de côte

Patrick BAZIN

Directeur de la gestion patrimoniale,
Conservatoire du littoral

Bonjour à tous. Je suis chargé de vous faire une petite introduction à la présentation qui sera faite, tout à l'heure, par mon collègue Éric, du programme Adapto, qui est mis en œuvre par le Conservatoire du littoral.

Je vais essayer de vous retracer le cheminement qui a amené le Conservatoire à concevoir et à mettre en oeuvre ce programme. Cette histoire, j'espère, accompagnera vos rêveries postprandiales, sans vous amener jusqu'à la sieste. Mais je suis conscient que le moment est un petit peu délicat.

L'histoire commence pratiquement avec le Conservatoire lui-même, et la mise en place de son conseil scientifique. Dans les années 90, ce conseil scientifique sous la houlette de deux géographes éminents notamment Roland Paskoff et Fernand Verger, ont voulu nous expliquer que le littoral était un système mouvant, vivant, dynamique, et que donc, il fallait le penser comme quelque chose d'éventuellement évolutif, avant même qu'on se pose vraiment des questions au titre du changement climatique.

Et cette culture-là s'est diffusée au sein du Conservatoire, assez rapidement, même si, comme tout le monde, nous avons été relativement pris de vitesse et très surpris par les évènements de 99, puis Xynthia en 2010.

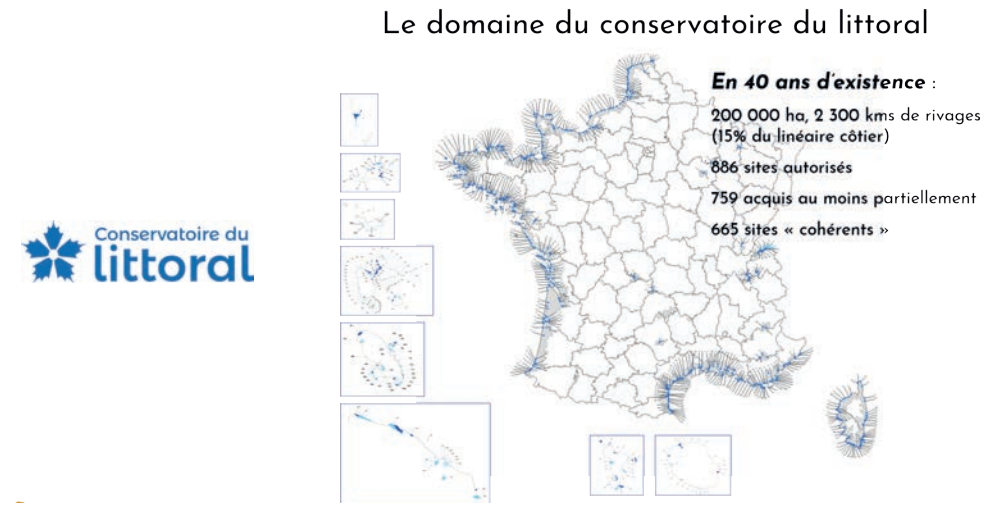
De ce point de vue, Xynthia est véritablement un déclencheur, pour nous comme pour d'autres, qui nous a conduits à essayer de réfléchir à une stratégie d'action, d'adaptation au changement climatique; alors que jusqu'à présent nous étions dans la réflexion. Et, cette action, on s'est posé la question : quelle devrait-elle être ?

Il s'est agit, d'abord, de trouver notre bonne place, en tant qu'établissement public chargé d'une action foncière sur les littoraux. Nous avons finalement une position de propriétaire, pour laquelle nous avons pu établir que les phénomènes d'érosion et de submersion allaient toucher environ un cinquième du patrimoine du Conservatoire à l'échéance de 2050. Nous ne pouvions pas rester juste spectateurs : il fallait avoir une véritable action d'anticipation.

De ce point de vue, l'érosion touche plutôt les côtes sableuses ; la submersion plutôt les côtes basses. Mais on a déjà vu que tous ces phénomènes-là sont relativement imbriqués. Nous avions une conviction, c'est que les milieux naturels, dont ceux qui sont dans le domaine du Conservatoire, pouvaient jouer un rôle dans l'adaptation des territoires aux phénomènes, aux aléas marins, aux risques naturels marins.

C'est donc le principe de solutions fondées sur la nature, éventuellement, d'ailleurs, en combinaison avec d'autres techniques de génie civil qui sont plus traditionnellement utilisées pour cette question-là. Mais nous pensons vraiment que, justement, du fait de cette mobilité du trait de côte, il y a besoin d'injecter, finalement, les milieux naturels dans la compréhension de ces systèmes territoriaux.

Force est de constater que lorsque Xynthia est intervenue sur les côtes atlantiques, il n'y avait pas de système de prise en compte des aléas marins sur la côte atlantique,



Diapo 01 > Le domaine du Conservatoire du littoral

ou sur la côte française en général. On a vu l'exemple des Pays-Bas, c'est un sujet surlequel il n'y avait aucune mémoire des évènements antérieurs ; il n'y avait aucun système vraiment efficace d'alerte et de comportement en cas de crise, et surtout, aucun système d'aménagement des territoires, même au niveau de la gestion des risques. C'est-à-dire que les digues n'étaient pas entretenues, elles n'étaient pas même identifiées. On ne savait pas à qui elles appartenaient ; il y avait des lacunes considérables dans la façon de considérer le risque marin.

Tout cela s'est beaucoup accéléré à partir de 2010. La stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte a essayé de développer une stratégie à haut niveau de l'érosion: le développement des PAPI, des Plans d'Aménagement pour la Prévention des Inondations.

La place du Conservatoire, là-dedans, elle est double, finalement. D'abord, nous sommes propriétaires d'espaces naturels, donc nous pensons qu'ils peuvent avoir un rôle positif dans ces démarches, dans ces politiques-là. Et d'autre part, nous sommes un acteur de ces territoires soumis à ces aléas : c'est-à-dire que nous n'allons pas adopter une position purement de propriétaires. Nous allons essayer d'avoir une position de participant à l'élaboration du projet de territoire, tout en restant à notre place, qui n'est pas la place de responsable de gestion des risques naturels, par exemple.

Dans la stratégie d'action du Conservatoire, nous avons admis notamment que le Conservatoire pourrait être un acteur foncier au service des projets de territoire, en acquérant, par exemple, des terrains qui sont destinés à être soumis à submersion ou à érosion, de façon à, finalement, offrir des zones de compensation, ou des zones tampons aux phénomènes naturels.

S'impliquer dans les projets de territoire, comme je le disais, et, finalement proposer des expérimentations. Et Adapto relève de ce principe-là, d'essayer de proposer des expérimentations, grâce à l'espace foncier proposé par les espaces protégés du Conservatoire.

Lorsque nous avons développé ces idées en 2013, le conseil d'administration de notre établissement nous a dit: « il faut expérimenter, on a suffisamment réfléchi : maintenant, mettons en place des vraies opérations concrètes sur le terrain ». Et c'est là qu'on commence à se rendre compte que l'histoire n'est pas simple, parce que nous avons une histoire, nous avons des cadres juridiques qui font que les solutions qui consistent à avoir une gestion souple du trait de côte, à ne pas forcément défendre en front de mer est quelque chose qui n'est pas naturel : ça suppose de surmonter beaucoup d'obstacles juridiques.

Le fait même de pouvoir relocaliser des activités est une difficulté dans le droit français, parce que même le droit de protection de l'environnement est un droit qui fige relativement les zonages, et ça, c'est une vraie difficulté.

Et il y a également des problèmes fonciers, évidemment, et puis des problèmes d'ordre purement culturel et psychologique. Nous avons lutté contre la mer pendant des siècles, et il n'est pas facile de se dire aujourd'hui qu'on va pouvoir éventuellement reculer. Et c'est quand même un élément fondamental dans la démarche.

Ce qui nous amène à essayer de procéder avec une certaine prudence, et surtout par étapes. C'est-à-dire : essayer de ne pas tout proposer en même temps, mais d'avoir une démarche d'accompagnement qui puisse s'adresser autant aux responsables qui sont en charge des collectivités ou des services divers, mais aussi des populations riveraines, qui sont les premières, impactées, et qui sont assez rarement consultées sur les projets d'aménagement du territoire, en général.

Or, sur ce type de projets, il nous paraît absolument essentiel de toucher également les populations riveraines. Et ce qu'on imagine, c'est qu'on puisse procéder en plusieurs temps, un petit peu de la même façon que le cheminement intellectuel qui s'est fait au sein de nos instances, notre conseil scientifique, notre conseil d'administration et nous-mêmes,

Le premier temps, c'est de prendre conscience du caractère mobile du trait de côte. Et pour ça, il faut se référer à l'histoire.

Le deuxième temps, c'est de raisonner à l'échelle des unités littorales pertinentes, c'est-à-dire les cellules sédimentaires, un marais, un bassin de vie éventuellement. Et de ce point de vue là, les choses s'organisent plutôt dans le bon sens, puisqu'on a une directive européenne qui nous a demandé d'identifier des territoires qui seraient plus particulièrement exposés aux inondations ; la logique des PAPI. Nous avons finalement un cadre institutionnel qui commence à se structurer plutôt dans le bon sens, de ce côté-là.

Dans ce deuxième temps, il y a le fait également «d'injecter» de la donnée scientifique, de la connaissance, et de la partager, la rendre disponible pour tous. Parce que ce sont des sujets complexes. L'événement d'hier soir nous a montré que c'était possible et vraiment salutaire.

Et puis, le troisième temps, une fois que les deux premiers temps sont assimilés : il faut laisser le temps d'infuser, d'assimiler, et alors seulement on peut commencer à parler d'élaboration de scénarios, de prospectives qui permettent de discuter avec l'ensemble des parties prenantes, afin que les projets n'apparaissent pas comme de la technocratie importée.

Vous allez voir, avec Adapto, comment nous pensons pouvoir procéder. Et, puisqu'il faut du temps, justement, mais qu'il faut également être concret, qu'il faut être opérationnel, nous pensons que ce temps, cette méthode et cette crédibilité, doivent s'exprimer à la fois à travers les signaux d'alerte qu'on a ; mais aussi à travers des choses positives.

Il faut qu'on amène quand même des bonnes nouvelles, des connaissances et des solutions réalistes.

Le réalisme, contrairement à ce qu'on pourrait penser, n'est pas une notion absolue, c'est une notion relative, selon le point de vue où on se place. Et, finalement, ce que nous avons à faire, c'est préparer les conditions qui permettront à ces solutions de gestion souple d'apparaître raisonnables et réalistes au plus grand nombre. Ça paraît presque un truisme, mais finalement c'est peut-être la pierre angulaire de toute action sur ce sujet-là. C'est véritablement rendre le réalisme palpable de la même façon par l'ensemble des interlocuteurs sur les terrains considérés.

Je vous remercie, et si vous avez des questions, bien sûr, on pourra y répondre.

3.8 | Le projet Adapto : des démarches expérimentales de gestion souple du trait de côte

Eric GIRARD

Coordinateur du projet
LIFE Adapto,
Conservatoire du littoral

Le projet Adapto, financé par le programme LIFE de l'Union Européenne, s'inscrit dans un ensemble d'actions, un programme, créé par le Conservatoire. Une méthode, un programme Adapto.

Principe

Le principe de ce programme, c'est que l'utilisation des espaces naturels offre des solutions pour gérer, pour aménager les territoires côtiers. Et l'avantage de ces solutions - intégrer les espaces naturels dans l'aménagement du littoral - est que :

- premièrement, ce sont des solutions sûres. Les scientifiques nous proposent des analyses en termes d'hydromorphologie, soit les capacités morphologiques des territoires de résister aux aléas marins.

- deuxièmement, ce sont des solutions qui, en termes de deniers publics, sont beaucoup plus économes, un peu pour la construction, mais surtout pour l'entretien des ouvrages.

- troisièmement, c'est qu'elles permettent de valoriser des espaces qui sont des pépites en termes de paysage. On y reviendra un petit peu plus tard.

Le programme Adapto, sur lequel se fonde notre projet, a pour principe, que le littoral est une zone-tampon à l'interface entre la terre et la mer.

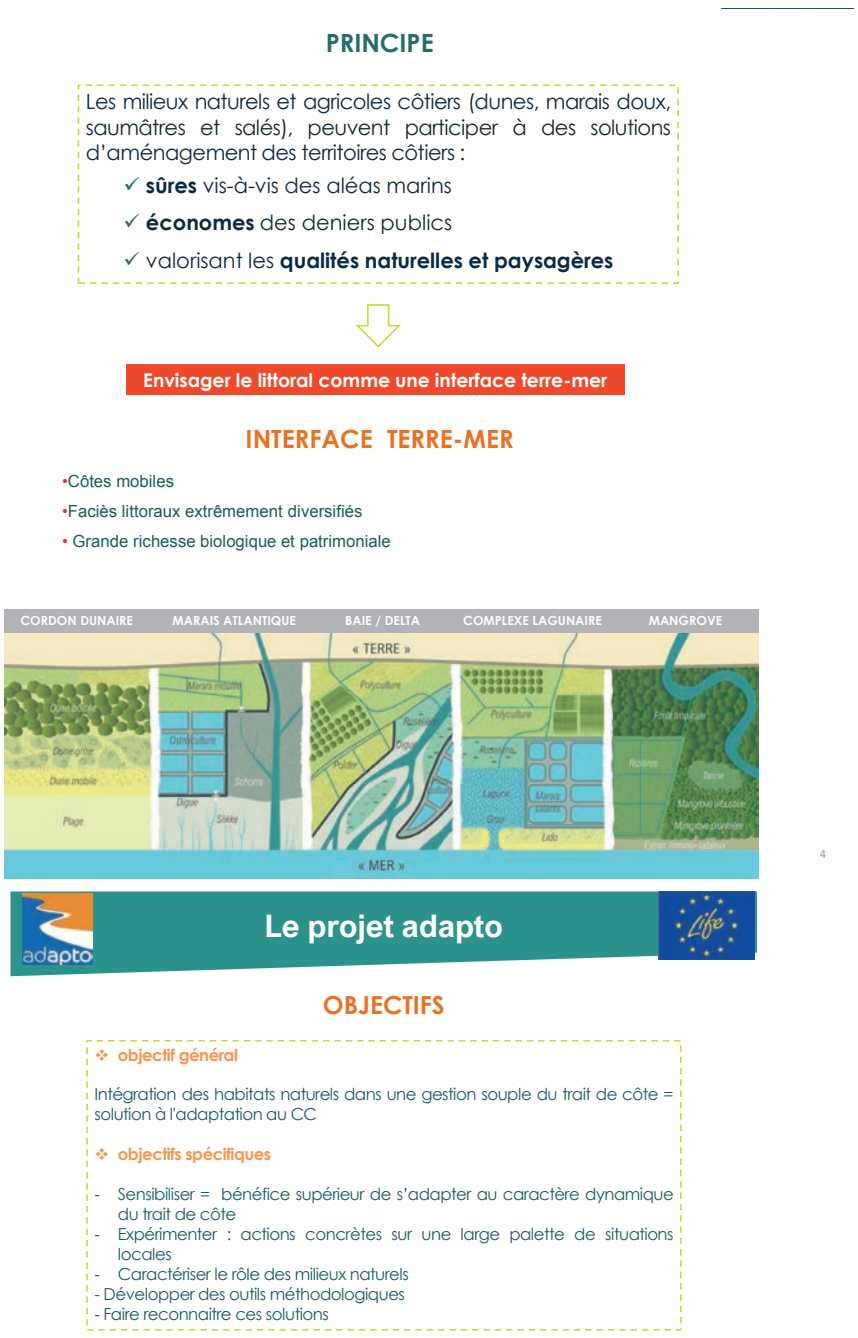
I. LE PROJET ADAPTO

Objectifs

Quand ce projet a été rédigé, son objectif général était vraiment d'intégrer ces espaces naturels dans l'aménagement, dans une gestion souple du trait de côte ; sachant que la problématique qui a été évoquée est : comment s'adapter au changement climatique ? D'où le terme d'Adapto, comme vous l'avez certainement deviné. Après cet objectif général, il y a plusieurs objectifs spécifiques qui ont été sélectionnés.

Sensibiliser. Patrick Bazin l'a bien introduit : il y a une forte dimension de concertation, de pédagogie et de communication envers les acteurs du littoral. Et c'est sensibiliser ces populations sur le bénéfice que peut représenter l'adaptation au caractère dynamique du trait de côte face à la résistance symbolisée par les digues.

Autre objectif spécifique c'est de développer des outils méthodologiques. Je vais présenter des types d'actions que nous mettons en œuvre pour notre projet. Et à l'issue de ce projet, notre idée c'est d'offrir une palette, une boîte à outils d'actions qui peuvent être mises en œuvre sur d'autres sites.



Diapo 03 > Le projet Adapto : objectifs

Et bien sûr quelque chose qui nous tient à cœur, c'est de présenter, de faire connaître, de disséminer ces solutions.

10 sites

Le projet Adapto est mis en œuvre sur dix sites : 9 sites métropolitains et un site en Guyane. Ces sites du Conservatoire ont été choisis d'une part parce qu'ils sont à des étapes plus ou moins avancées de la gestion souple du trait de côte, et deuxièmement parce qu'ils représentent différents types des littoraux présents sur le territoire français. Tous ont comme point commun d'être ce qu'on appelle des côtes mobiles. Notre projet ne s'applique pas sur des côtes rocheuses ou des côtes sur des falaises.

Pour illustrer parmi les sites que nous avons, le premier que vous avez tout au nord dans les Hauts de France, La Baie d'Authie, correspond à un type de littoral qu'on appelle le cordon dunaire, les dunes ayant la faculté d'être mobiles par rapport à l'évolution des aléas marins.

Autre type de littoral, dont il est plus question au cours de ce colloque, ce sont les marais atlantiques, qui ici sont représentés par le marais de Moëze, qui est au sud de la Rochelle.

Un autre type de littoral qui a été sélectionné pour notre projet, ce sont les lagunes ou les lidos - mot qui vient plutôt de la Méditerranée. C'est notamment le Lido du Petit et Grand Travers, le site numéro 7 et le site numéro 9 , situés en Corse, au sud de Bastia.

Estuaire de la Gironde : Île Nouvelle

J'ai choisi ensuite parmi ces deux sites deux méthodes de gestion souple du trait de côte.

La première c'est dans l'Île Nouvelle dans l'estuaire de la Gironde. C'est l'illustration selon laquelle pour la gestion souple du trait de côte on peut le faire après un évènement naturel. En 1999, il y a une tempête qui a provoqué une brèche dans cette île et à l'issue de cette brèche, il a été décidé de laisser faire la situation, de ne pas intervenir et d'utiliser cette nouvelle situation pour gérer les aléas marins.

Lido du Petit et Grand Travers

En parallèle ou à l'opposé, un autre site près de la Grande-Motte, le Petit et Grand Travers, où la gestion souple du trait de côte s'applique par décision et par aménagements humains : en l'occurrence la suppression de la route littorale que vous voyez sur la diapositive de gauche, qui a donc disparu.

J'insiste particulièrement sur ce projet pour dire que ce sont évidemment des projets

Diapo 04 > 10 sites

qui reposent sur une longue concertation. J'ai visité ce site cet été, et évidemment les animateurs de ce site ont beaucoup insisté sur l'idée que ce sont vraiment plusieurs années de dialogue et de concertation avec les acteurs du littoral pour les convaincre de la pertinence à long terme de supprimer une route à laquelle ils étaient habitués.

Grands traits administratifs

En termes adminsitratifs, notre projet bénéficie d'un budget de plus de 6,7 millions d'euros avec une contribution du programme Life de l'Union Européenne à hauteur de 60 % , parce que c'est un projet qui s'inscrit dans la thématique du changement climatique. Il a commencé en octobre 2017 et se terminera fin 2021.

Nous sommes donc deux bénéficiaires à organiser, ce qui est un peu une exception pour un projet LIFE, le Conservatoire du Littoral et le BRGM. Vous comprendrez un peu plus pourquoi le BRGM, compte tenu de ses compétences en matière de sols.

L'approche interdisciplinaire

La caractéristique du projet Adapto, la méthode phare que nous mettons en avant, est une approche vraiment interdisciplinaire. Il nous semble essentiel, pour convaincre les acteurs et les populations, de leur présenter différents aspects de la gestion du littoral, de multiplier les points de vue, et de les rassembler aussi, pour qu'ils aient la vision la plus large possible des solutions existantes pour aménager leur territoire. On leur offre une palette de solutions qui a été symbolisée par cette illustration.

II. MÉTHODOLOGIE ADAPTO

L'analyse historique

Parmi les disciplines que nous utilisons, il y a l'analyse historique. Patrick Bazin vient d'évoquer la dimension historique qui est importante.

En effet, pour promouvoir la gestion souple du trait de côte, il nous paraît important de rassembler et de présenter des documents historiques qui démontrent que le trait de côte est intrinsèquement, naturellement mobile. C'est un point important, parce que de mémoire d'homme comme on dit, ce n'est pas quelque chose qui est appréhensible facilement.

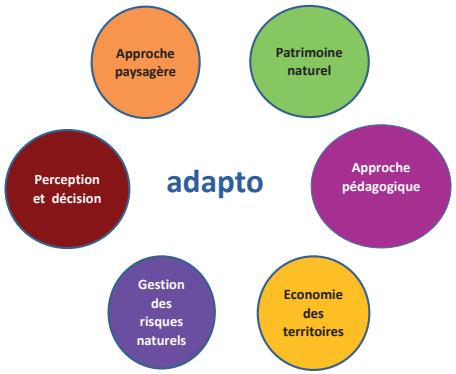
Donc à partir de documents historiques, on a l'intention de montrer que, soit par des phénomènes naturels - c'est le cas à gauche l'érosion ou l'accréation, soit par la main de l'homme - c'est le cas typique de la polderisation, le trait de côte est mobile.

BUDGET : Total : 6 728 520 €
Contribution UE : 60 %

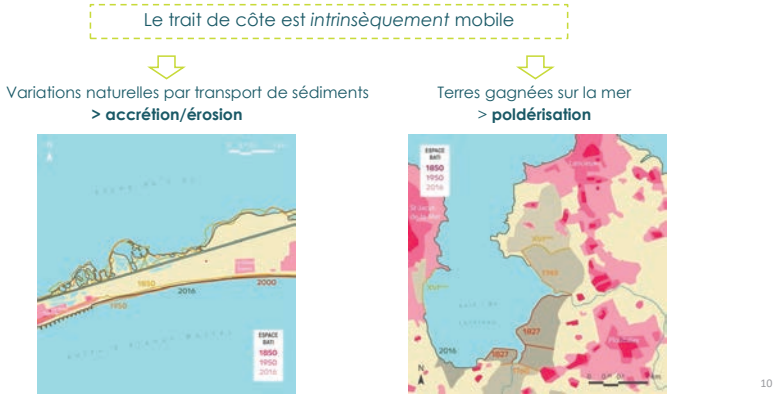
Période = 15/10/2017 - 31/12/2021

BENEFICIAIRES :
Bénéficiaire coordonnateur : Conservatoire du littoral
Bénéficiaire associé : BRGM

Diapo 07 > Grands traits administratifs



Diapo 08 > L'approche interdisciplinaire



Diapo 09 > L'analyse historique

L'approche paysagère

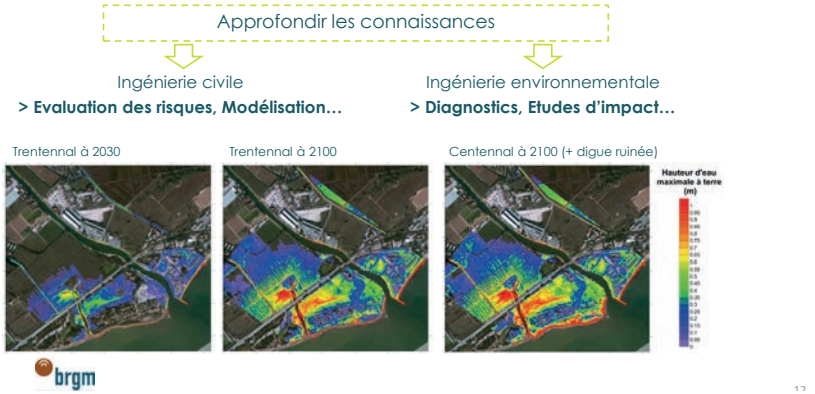
Autre discipline qui est appliquée pour notre projet, c'est l'approche paysagère. J'avais mis en avant, tout au début dans ma première slide, que le paysage peut être particulièrement mis en valeur par la gestion souple du trait de côte. Et si nous utilisons l'approche paysagère, c'est parce que c'est un outil qui sur d'autres projets que nous avons mis en oeuvre, nous paraît particulièrement efficace pour rassembler, pour faire comprendre facilement à différents acteurs, quelque soit leur âge, leur formation, leur sensibilité, ce que l'on peut faire autour de la gestion du trait de côte.

L'approche paysagère a deux aspects. Pour cela nous faisons intervenir des étudiants âgés. Premièrement, on leur fait dessiner et constater quel est le paysage actuel; et deuxièmement surtout, on les incite à proposer des évolutions possibles du paysage. Cet outil de prospective paysagère est un outil vraiment efficace pour que les acteurs du littoral entament le dialogue et commencent à envisager quel va être leur projet de territoire.

Diapo 11 > L'approche paysagère

L'approche scientifique

Un autre aspect, ce sont évidemment les études scientifiques. Je vous ai parlé du BRGM en tant que bénéficiaire associé. En effet, le BRGM intervient sur plusieurs de nos sites pour constater l'évolution qui a eu lieu jusqu'ici des sites, et après pour développer des outils, des modélisations, pour s'inscrire dans le moyen et long terme, pour qu'à partir de données scientifiques on puisse imaginer quelles peuvent être les évolutions possibles des sites littoraux.



Diapo 12 > L'approche scientifique

Communication et pédagogie

Nous avons mis en avant depuis le début, qu'il y avait une forte dimension de pédagogie et de communication à développer auprès des acteurs et des citoyens. Patrick Bazin a dit un peu plus tôt que traditionnellement, les populations n'étaient pas toujours consultées. Justement, un des points forts de notre projet, c'est vraiment d'amener les acteurs à dialoguer, à réfléchir ensemble, parce que notre objectif est qu'ils construisent et aient un projet de territoire partagé.

Pour cela, nous effectuons des études, des enquêtes de perception sociologique pour savoir comment les acteurs voient leur territoire et comment ils en imaginent éventuellement l'évolution. On a l'intention également de réaliser des enquêtes afin de définir des typologies d'acteurs et de comprendre comment ils perçoivent leurs territoires. Et selon leur perception, savoir comment communiquer.

Enfin, nous organisons des sessions de concertation et d'échanges, en suggérant leur créativité autour d'ateliers participatifs.

Merci de votre attention.

Diapo 13 > Communication et pédagogie

3.9 | Changement climatique : une réserve littorale prise en étau

Philippe DELAPORTE

Conservateur de la Réserve Naturelle Nationale de Moëze-Oléron,
Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO)

Bonjour, merci à tous. Je suis conservateur de la Réserve Naturelle Nationale (RNN) du marais de Moëze-Oléron, une Réserve Naturelle Nationale qui est gérée par la Ligue pour la Protection des Oiseaux.

I. RNN DE MOËZE-OLÉRON : CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET JURIDIQUE

Contexte géographique

Le contexte particulier au niveau de la géographie, pour ceux qui sont de la région, vous le connaissez. La réserve naturelle se trouve au milieu de la mer des Pertuis, dans le bassin de Marennes-Oléron. Elle fait face à l'île dans sa partie continentale, sur la commune de Moëze, et elle flirte avec trois communes, le long du littoral Oléronais.

La photo du centre, le polder continental, c'est surtout celui-ci qui nous intéresse dans la problématique de retrait ou de défense de côtes, est une succession de polders qui ont été gagnés sur la mer entre 1830 et 1950, et les années 50 pour les derniers polders.

Côté Oléron, on a 10 kilomètres de côtes, avec deux superbes flèches sableuses. Ici, celle de la Perrotine - Boyardville, au nord de la réserve naturelle ; et au centre de la réserve, le Coureau d'Oléron, qui est un chenal maritime, bordé par d'immenses vasières, qui sont l'appui de l'activité conchylicole notamment.

Diapo 03 > Contexte géographique

Contexte juridique

Au niveau juridique, c'est un peu compliqué de travailler sur une réserve naturelle nationale, quand on parle de dépoldérisation ou de défense de côtes. Tout d'abord, il y a deux décrets : un décret terrestre pour la partie continentale de la réserve de 1985, un décret maritime pour la partie en mer, qui longe l'île d'Oléron en 1993.

Et à cela vous avez deux textes qui ont été associés : un arrêté préfectoral qui a permis de dresser des réserves intégrales sur le domaine public maritime côté Oléron, et un arrêté municipal qui légifère une propriété conservatoire hors réserve naturelle nationale, sur la commune de Saint-Froult.

Les propriétés conservatoires sont de l'ordre de 320 hectares du domaine terrestre, et 107 hectares de traits de côte maritime continentale, qui sont amodiés directement au conservatoire en termes de gestion.

La LPO est gestionnaire de la réserve naturelle par convention avec l'État, en mission de délégation de service public, et elle est conventionnée également avec le Conservatoire pour travailler sur ses propriétés, et dans ses bâtiments également.

Diapo 04 > Contexte juridique

Le site s'appuie sur cinq communes au total : quatre pour la réserve naturelle stricte, une pour la partie conservatoire de la commune de Saint-Froult ; et le site se trouve au milieu du parc naturel marin de la mer des Pertuis.

Il est entouré de cinq zones de protection spéciale, qui composent en partie la zone fonctionnelle autour de la réserve naturelle, parce qu'une réserve naturelle n'est pas isolée. Les populations d'oiseaux ou autres animaux qui y transitent se dispersent sur des très grandes superficies, qui dépassent largement la réserve naturelle.

II. RNN DE MOËZE-OLÉRON : CONTEXTE BIODIVERSITÉ ET PATRIMOINE

Contexte biodiversité et patrimoine

La grande richesse de ce territoire, qui était d'ailleurs à l'origine de son classement, est maintenant bien reconnue. C'est une réserve plutôt d'oiseaux migrateurs. Mais, avec le temps, parce que ça fait près de 30 ans qu'elle existe, on a découvert l'ensemble de sa richesse, notamment du domaine marin. Les habitats sont au nombre de trois, en termes de la Directive Habitats en priorité. Il y a plus de 40 habitats : 50 % sont des habitats terrestres, et 31% des habitats au total sont concernés par Natura 2000.

2 500 hectares d'estrans sont vierges d'activités conchylicoles ; ces estrans sont d'une très grande richesse d'un point de vue macrofaune et herbiers. Vous avez un herbier à zostères qui fait près de 1000 hectares, ce qui représente à peu près 10 % de la totalité des herbiers du littoral Manche-Atlantique, 123 hectares de prés salés, mais qui sont morcelés : aussi bien des petits prés salés côté Oléron, à l'abri des flèches sableuses, et un pré salé continental, qui lui, est plus soumis à un phénomène d'érosion actuellement.

Les 38 hectares de dunes, qui n'ont rien à voir avec les dunes du Pilat, les dunes Gascogne, sont vraiment des microbourrelets de sable en sursis.

Les végétaux sont de l'ordre de 358 espèces, je crois, maintenant recensées : 37 ont un caractère patrimonial au niveau de la Directive, et il y a 96 macroalgues sur le domaine maritime, dont 11 qui sont déterminantes.

La production primaire de ces habitats est absolument remarquable, ce qui explique la profusion des populations d'oiseaux d'ailleurs qui transitent par ces territoires en migration, en hivernage.

Cette richesse n'est pas liée au hasard : le site se trouve sur le littoral atlantique français, qui lui-même se trouve au milieu d'une grande voie de migration qui s'appelle la voie atlantique de migration, qui draine les populations d'oiseaux migrateurs qui viennent du Nord-Est canadien, Groenland, Islande, mais également jusqu'en

Diapo 06 > Contexte biodiversité et patrimoine (1)

Sibérie nord centrale, et qui transitent par la Charente-Maritime, soit en hivernage, soit en migration, pour rejoindre les quartiers d'hivernage, plus au sud de l'Afrique saharienne, si vous voulez, jusqu'en Afrique australe.

Le turn-over au niveau des oiseaux est extrêmement important. Il y a une dizaine d'espèces qui atteigne ce qu'on appelle le critère 1 % biogéographique en termes de stationnement, à un moment de leur cycle annuel de présence.

Le site est un site Ramsar : 80 000 oiseaux d'eau hivernants, ce sont 20 000 références, donc on est largement au-dessus. Et de nombreuses autres espèces, moins importantes en effectifs, plus discrètes aussi, et difficiles à évaluer en termes de turn-over, transitent par ce littoral. Vous savez que les côtes sont fortement urbanisées. Les sites naturels riches en proies, exempts de dérangement ou d'activités humaines fortes, sont de plus en plus réduits. Et on a tendance à oublier un petit peu les populations de passereaux migrateurs qui transitent par ces espèces de buissons en arrière des dunes, qui représentent des haltes migratoires tout aussi importantes que l'estran pour les limicoles côtiers, par exemple, ou certaines espèces de canards marins.

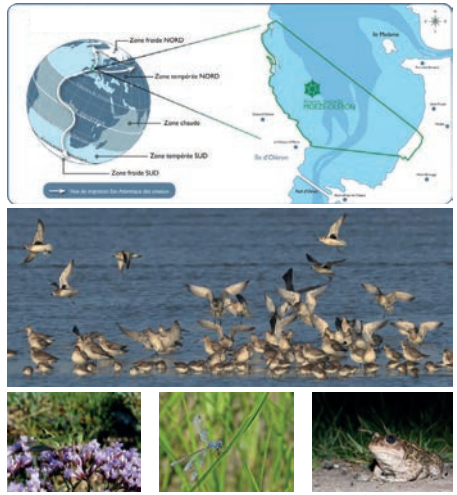
Sur le domaine terrestre, nous avons un nombre de taxons extrêmement importants et patrimoniaux au niveau des oiseaux, des mammifères, des reptiles, des amphibiens, qui sont protégés de l'influence de la mer soit par des digues, soit par des dunes, soit par des bourrelets de tout venant.

Mais, jusqu'à présent ça tient la route. Les populations animales se maintiennent globalement, malgré les épisodes que nous avons pu connaître ces dernières années. Et, parmi ces espèces qui sont plus terrestres, il y en a quelques-unes qui sont vraiment situées dans l'interface entre la terre et la mer et qui supporteraient un petit peu mieux une maritimisation de temps à autre du site. Je pense notamment à trois espèces importantes :

- le Criquet des salines, en bas à gauche, qui est un orthoptère inféodé aux prés salés, avec une écologie très particulière.

- le Leste à grands stigmas, qui est une libellule inféodée aux zones saumâtres.

- et le Pélobate cultripède, un amphibien, qui vit dans les dunes et qui supporte un degré de salinité allant jusqu'à 500 grammes par litre, au niveau de ses mares de reproduction.



Diapo 08 > Contexte biodiversité et patrimoine (2)

III. RNN DE MOËZE-OLÉRON, CONTRAINTES : RISQUE DE SUBMERSIONS

Contraintes : risques de submersions

Diapo 09 | Autre contrainte présente sur le site : maintenant, on vit avec les risques de submersion. Je travaille là-bas depuis 30 ans. J'ai eu la chance de partager la vie de Martin et de Xynthia. J'ai connu quelques épisodes de rentrée marine avant ces grands événements climatiques mais qui se sont toujours limités à un casier, c'est-à-dire une brèche dans une digue : un casier se remplissait, les autres étaient protégés par des contre-digues en arrière de la digue de mer.

Martin, c'est un ouragan, ce n'est pas vraiment une tempête, décembre 99. Xynthia, plus récemment. L'impact sur la faune a été majeur en terme de mortalités de reptiles, d'amphibiens, de micromammifères. Tout ce qui n'avait pas la capacité de s'envoler ou de partir à la nage rapidement, a été vraiment très impacté. Une mortalité importante, mais des petits îlots de survie non submergés ont permis à ces populations de redémarrer avec le temps.

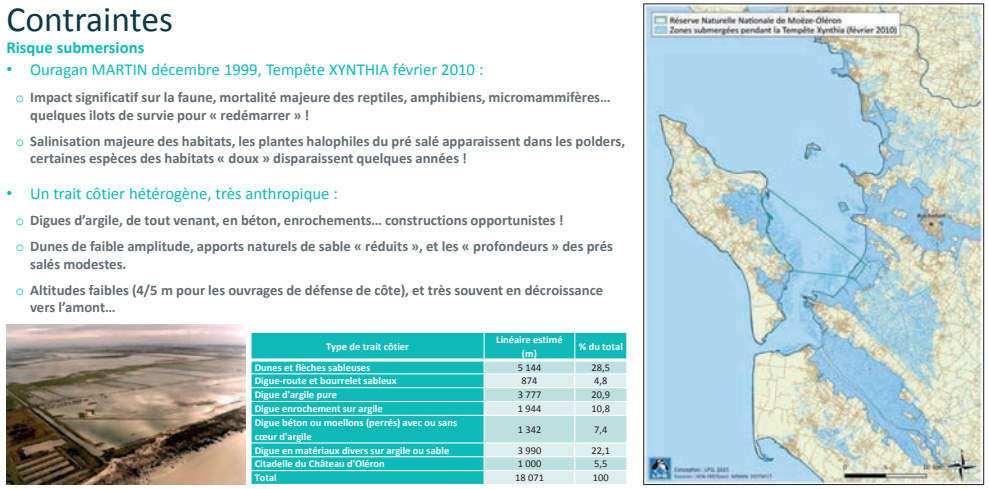
Pour autant, pour ce qui est des reptiles, des mammifères, et partiellement des amphibiens, les niveaux que nous connaissions avant, malheureusement pas toujours suivis par des monitoring scientifiques, n'ont plus jamais été atteints. C'est très net pour les micromammifères, parce que là, on avait des références antérieures à l'ouragan Martin.

Le trait de côte est très hétérogène. Il est très anthropisé : vous avez des digues en béton, en terre, en tout venant, en enrochements qui s'accrochent de temps à autre sur des cordons dunaires qui sont relictuels et relativement peu larges et qui sont également en recul.

Qui plus est, ces dunes présentent un taux d'engraissement naturel relativement faible. Pour la partie oléronnaise, c'est assez marqué sur la dune, c'est juste après la digue de la Perrotine et du péret de la Perrotine, sur le chenal d'accès au port de Boyardville. Et côté continent, la petite plage dunaire de Saint Froult a perdu depuis Xynthia à peu près un tiers de sa largeur par place.

Les altitudes sont également très faibles parce que les défenses de côte anthropiques se baladent entre 4 et 5 mètres de côtes. Et les dunes, qui sont les points les plus hauts de défenses de côte naturelle, atteignent par place jusqu'à 7 mètres notamment sur Oléron.

Pour autant, quand on rentre à l'intérieur du pays donc à l'Est pour le côté continent et vers l'ouest côté Oléron, les altitudes sont généralement plus basses que la défense de côtes, qu'elles soient naturelles ou anthropiques. Ce qui pose un sérieux problème en cas de brèche.



Diapo 09 > Contraintes : risque de submersions (1)

Diapo 10 | Les risques de submersion on y est toujours. Nous avons vécu une période récente de dix années entre deux submersions majeures. La biodiversité a fait preuve d'une certaine résilience à partir des îlots de survie, avec les limites que je vous ai exposées. Et la reconquête des terres perdues s'est faite en quelques années pour les vertébrés, ainsi que pour certains invertébrés comme la Libellule à grands stigmas qui est réapparue après un épisode de submersion, ayant donc était un « gagnant », car il a réinvesti le site à la faveur de la salinisation de certains habitats lagunaires qui ont retrouvé des caractéristiques d'habitats propices à l'espèce.

Les cortèges floristiques ont été extrêmement perturbés. Il a fallu à peu près cinq ans de saisonnalité avec des pluviométries normales pour voir les habitats salinisés se dessaler progressivement et retrouver des cortèges floristiques proche de l'avant submersion. Le temps de 10 ans entre deux épisodes de submersion semble permettre à la nature de réagir, au moins pour la végétation.

Mais malheureusement, l'érosion s'accélère, particulièrement côté continent. Comme le disait Monsieur Chaumillon, vous avez beau avoir un excédent sédimentaire qui arrive dans le bassin de Marennes Oléron, il ne se dépose pas de manière homogène partout : vous avez des secteurs qui sont en augmentation en termes d'atterrissement, particulièrement nette sur la côte oléronnaise de la réserve naturelle où les présalés de spartines se développent massivement depuis deux décennies.

A contrario côté continent, nous avons un cône orienté Nord Ouest qui subit une très forte dégradation. Le présalé à fourrés de soude arbustive a disparu, il faisait une largeur d'à peu près 30 mètres et a disparu en une décennie et demie. La mer arrive directement maintenant sur la digue et n'est plus qu'amortie par places, par des bancs coquillés de plus en plus épais qui sont quasiment maintenant à la même altitude que la digue d'origine.

Ces contraintes nous ont pemis, grâce au décret qui permet l'entretien des digues à l'identique, de colmater régulièrement les brèches, après Martin, après Xynthia et même depuis Xynthia, car en 2016 une nouvelle brèche s'est ouverte. Vous avez une photo récente en bas à droite. C'est une des brèches qui est en place depuis octobre 2018.

Pour la première fois, vous le voyez sur la photo, la mer est rentrée par la brèche, mais est ressortie par la brèche. Habituellement elle rentrait par la brèche, remplissait un casier, était évacuée par un système hydraulique qui donnait directement sur un chenal maritime de Brouage, situé plus au sud de la réserve naturelle.

Ces brèches, bien forcément, nous posent problème en tant que gestionnaire de la biodiversité parce que nous avons une responsabilité, confiée par l'État, pour conserver la faune quelle qu'elle soit. Il ne s'agit pas que des petits poissons marins, mais également les continentaux, et tous les habitats et la végétation qui s'y développent, les chaînes trophiques qui se développent en arrière des digues littorales dans les marais rétro littoraux.

Diapo 10 > Contraintes : risque de submersions (2)

Forcément, cette digue a aussi un impact sur les usages des sols en amont du site.

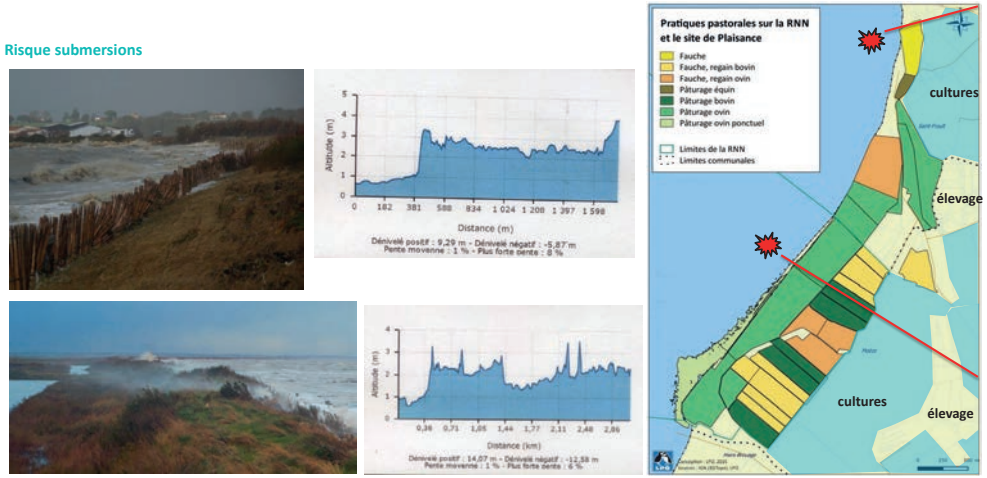
Côté continent, ce sont essentiellement de l'agriculture et de l'élevage. Côté Oléron, c'est beaucoup plus complexe : résidence, tourisme balnéaire, lotissement conchylicole, affinage de l'huître à terre, un golf et j'en oublie. L'activité humaine est très importante sur Oléron et on a très peu de capacité, de profondeur possible d'un éventuel recul du trait côtier.

Diapo 11 | Quelques petites diapo pour illustrer un peu les deux points chauds du domaine continental.

En bas directement sur un polder, une digue d'argile où se situe cette fameuse brèche que vous avez vue en photo avant. Pour la petite histoire, la digue se trouvait à une côte proche de 4,60 m, la contredigue construite un siècle plus tôt en 1830/1870, est à peu près à 3,75 m et les terres agricoles en arrière du site sont à 1,95 m dans les points les plus hauts. On voit très bien que lorsque la première digue casse, la deuxième ne contient pas la montée de la mer, sur un coup de tabac un peu fort, la mer va aller très loin.

Et nous avons également un point d'érosion au nord du site conservatoire, hors réserve naturelle nationale, à la jonction entre une digue d'enrochement qui protégeait une ancienne zone ostréicole, qui est maintenant pour partie propriété du Conservatoire du littoral. Cet enrochement a créé un épi et donc une zone de tourbillons, ce qui fait que la dune qui s'imbrique dans cet enrochement est en train gentiment de partir. Et là, ce sont presque 10 mètres de largeur de dunes qui ont disparu depuis Xynthia.

Et vous voyez derrière, sur la diapo de droite en bleu, les îlots de culture intensive. En fin de compte, la pression sociale la plus forte pour nous vient de l'agriculture intensive plus que des éleveurs.



Diapo 11 > Contraintes : risque de submersions

IV. RNN DE MOËZE-OLÉRON : L'AVENIR

Plan de gestion 2017/2026

Diapo 13 | Récemment, nous avons rédigé notre nouveau plan de gestion à dix ans pour la période 2017- 2026. Ce plan de gestion a défini quatre grands enjeux, et deux de ces enjeux font référence à la possibilité d'un certain laisser-faire de la nature.

Dans l'absolu, conserver les habitats terrestres qui nous sont confiés en gestion au départ oui, mais pas à n'importe quel prix. S'ils pouvaient glisser vers l'amont, c'est quelque chose qui irait assez bien, si on leur laisse un peu le temps et surtout qu'on donne de la profondeur à cette possibilité de glissements et de recomposition des habitats plus en amont vers l'est. On est toujours sur la partie continentale.

Et le deuxième enjeu, c'était l'enjeu géomorphologie côtière - ce sont les phrases en jaune en bas sur la page de droite - c'est laisser faire autant que se peut la géomorphologie côtière s'exprimer au gré des caprices de la nature. Or ce n'est pas simple parce qu'on n'est pas tout seul, on n'est pas isolé.

Diapo 14 | J'ai oublié de vous préciser que le gestionnaire suit certains groupes d'espèces depuis plusieurs années, en relation avec ces phénomènes de submersion et de possibles disparitions de certains polders rétro littoraux qui seraient rendus au flux des marées quotidiennes.

À l'avenir dans ce plan de gestion, on pourrait imaginer avec les images que vous voyez là, qu'une digue nous soit imposée (schéma 1). L'État peut nous imposer ce choix. On serait dans une situation présentant un certain statu quo au niveau biodiversité : ça ne bouge pas beaucoup, mais par contre la fonctionnalité terre-mer , en dehors des quelques écluses que nous gérons directement en relation avec des marais salés, serait quand même relativement réduite en sections.

On peut aussi être amené à « subir » une digue de retrait au milieu de la réserve naturelle par exemple (schéma 2), ou voir juste derrière la réserve naturelle. Au milieu de la réserve naturelle on perdrait 50 % des surfaces de marais rétro littoraux : 50 % de la biodiversité terrestre peut être amenée à disparaître, certains taxons totalement.

Mais on peut aussi nous l'imposer juste derrière la réserve naturelle, qui deviendrait une réserve marine. Et dans ce cas, toute la faune et la flore terrestre stricte disparaîtrait du site. Pour certains taxons dont la réserve a des responsabilités nationales en termes de conservation, c'est la disparition pure et simple sans possibilité de report.

Ou plus idéalement (schéma 3), on ne fait pas de digues du tout, ou le plus loin possible, et on laisse la mer replacer un trait de côte comme bon lui semble, en fonction de la courantologie, des apports de sédiments et des points d'accroche qu'il y a sur le relief du sol.

Il existe une possibilité qui est assez visuelle : il y a une dune fossile au nord du

Diapo 13 > Plan de gestion 2017-2026 (1)

Diapo 14 > Plan de gestion 2017-2026 (2)

site protégé hors réserves naturelles, sur site conservatoire, qui est une dune grise de Gascogne, donc un habitat prioritaire, et qui est l'ancien trait de côte en fin de compte. Cette dune a été le trait de côte sur sa partie nord du site jusqu'en 1953/54, avec un petit pré-salé devant une quinzaine d'hectares. Et on peut penser qu'en l'absence de digues, un présalé assez important pourrait se mettre en place.

IV. RNN DE MOËZE-OLÉRON : AUJOURD'HUI

« Dans la vraie vie »

Dans la vraie vie, malheureusement ce n'est pas comme ça. On subit des pressions régulières et les solutions par rapport à ces pressions sont souvent prises à très court terme, donc on répond par un colmatage borné par les termes du décret en termes d'autorisations pour boucher les trous de la digue.

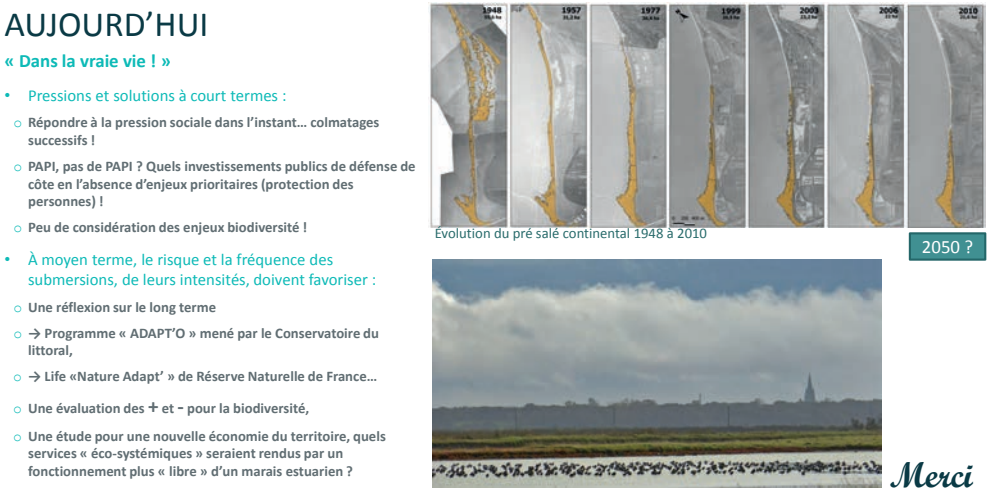
On a un PAPI côté oléronnais qui cadre les défenses de côte par rapport aux différentes activités humaines importantes que j'ai citées tout à l'heure.

Nous n'avons pour l'instant pas de PAPI. Il est en discussion sur la partie continentale, ce qui est un frein; en sachant que derrière la réserve naturelle nous n'avons aucune zone d'habitation importante menacée directement. Les lotissements ou les maisons des deux villages qui pourraient être touchés, mais pas vraiment - une petite lame d'eau au rez de chaussée même avec Xynthia et Martin - se trouvent à plusieurs kilomètres en retrait du trait de côte actuel.

Et surtout dans les discussions qu'on a, l'enjeu biodiversité est souvent peu abordé. Comme je l'ai dit, nous avons cette responsabilité de conservation d'un certain nombre d'actions et d'habitats. Et, en tant que gestionnaire, nous devons tout faire avec nos partenaires, le Conservatoire propriétaire et bien sûr les populations locales et les décideurs, pour essayer de donner une chance à cette biodiversité de reculer, en s'appuyant probablement sur une nouvelle économie de territoires, plus marine moins céréalière.

On va quitter la Beauce et on va revenir à Marennes Oléron. Je crois que c'est une chose qu'il faut vraiment prendre en compte. On oublie qu'un petit peu plus loin vous avez la citadelle de Brouage qui autrefois était un port, une île en tant que telle. Un retour du marin plus proche de la citadelle d'un point de vue paysager touristique, est certainement un plus qu'il serait intéressant d'évaluer.

Et l'aspect développement de présalés pour la défense de côtes elle-même, mais également en termes de nurserie et nourricerie pour les populations de poissons et d'autres, sont aussi des éléments à prendre en compte sur le changement d'activité qu'il pourrait y avoir en amont du site protégé et sur le site protégé. J'espère n'avoir rien oublié. Merci.



Diapo 16 > Dans la vraie vie

Patrick GRILLAS

Directeur du programme,
La Tour du Valat - Institut de recherche
pour la conservation des zones humides

3.10 | Restauration des zones humides côtières : une solution basée sur la nature pour faire face à l'élévation du niveau de la mer et favoriser la biodiversité. Un exemple méditerranéen

Une petite excursion en Méditerranée pour changer de l'Atlantique qui est ma foi, cependant très intéressant. Je vais vous parler d'un projet d'école, dérivation de reconstitution d'écosystèmes naturels en Camargue quelques mots de contexte.

I. CONTEXTE

Un delta anthropisé

La Camargue c'est un delta qui a une image très naturelle et une réalité très en prise. C'est un delta qui est complètement ou quasi complètement endigué depuis 150 ans, qui est poldarisé sur une grande partie de sa superficie avec une intensité de gestion de l'eau douce qui est très forte. Il y a davantage d'eau douce qui rentre par l'irrigation que par la pluie.

Dynamique sédimentaire

Et puis, c'est dans un contexte où la construction du Delta, qui a été alimentée par les sédiments du Rhône, est stoppée par le nombre très important de barrages sur le Rhône lui même et surtout sur ses affluents.

On est dans un contexte de baisse considérable des apports de sédiments. Dans ce contexte, la dynamique sédimentaire est très forte avec des zones d'érosion qui sont très importantes. On a des reculs qui peuvent être supérieurs à 5 mètres par an en moyenne, et des petites zones d'accrétion sédimentaire qui sont très très limitées, et un littoral qui est très aménagé depuis maintenant de nombreuses années.

Vulnérabilité à l'élévation du niveau de la mer

Toujours dans le contexte, c'est une carte de la bathymétrie ou de la topographie en Camargue. 70% du delta est en dessous d'un mètre d'altitude, ce qui est extrêmement préoccupant. L'élévation du niveau de la mer est très importante et croissante. Et en plus, on a des phénomènes de subsidence qui sont relativement importants sur le delta. Le littoral souffre aussi d'événements climatiques.

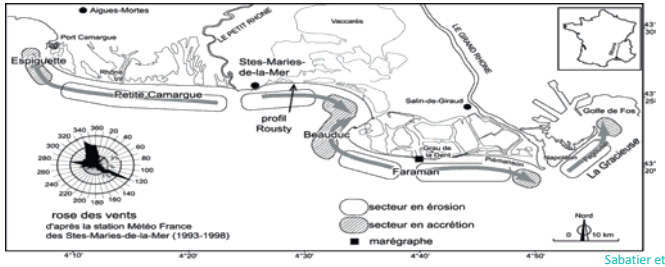
Des tempêtes, vous connaissez aussi - Xynthia a été mentionnée à de nombreuses reprises. On a aussi, de temps en temps, des tempêtes sévères.

- Endiguement quasi complet depuis 150 ans
- Poldérisation
- 350 à 400 millions m^3 d'eau pompés au Rhône
- Peu de communications avec la mer
- Baisse des apports de sédiments

Source : A. Dervieux, S. Marche

Diapo 04 > Un delta anthropisé

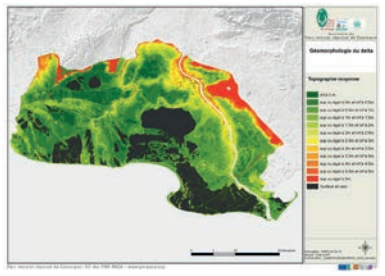
- Un littoral naturellement très mobile
- et fortement aménagé contre l'érosion côtière

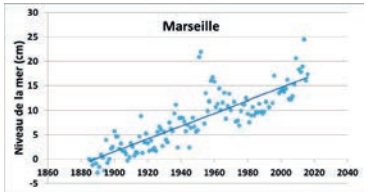


Sabatier et al. 2007

Diapo 05 > Dynamique sédimentaire

70% de la Camargue < 1m





- Subsidence (0,8 mm/an)
- Montée de la mer: 2 mm/an au XX°s

https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Spotlight_on_sea-level_rise

  - 1993-2018: 3.2mm
  - 2013-2018: 4.5 mm
- Évènements climatiques extrêmes

Diapo 06 > Vulnérabilité à l'élévation du niveau de la mer

II. ÉTANGS ET MARAIS DES SALINS DE CAMARGUE

Le site dont je vais vous parler, ce sont les étangs et marais des salins de Camargue. C'est un espace de plus de 6500 hectares qui a été vendu par le Groupe Salins au Conservatoire du littoral entre 2008 et 2012.

Vous voyez, en bleu, la zone qui a été vendue au Conservatoire du littoral et en rouge, la partie qui reste en salins encore actifs.

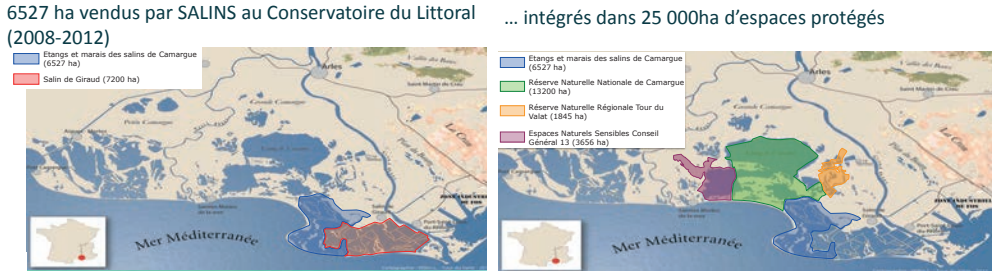
Cet espace s'intègre dans un ensemble beaucoup plus grand d'espaces naturels protégés d'environ 25 000 hectares au cœur du Parc naturel régional de Camargue, mitoyen avec la Réserve Nationale de Camargue et la Réserve Naturelle régionale de la Tour du Valat et des espaces naturels sensibles du Conseil Général; ce qui fait un ensemble tout à fait remarquable d'espaces protégés pour le delta.

C'est un espace qui a été récemment gagné sur la mer. Il est situé sur le lobe deltaïque du bras de fer qui a considérablement grandi au cours des derniers siècles et dont l'érosion littorale, le courant ligure, reprend le sédiment pour le redisposer plus loin sur le littoral.

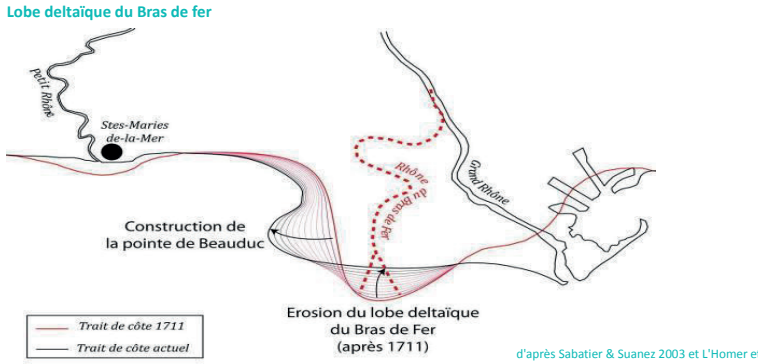
Vous avez un recul qui est tout à fait considérable aux Saintes-Maries-de-la-Mer, par exemple, où vous voyez que la mer est aux portes de la ville. alors que le trait de côte était sensiblement à 1,5 kilomètre, il y a un peu plus d'un siècle.

Cet espace qui a été vendu par le Groupe Salins au Conservatoire du littoral, qui est entouré en rouge sur ces cartes (diapo 11), est un espace qui a été très récemment transformé en salins. Pour transformer des systèmes lagunaire en salins, c'est relativement simple : on divise le système par des digues et ensuite, le fonctionnement est un peu moins trivial, il faut pomper de l'eau d'un bassin à l'autre dans des conditions très précises pour faire concentrer ce sel. Cette transformation s'est faite dans les années 60 à 70.

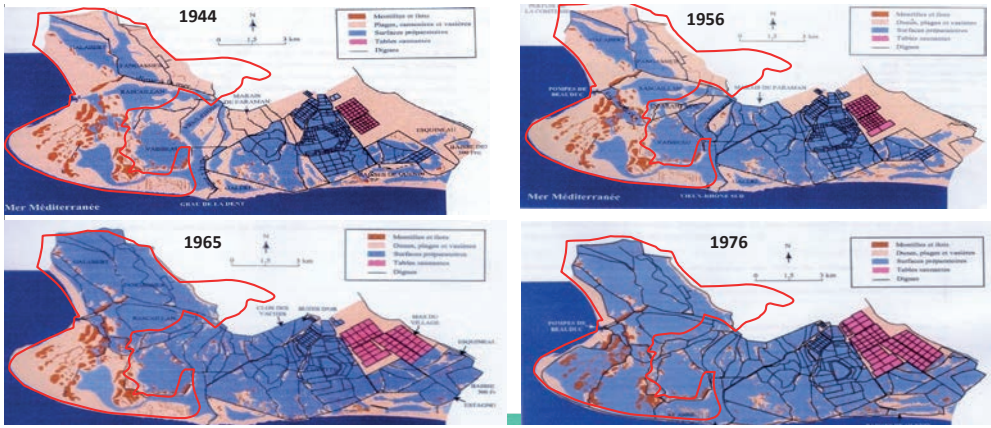
C'est un site qui n'a pas une histoire longue d'exploitation en salins.



Diapo 08 et 09 > Les étangs et marais des salins de Camargue



Diapo 10 > Un espace récemment gagné sur la mer



Diapo 11 > Un espace récemment aménagé

III. DYNAMIQUE LITTORALE ET RESTAURATION

2011 : changement de gestion

Le changement de gestion en 2011 : le Conservatoire du littoral demande à trois co-gestionnaires de s'investir dans la gestion de ce site. Sous la direction du Parc naturel régional de Camargue, la Tour du Valat et la Société nationale de protection de la nature, prennent la gestion du site avec quelques objectifs et orientations très claires.

La première, c'est de mettre en place une gestion adaptative avec élévation du niveau marin. Pour expliquer le contexte, quelques semaines après la première vente de terrains par le Groupe Salins au Conservatoire du littoral, la digue s'est affaissée ; et c'est probablement une des motivations principales de cette industrie pour vendre son territoire, c'est qu'ils n'arrivaient plus à maintenir le système de digues.

Notre objectif était aussi de restaurer une hydrologie naturelle, des écosystèmes côtiers et de maintenir ou d'augmenter la capacité d'accueil des oiseaux coloniaux nicheurs. C'est un site très important pour les oiseaux coloniaux dont le flamant rose.

Et enfin d'intégrer des enjeux socio-économiques et d'offrir des opportunités de diversification économique.

Gestion du trait de côte et risque de submersion marine

Le constat local, c'est qu'il n'y a pas d'enjeu économique très proche et donc, on a des capacités de recul stratégique qui sont significatives. Il y a une digue de défense, en arrière, qui est nommée ici la digue Symadrem. Dans ce contexte, la stabilisation du trait de côte sur la digue maritime était extrêmement difficile, extrêmement coûteuse et intenable. Nous sommes devant un risque de submersion accru.

La stratégie générale, c'est d'utiliser cet espace comme une zone tampon pour amortir les coups de mer et d'accepter le retrait maîtrisé du trait de côte, avec un renforcement du retrait de la digue de protection des biens et des personnes.

Stratégie de restauration

La stratégie biologique de restauration de ce site était de rétablir les connexions entre la lagune centrale, le système Vaccarès et la mer, au travers de ces anciens salins, en tablant sur une recolonisation spontanée des espèces, sur une absence de gestion active. D'ailleurs, tous les systèmes de gestion active avaient été retirés par le Groupe Salins. On avait aucun moyen, avec un tout petit objectif d'artificialisation afin d'optimiser les durées d'inondation sur un nombre limité de bassins pour favoriser la reproduction des oiseaux d'eau coloniaux, et avec un suivi scientifique et une gestion adaptative.

CONSERVATOIRE DU LITTORAL

3 co-gestionnaires

✓ **Convention de gestion** avec **5 orientations**:

1. Mettre en place une gestion adaptative à l'élévation du niveau marin (retrait maîtrisé du trait de côte)
2. Restaurer une hydrologie naturelle et les écosystèmes côtiers
3. Maintenir / augmenter la capacité d'accueil pour les oiseaux coloniaux nicheurs
4. Intégrer les enjeux socio-économiques: offrir des opportunités de diversification économique

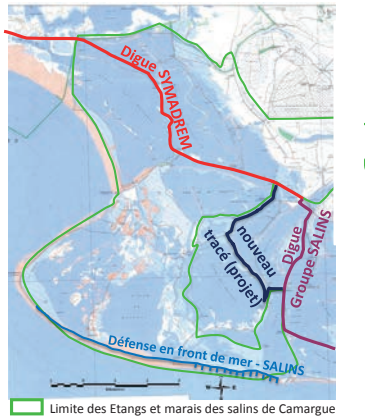
Diapo 13 > 2011 Changement de gestion

Constat :

- Absence d'enjeu économique fort sur la propriété du Conservatoire du Littoral
- Stabilisation du trait de côte très coûteuse et intenable sur le long terme
- Risque accru de submersion marine

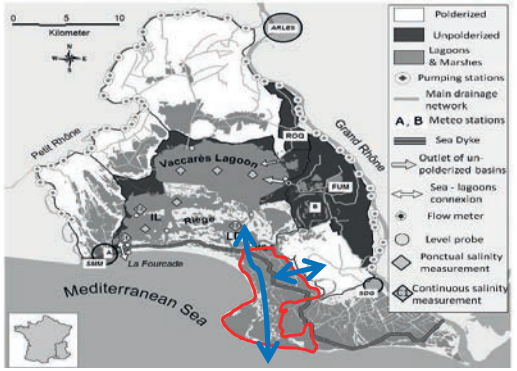
Stratégie générale:

- Faire du site une zone tampon pour l'adaptation à l'élévation du niveau marin
- Accepter le retrait maîtrisé du trait de côte
  - ➔ *les ouvrages de défense en front de mer ne sont plus entretenus*
  - ➔ la digue de protection (SYMADREM) adaptée et renforcée



Diapo 14 > Gestion du trait de côte et risque de submersion marine

- Rétablir les connexions avec la mer et le complexe lagunaire du Vaccarès
- Recolonisation spontanée des espèces
- Gestion active limitée (pas de pompage)
- Optimiser les durées d'inondation sur quelques bassins (colonies d'oiseaux)
- Suivi scientifique et gestion adaptative



Diapo 15 > Stratégie de restauration

La dynamique littorale

La dynamique littorale, vous le voyez sur ces images, c'est la déconstruction très rapide des digues en front de mer - environ 5 km de digues qui sont en cours de démantèlement sans effort particulier des gestionnaires : la mer fait le travail tout à fait efficacement. Parfois, un peu plus vite que ce que nous aurions souhaité. En fait, c'est un site sur lequel on était relativement clair sur les objectifs, mais la mer n'était pas d'accord avec le calendrier. Dès que le territoire a été vendu au Conservatoire du littoral, la digue s'est affaissée et la mer a rattrapé un territoire qu'elle voulait reconquérir depuis un certain nombre d'années.Nous avons un peu couru après les événements, au moins dans les premières années.

Après la déconstruction des digues, il y a des phénomènes d'overwash, de reconstruction d'un cordon sableux en arrière des anciennes digues, et vous voyez avec ces flèches rouges, l'ensemble des points sur lesquels la mer a cassé la digue frontale.

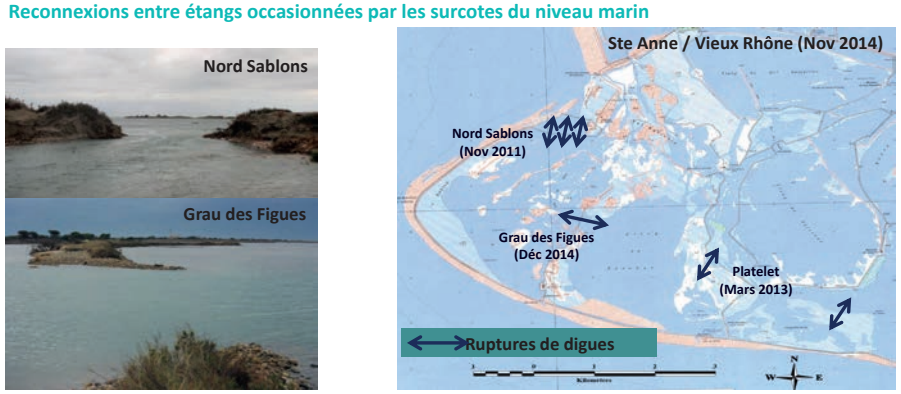
Juste pour situer, quelques décennies avant, il y avait plusieurs centaines de mètres de plage avant cette digue.

Les changements induits par la dynamique côtière

Les changements ont été extrêmement forts, parce qu'une fois que cette digue frontale est passée, les digues qui sont construites pour la production du sel sont des digues qui sont faites pour des niveaux d'eau gérés de façon extrêmement fine et qui ne sont absolument pas faites pour résister aux assauts de la mer. Résultat, les digues internes ont cédé à de multiples endroits, avec des creusements de chenaux parfois assez importants.

Vous voyez sur ces flèches bleues les endroits où les digues ont été cassées.

Diapo 16 et 17 > La dynamique littorale

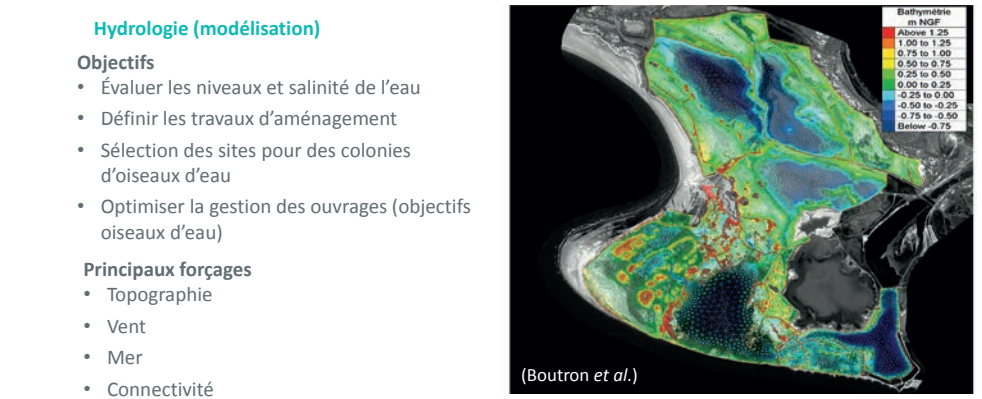


Diapo 18 > Les changements induits par la dynamique côtière

Stratégie de restauration

La stratégie de restauration est fondamentalement basée sur une compréhension de l'hydrologie. Nous avons fait de la modélisation du fonctionnement hydrologique sur la base d'une étude topographique assez fine, grâce à des Lidar, parce qu'il n'y avait aucun moyen d'avoir une topographie à peu près correcte. Et cette modélisation hydrologique sert à calculer les durées d'inondation et les niveaux de salinité qui devraient prendre place dans ces systèmes, en fonction des types d'aménagement ou de gestion.

Pour des objectifs de désalinisation, puisqu'on était dans un salin, on avait des concentrations en sels qui étaient extrêmement fortes, avec parfois des croûtes de sel très importantes, il était important de dessaler un certain nombre de sites. Et puis, comme je le disais tout à l'heure, de stocker un peu d'eau, au moins jusqu'à la fin de la période de reproduction des oiseaux d'eau.

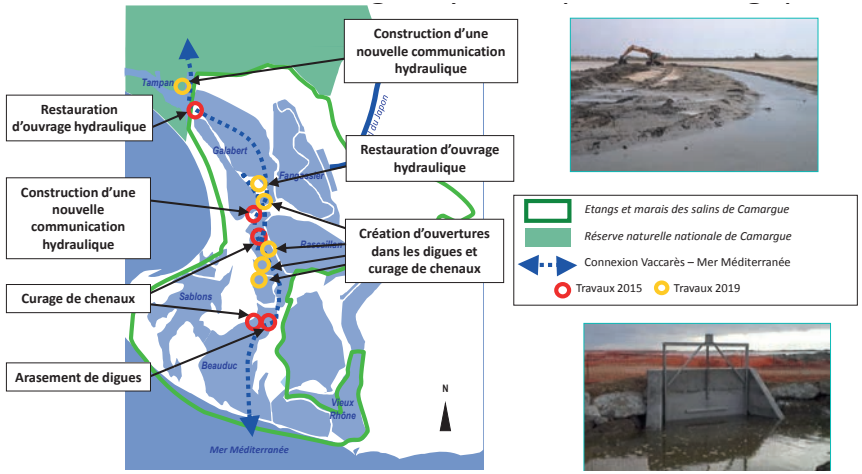


Diapo 19 > Stratégie de restauration

Restauration des échanges hydrauliques et biologiques

Ces modèles nous ont permis de calculer des travaux d'aménagement et nous sommes dans un système de mer sans marée où les principaux moteurx de l'eau sont la topographie et le vent. Le vent a un effet absolument considérable pour faire passer l'eau d'un bassin à l'autre. Sous l'effet du vent, sous l'effet d'un fort mistral, on peut avoir, non plus un plan d'eau parfaitement horizontal, mais on peut avoir une décote de - 30 et + 30 ; ce qui fait une pente tout à fait significative pour l'écoulement des eaux.

Ces modélisations hydrologiques nous ont permis de calculer un certain nombre d'ouvrages qui ont été mis en place pour optimiser ce fonctionnement de reconnexion. Je passe sur les détails, mais pour des raisons de la nature des terrains qui ont été vendus au Conservatoire du littoral, nous n'avions pas vraiment de points réellement bas pour faire ce chenal, et on a dû un peu forcer la nature. Les terrains réellement bas se trouvaient juste à l'Est des terrains qui ont été vendus au Conservatoire du littoral.



Diapo 20 > Restauration des échanges hydrauliques et biologiques

IV. RESTAURATION DE LA BIODIVERSITÉ

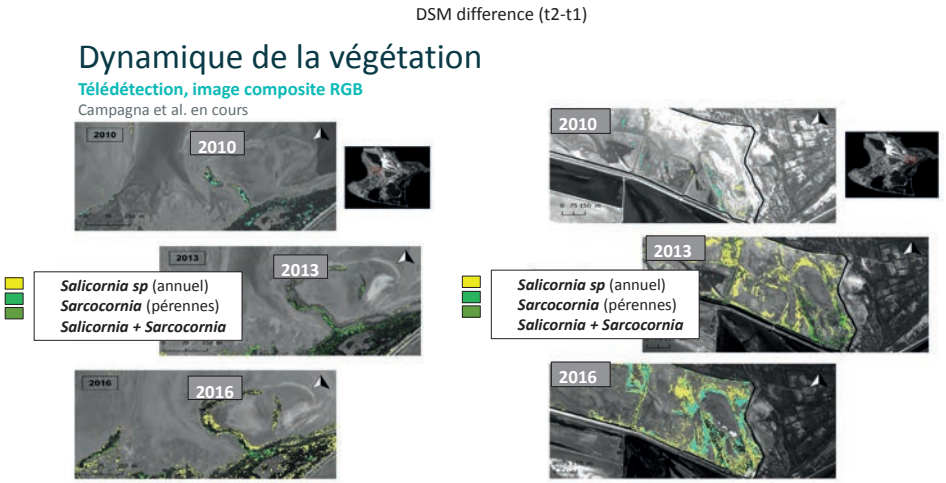
Dynamique de la végétation

La restauration de la biodiversité, quelques mots sur la façon dont ça se passe. Ça se passe de façon extrêmement rapide. Vous avez en jaune, des salicornes annuelles et en vert, des salicornes pérennes. On a une recolonisation extrêmement rapide des points relativement hauts de ce territoire par des salicornes. Vous avez à gauche et à droite, respectivement, deux secteurs de ce site.

Et vous voyez sur cette courbe, la vitesse de colonisation de ces salicornes. Sur la photo du bas, en rouge, ce sont les salicornes annuelles et en vert, les salicornes pérennes.

La dynamique de la végétation est très rapide, c'est une végétation halophile et c'est une végétation qui est extrêmement abondante en périphérie du site.

Dans les lagunes, c'est un peu plus compliqué, on a de la recolonisation, mais du fait de l'instabilité hydrologique de ce système qui n'est pas alimenté de façon forte par des eaux douces, on a des assèchements qui sont très variables et donc, on a des fluctuations importantes des populations de zostères ou de Ruppia.



Diapo 22 > Dynamique de la végétation

Les populations de poissons

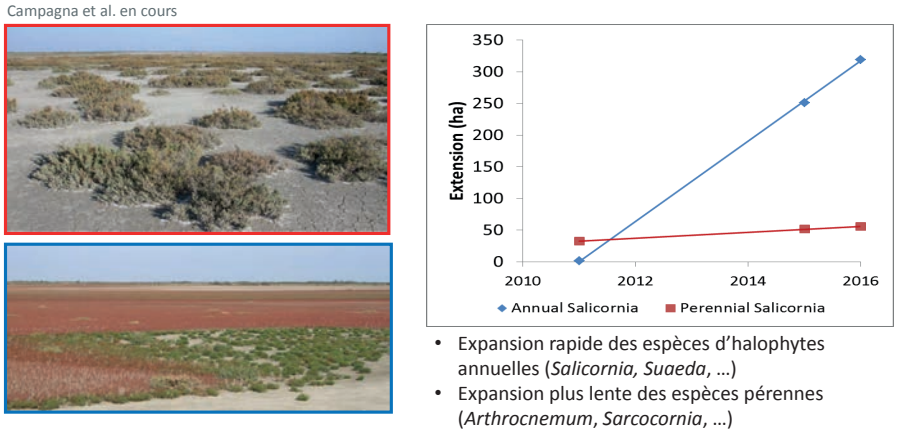
Nous sommes en train d'étudier la colonisation par des poissons et nous avons déjà un certain nombre d'évidences que le site est extrêmement bien utilisé par les poissons qui colonisent depuis la mer, depuis le golfe de Beauduc.

Pas de données encore là-dessus, mais juste l'acquisition de données en ce moment.

Les populations d'oiseaux d'eau, c'était un enjeu et c'est toujours un enjeu important. Sur les canards hivernants, on a une diversification des peuplements de canards, puisqu'on a des écosystèmes qui sont plus diversifiés qu'un salin qui est relativement homogène.

Et puis, on a construit un nouvel îlot pour la colonie de flamants roses dans un site un peu plus favorable, puisque le site était posé un peu haut. Nous avons une reproduction qui est moins régulière qu'auparavant, pour des raisons d'hydrologie, mais aussi pour des raisons auxquelles on ne s'attendait pas. Nous avons, depuis quelques années, des prédations par le hibou Grand Duc qui est assez efficace pour faire déserter la colonie.

Mais nous étudions cette population de flamants roses depuis 40 ans et les modèles de dynamique de population nous montrent que ça ne crée pas de risque pour cette population. Il suffit qu'elles se reproduisent de temps en temps.



- Expansion rapide des espèces d'halophytes annuelles (*Salicornia, Suaeda*, …)
- Expansion plus lente des espèces pérennes (*Arthrocnemum*, *Sarcocornia*, …)

Diapo 23 > Les populations de poisson

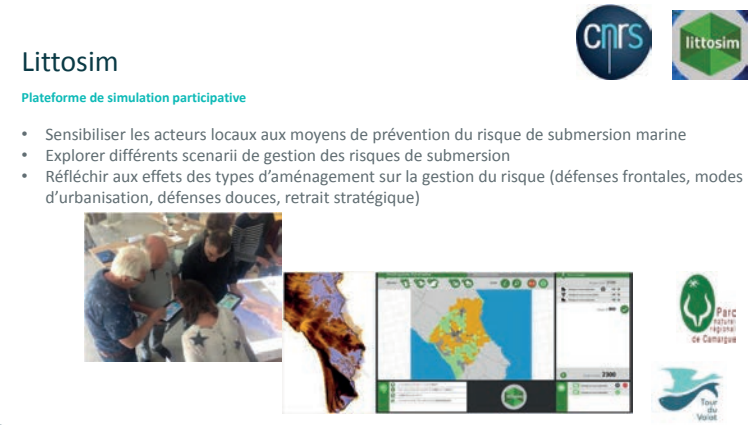
V. ADAPTATION SOCIALE

Sur l'adaptation sociale, c'est un peu plus compliqué. Le projet tombe sur une communauté, sur un village qui est né littéralement de deux industries: une industrie du sel et une industrie chimique. La population locale est relativement en déroute, c'est peut-être excessif, mais par un retrait de ces deux industries, elle a beaucoup de peine à se réinvestir dans un autre avenir que ce passé industriel.

Il y a pourtant des opportunités socio-économiques qui sont considérables dans ce secteur littoral méditerranéen. Pour le moment, ça ne fonctionne pas très bien. On espère que quelqu'un va se saisir de ces opportunités.

Et il y a, ça a été évoqué tout à l'heure sur un autre site, une opposition assez farouche au recul stratégique qui est complètement contre la culture locale et donc, nous sommes en train de mettre en place un projet qui a été développé sur le littoral atlantique, le « Littosim », afin de sensibiliser les acteurs locaux aux risques de submersion marine et de les faire réaliser les différents enjeux et les différentes solutions possibles.

Diapo 28 > Développement d'activités socio-économiques



Diapo 29 > Littosim

VI. ÉVALUATION DU PROJET

Quelques mots sur l'évaluation du projet. Du point de vue de l'évaluation environnementale, je dirais que ça se passe plutôt bien. On a un enjeu d'érosion côtière, mais on a une capacité pour laisser reculer ce littoral. Par rapport à l'élévation du niveau de la mer, on a une capacité pour étaler les crues de la mer, les tempêtes marines sur plus de 6000 hectares.

Du point de vue de la salinité, de la sursalure de ces espaces, certains espaces sont parfaitement en équilibre maintenant avec les conditions naturelles ; d'autres sont encore sursalés, il va falloir du temps pour faire baisser la salinité en dessous de 100 grammes litre voire plus en moyenne annuelle ; ce qui peut être un obstacle à la circulation des poissons notamment.

Et puis, on a reconstitué des centaines d'hectares de marais salés en retrait du littoral. Du point de vue de l'évaluation sociale, la protection des biens et des personnes. Il y a une digue de protection en retrait qui assure cette protection, qui ne lève pas toutes les inquiétudes des populations, mais qui assure cette protection.

Le site est maintenant accessible à tout le monde, alors qu'il était autrefois accessible uniquement aux salariés du Groupe Salins, avec des fréquentations douces possibles. Il y a des possibilités d'exploitation des ressources naturelles sous la forme de la chasse et de la pêche. La chasse étant un héritage qui a été transmis avec la vente au Conservatoire du Littoral et qui concerne les anciens salariés et les salariés actuels du Groupe Salins.

Et puis, l'adhésion des habitants du territoire, on y travaille, mais on n'est pas encore à une acceptation de ce projet qui, en plus, culturellement, est un projet porté par des écologistes sur un site industriel. Ça passe un peu difficilement.

Du point de vue de l'évaluation économique, ça a été évoqué à plusieurs reprises ce matin, clairement, notre hypothèse, pourquoi le Groupe Salins a vendu cet espace, c'est parce qu'il n'arrivait plus à financer, il n'arrivait plus à financer cette digue pour son industrie derrière. Aujourd'hui, il n'y a plus d'activité économique qui justifie le maintien d'une digue. Donc, on n'a pas maintenu la digue. C'est une économie de fonds publics qui est tout à fait significative.

Il va y avoir des reconstructions de digues en arrière, mais ce sont des digues qui sont moins exigeantes, qui seront moins coûteuses. Il y a quelques investissements sur la gestion hydraulique, mais qui sont totalement mineurs par rapport aux enjeux d'investissement sur les digues. Et on a aussi une économie qui est liée à l'arrêt des pompages qui étaient quand même assez importants et on n'a aucune gestion de ce type.

Enjeu	Réponse	Impact
1. Érosion côtière et perte des écosystèmes de plages	Abandon des digues sur le front de mer	Reformation d'un littoral sableux en arrière des digues abandonnées
2. Montée du niveau de la mer	Décloisonnement des étangs dans les anciens salins	Meilleur étalement de l'eau
3. Sursalure des étangs Perturbation du cycle de vie des espèces aquatiques	Reconnexion avec les écosystèmes environnants, saumâtres et d'eau douce	La salinité d'une partie des lagunes a diminué Les déplacements des poissons migrateurs et la fonction de nourricerie sont en partie rétablis
4. Perte de marais salés (sansouires, prés salés)	Rétablissement des assèchements estivaux sur les parties hautes situées en périphérie des étangs	Restauration d'habitats d'intérêt communautaires et d'habitat d'espèces, protection contre l'érosion

Diapo 31 > Évaluation environnementale du projet

Enjeu	Réponse	Impact
1. Protection des biens et des personnes en périphérie du site	Mise en place d'une zone tampon Projet d'adaptation de la digue de protection intérieure	Le projet répondra à l'enjeu de protection des biens et des personnes
2. Accessibilité du site	Libre accès sur une partie du site pour piétons et cyclistes. Accès des véhicules motorisés fortement restreint	Augmentation de la fréquentation par piétons et cyclistes, sans distinction du type de public
3. Exploitation des ressources naturelles (chasse et pêche)	Rétablissement d'une voie de migration et d'une zone de nourricerie pour les poissons La chasse de loisir continue à être autorisée sur une partie du site	Impact positif attendu sur les stocks halieutiques exploités en périphérie 110 chasseurs ont accès au site
4. Adhésion des habitants du territoire et des usagers au projet	Réunions publiques, ateliers, production de panneaux d'information, de brochures, de vidéos	Sensibilisation aux enjeux liés aux changements climatiques Compréhension des choix de gestion

Diapo 32 > Évaluation sociale du projet

Enjeu	Réponse	Impact
1. Erosion littorale	Les ouvrages de défense en front mer ne sont plus entretenus (linéaire : 9km)	Economie de fonds publics : 13 à 17 millions € d'investissement pour reconstruction des digues, 7 à 24 millions € pour la construction d'épis, au moins 800.000 € d'entretien annuel
2. Gestion du risque de submersion marine	Investissements uniquement sur la digue de protection intérieure (linéaire : 16km)	7 à 13 millions d'euros d'investissement ? 80 à 140.000€ d'entretien annuel ? L'activité salicole est maintenue sur la propriété privée du groupe Salins
3. Gestion hydraulique des anciens salins	- Investissements pour les reconnexions hydrauliques - Arrêt de l'entretien de la plupart des digues de pourtour des étangs - Gestion gravitaire sans pompage	3 phases d'investissements : <1,5 millions € Economie d'entretien des digues de pourtour des étangs Economies liées à l'arrêt des pompages: 30 à 60.000€/an

Diapo 33 > Évaluation économique du projet

ÉLÉMENTS DE CONCLUSION

En termes écologique et de restauration des écosystèmes, on a quelque chose qui fonctionne bien. On a l'espace qui est devenu très rapidement une zone tampon dans laquelle les tempêtes marines peuvent s'étendre, on a la reconstitution d'écosystèmes naturels qui se fait de façon tout à fait rapide et même plus rapide que ce qu'on avait pensé. On n'a pas besoin d'accompagner cette restauration d'ingénierie écologique forte, puisque nous sommes dans un contexte où ce site est complètement entouré par ce type d'écosystèmes. La connectivité est très forte avec les écosystèmes voisins. Ça fonctionne plutôt très bien.

Ce qui reste à faire, c'est établir des scénarios prospectifs, notamment à travers des modélisations sur l'élévation du niveau de la mer et sur la mobilité du littoral. On a été pris par le temps, on a travaillé surtout à l'intérieur du site, mais maintenant qu'on a un peu d'air, on peut investir, on doit investir sur la compréhension de la mobilité du littoral. On va évaluer d'autres fonctions apportées par ces écosystèmes.

On va commencer à mesurer les stockages de CO^2, les tampons hydrologiques apportés par ces espaces, la fonction piscicole et production de poissons à valeur commerciale et puis, il reste un gros travail à faire sur la concertation et la communication, dans les années à venir. Et je dirais plus généralement, au-delà de ce site et cela concerne l'ensemble de la Camargue et l'ensemble du littoral méditerranéen et plus encore, que ce projet est l'opportunité de démontrer ce qui est en train de se passer sur le littoral français, sur le littoral méditerranéen et d'acter que l'élévation du niveau de la mer ne va pas être facile à contenir, et que les gens s'inscrivent dans une trajectoire d'adaptation à ce changement.

Il faut faire reconnaître la valeur des zones humides comme amortisseur climatique ; ce ne sont pas simplement des zones tampons, mais elles contribuent à stocker du carbone et donc, partiellement, à contribuer à résoudre le problème du CO^2 dans l'atmosphère.

C'est l'opportunité aussi de pousser pour l'arrêt absolu de l'urbanisation dans une bande littorale, qui n'est pas une bande de 50 ou de 100 mètres, mais une bande de 50 ou de 100 ans ; c'est-à-dire qu'on doit s'adapter à un niveau de la mer qui risque d'être sensiblement plus long, plus haut dans 100 ou 50 ans et c'est cette bande-là qu'il faut préserver de toute construction pour être résilient dans le futur.

Évidemment, privilégier les solutions fondées sur la nature et notre site en est un exemple. Éviter les maladaptations du genre des digues en dur et des incohérences spatiales sur les stratégies d'aménagement.

Et puis, je n'ai pas le temps d'en parler, mais susciter l'innovation, croiser les regards. On a travaillé avec des urbanistes qui ont réfléchi aux types d'urbanisations qu'on pouvait avoir dans des zones humides, sur des types d'aménagement, sur le littoral. Voilà.

Diapo 35 à 37 > Conclusions

Eric COLLIAS

Ecographe, consultant en écologie et sciences humaines

3.11 | Eco-anthropologie en Basse-Loire : des collectifs humains et non-humains à l'épreuve du capitalocène

Merci! Bonjour! Merci bien pour cette invitation. Je vous présente un travail qui est une mission qui est réalisée dans le cadre d'un appel à projets de recherche du Ministère de la culture sur le patrimoine culturel immatériel. Donc, avec mes camarades, Anatole et Louison, on a proposé ce travail sur les activités humaines sur l'estuaire de la Loire. Et comme il y a certains aspects qui relèvent de l'adaptation, c'est toujours un travail en cours qui n'est pas terminé, mais ces aspects adaptatifs, j'ai considéré que ça pouvait vous intéresser. Donc, je vais essayer de les présenter.

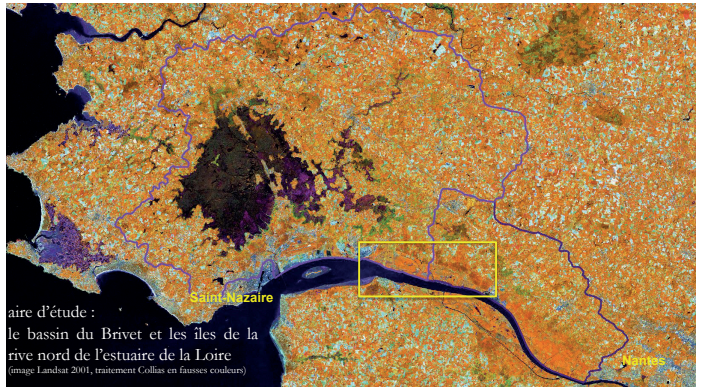
Le cadre méthodologique, c'est une anthropologie symétrique où on essaye d'abolir les frontières habituelles entre la nature et la culture. Et notre approche du patrimoine est une approche relationnelle. On considère qu'il n'y a pas de patrimoine en soi, sans un titulaire qui a investi ce patrimoine.

Il s'agit donc de l'estuaire de la Loire entre Nantes et Saint-Nazaire. La grosse tache mauve (diapo 03), c'est la Brière et vous avez donc des diverticules de l'ensemble des marais connexes, donc, les marais de Donges et les marais de Pont-Château au nord-ouest. L'ensemble, c'est le bassin versant du Brivet, avec aussi la partie des marais du Nord-Loire qui rejoignent Nantes.

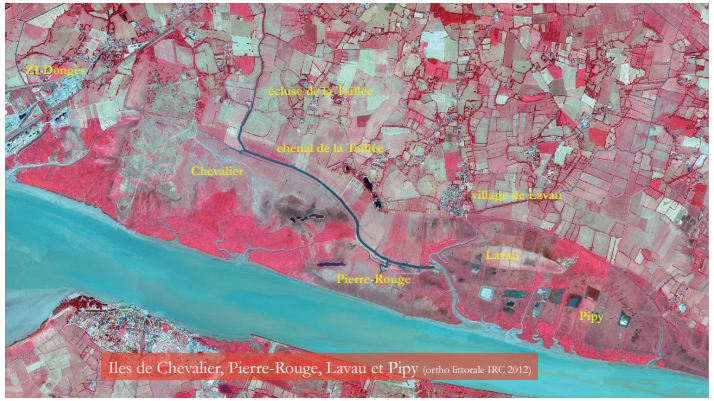
Et je fais un petit zoom sur certaines îles (diapo 04) qui sont à l'est de Donges, entre Donges et Cordemais. Vous avez les îles Chevalier, Pierre-Rouge, Lavau et Pipy qui sont à l'un des exutoires du marais du Brivet qui se trouve sur le chenal de la Taillée.

Ces îles se sont constituées, au cours de l'histoire, par accumulation de sédiments.

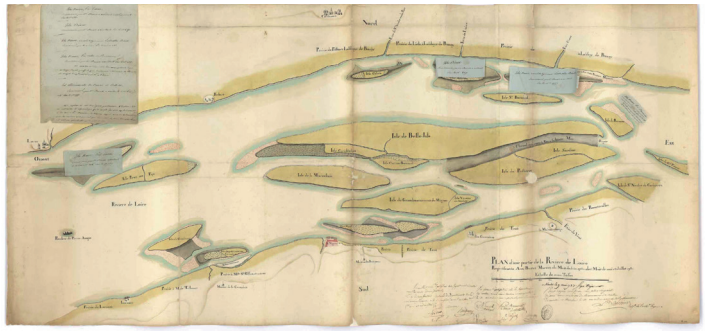
Et vous avez le village de Lavau (diapo 05) sur lequel je vais arriver précisément où jusqu'à l'époque de la carte, qui date de 1781, il n'y avait pas encore de grande accumulation de sédiments. Et aujourd'hui, avec l'augmentation du volume oscillant de la marée, avec la charge sédimentaire qui arrive par la rivière Loire, les îles se sont vraiment développées.



Diapo 03>



Diapo 04 >

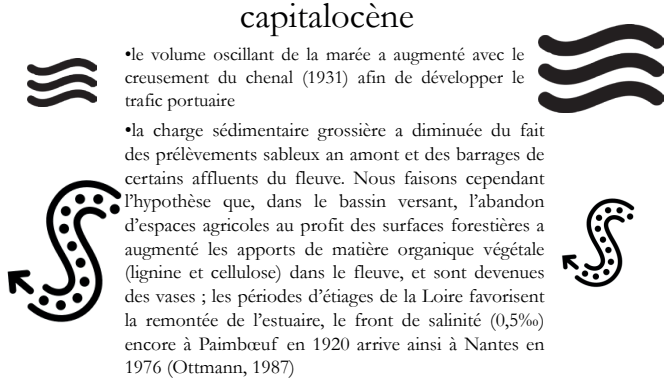


PLAN d'une partie de la Rivière de Loire
représentée Aux Basses Marées du Mois de juin 1780 & des Mois de mai et Juillet 1781

Diapo 05 > Plan d'une partie de la Rivière de Loire

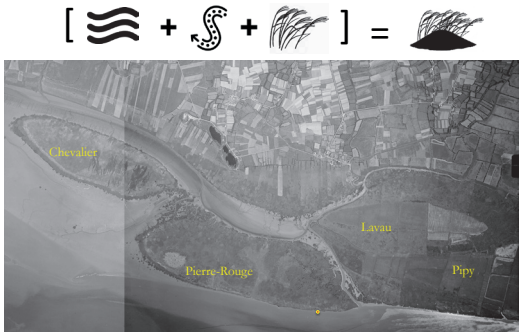
Ce qui m'a intéressé dans cette évolution, c'est de considérer qu'en fait, le volume oscillant de cet estuaire s'est développé non pas par le fait du changement climatique, mais par le fait du développement industriel, parce qu'il y a eu un creusement et un dragage important du chenal et que donc, ces effets sont des effets que l'on peut considérer un peu équivalent à ce qui va se produire dans le cadre de l'élévation du niveau marin.

L'autre aspect des évolutions, c'est qu'il y a eu aussi un gros impact sur l'utilisation du sable en amont de Nantes et donc, en fait, les sédiments qui arrivent sont plutôt maintenant des sédiments vaseux que des sédiments grossiers.



Diapo 07 > Capitalocène (1)

On retrouve ici le village de Lavau et vous voyez la formation des îles Chevalier et Pierre-Rouge qui étaient absentes de la carte précédente, qui se sont faites progres-sivement par l'accumulation de ces sédiments et qui ont constitué des îles où se sont installées des phragmites.



les îles Chevalier et Pierre-Rouge et Lavau sont formées par accumulation régulière des dépôts de sables et de sédiments fins du fleuve qui floculent sous l'effet du flot estuarien et son colonisés par les scirpes marins et les phragmites (image aérienne

Diapo 08 > Capitalocène (2)

1949, sécheresse importante ; les éleveurs qui pratiquent le pastoralisme sur les près de côtes n'ont plus d'herbe, donc, ils vont aller sur l'île qu'ils avaient l'habitude de fau-cher pour faire de la litière avec les phragmites et ils s'étaient aperçus qu'en fauchant la litière, il y avait de l'herbe qui poussait derrière.

Donc, ils se sont dit «on va essayer de nourrir des vaches avec». Et inalement, les vaches qu'ils ont mises sur l'île se sont retrouvées plus grasses que celles qui étaient restées sur les près de côtes et donc de là, s'est développée une activité d'estive, si vous voulez, sur les îles qui continuent encore aujourd'hui et qui est une activité pastorale importante.

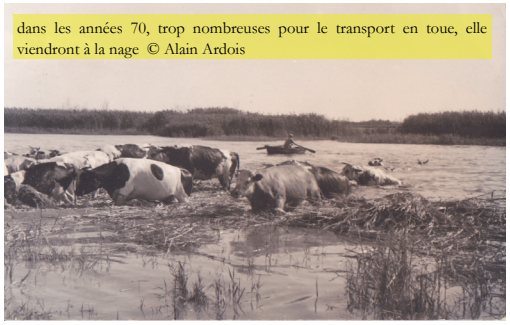
On peut dire que c'est une coévolution entre cette activité pastorale et les dépôts sédimentaires qui a formé ces îles qui sont maintenant pratiquement à 75 % des prairies.

Diapo 09 > 1949, Sécheresse : le collectif pastoral s'étend aux îles

Les déplacements du bétail se faisaient par des toues ou bien parfois à la nage. Les vaches nagent très bien quand elles n'ont plus à manger, elles retournent à l'étable à la nage.

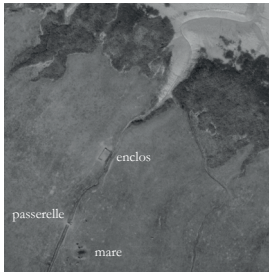
Et donc, on voit sur cette photo de 1957, un enclos, une passerelle et une mare qui permettaient l'estive. C'est-à-dire qu'à l'époque, les vaches pouvaient s'abreuver sur ces mares qui recevaient les eaux de marée, puisque l'estuaire n'était pas encore tellement salé ou bien elles pouvaient boire dans les chenaux de marée qui se développent.

embarquement des vaches sur une toue tirée par un pêcheur depuis le port de Lavau (mars 1959) © Jean Pichot



dans les années 70, trop nombreuses pour le transport en toue, elle viendront à la nage © Alain Ardois

enclos, passerelle sur le chenal de marée et mare avec quelques bovins visibles sur une mission IGN de juin 1957 de l'île Chevalier

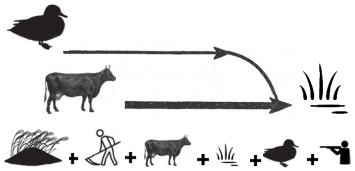


Diapo 10 à 12 > Déplacements de bétails

Pour se nourrir, les canards ont besoin d'herbe aussi et finalement, il y a une alliance implicite qui s'est développée entre l'activité pastorale et la chasse ; et ce qui fait qu'un collectif, le collectif, en fait, pastoral s'est étendu à celui des chasseurs et l'alliance s'est scellée par les corvées en commun pour fabriquer des passerelles, par exemple.

Ici, je vous montre une passerelle qui est celle de l'île Pipy au Tertre Rouge et lors la réalisation de sa construction, les chasseurs et les éleveurs qui l'ont construite ont laissé leurs initiales comme trace de cette alliance concrète pour intervenir sur ces îles.

pour se nourrir, les canards et les oies ont besoin de prairies pâturées par des vaches



le collectif ainsi constitué sera complété par les chasseurs au gibier d'eau

comment sceller les alliances ?

sur Pipy, la passerelle qui mène à l'île, réalisée lors d'une corvée collective, contribue à sceller cette alliance et d'en laisser, avec les initiales des participants à la corvée, une trace dans le béton

passerelle du Tertre Rouge menant à l'île Pipy

initiales des participants à la « corvée » de restauration de la passerelle, où sont associés éleveurs et chasseurs

Diapo 13 à 16 > Sceller les alliances / île de Pipy au tertre Rouge

Lors de mes entretiens avec les éleveurs, j'ai découvert un élément important qui est la notion de colmatage.

C'est qu'en fait, ces apports sédimentaires ont été utilisés par les agriculteurs, puisque si je reviens sur la carte, toute la partie brièronne qui est une partie aujourd'hui de tourbières est un ancien golfe marin sur lequel vous avez, bien sûr une couche de dépôts de vase flandrienne d'une hauteur de 20 mètres et vous avez à peu près 1 mètre 50 de tourbe par dessus. La tourbe, ce n'est pas très bon pour faire des prairies. Donc, en fait, les éleveurs ont laissé les marées venir pour pouvoir réaliser ces dépôts sédimentaires, colmater les tourbes et finalement avoir, aujourd'hui, des prairies subhalophiles qui sont d'un très bon rendement et qui sont des prés de fauche qui ont constitué la valeur de la région à l'époque où le cheval était encore très utilisé pour l'activité agricole.

Ce colmatage a fait la richesse du secteur et de ses parcelles. Les prairies, qui étaient colmatées, avaient une valeur très importante aux yeux des éleveurs. C'est dans la notice Martin, il nous dit «les prairies colmatées se louent présentement de 100 à 50 francs l'hectare et ont une valeur de 2 à 3000 francs. Celles, au contraire, qui ne reçoivent pas les eaux vaseuses de la Loire, ne valent que la moitié de ces prix et quelquefois moins.»

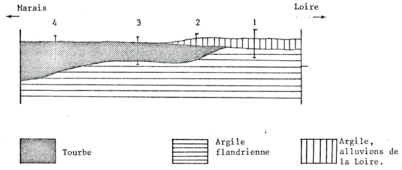
COLMATAGE = ALLIANCE N°2 AVEC L'ESTUAIRE

C'est Jean-Paul Juin (entretien 2018/01/10) qui nous a expliqué le colmatage :

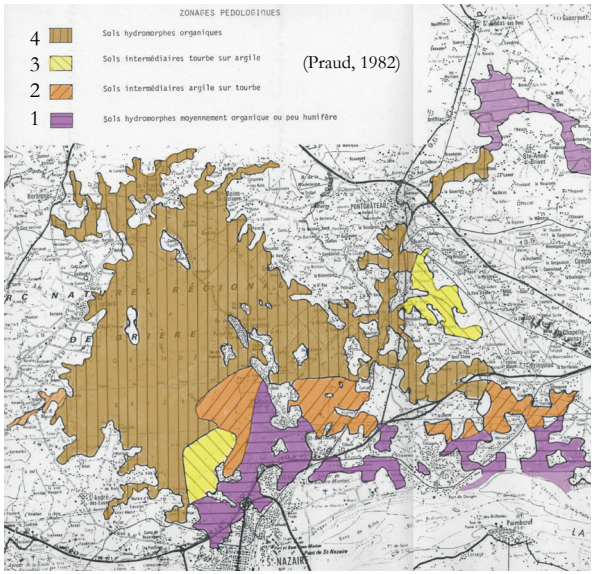
«Le colmatage c'est une technique qu'a été utilisée par les hommes à la suite de l'observation de ce qui se passe dans les estuaires dans différentes zones en bordure de mer, où l'argile qu'est charriée par les fleuves ou par enfin oui qui vient des fleuves qui flocule avec le sel, se dépose comble et remonte le sol.

Alors **la technique à l'époque c'était de faire remonter de l'eau chargée en sédiments salés dans les marais pour les remonter**. »

Diapo 17 > Colmatage



Ce taux de sédimentation [évalué à 37 centimètres par siècle] est considérable, il traduit une grande activité de la Loire dans le **colmatage latéral des dépressions fermées**, ainsi que le *caractère tres récent* de *l'alluvionnement* dans le bassin de la Loire. Ce fait est également patent en Brière ; la couche de tourbe (deux mètres d'épaisseur) s'est installée il y a 4 500 ans environ, sur l'argile verte flandrienne qui a commencé à se déposer il y a un peu moins de 8 000 ans, colmatant petit à petit le fond des vallées. (Barbaroux, 1972)



Diapo 18 > Colmatage latéral des dépressions fermées

Je vais faire un focus sur Chevalier et Pierre Rouge et vous parler de l'épreuve des dragages, puisque l'activité de transport maritime jusqu'à Nantes a souhaité développer le transit sur le chenal.

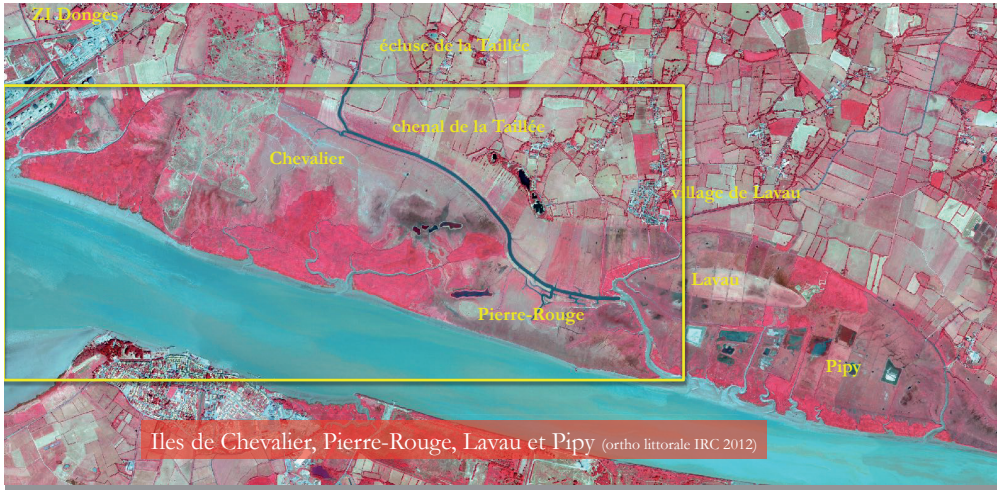
Et depuis 1974, tel que je l'ai rédigé, «le creusement du chenal avec des appareils plus puissants permet de faire monter des bateaux de 20 000 tonnes à Nantes et à Montoir de 120 000 tonnes.»

C'est-à-dire qu'en fait, il y a eu, avec le développement de cette activité de transit portuaire, la volonté d'étendre une zone industrielle à l'est de la zone actuelle de Donges sur l'île Pierre-Rouge. Vous voyez, donc, les schémas que j'ai retrouvés dans les archives départementales. On a une darse de 250 hectares qui était envisagée pour pouvoir développer l'activité de construction navale sur cette île et donc, les remblais étaient déposés sur l'île pour pouvoir développer cet aménagement.

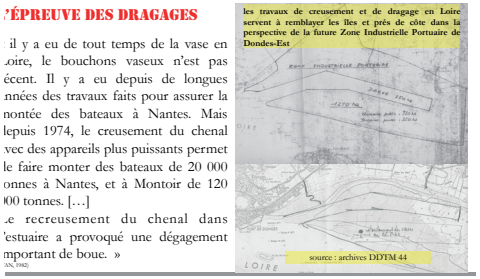
C'était ce qu'on appelle maintenant des zones à défendre, les ZAD. Cette zone d'ac-tivité portuaire qui était prévue à Donges-est était une zone d'aménagement différée.

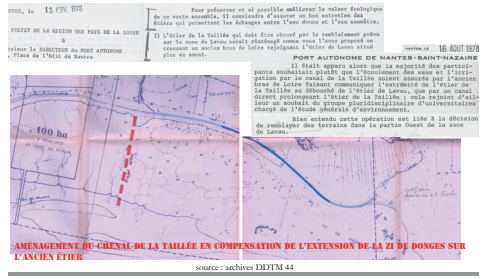
Ces dragages ont donc provoqué des envois de sédiments dans l'estuaire qui se sont déposés un peu partout et notamment, dans les chenaux. Et donc, en mesure compensatoire, le port a essayé de résoudre le problème en aménageant un chenal à l'exutoire de la Taillée.

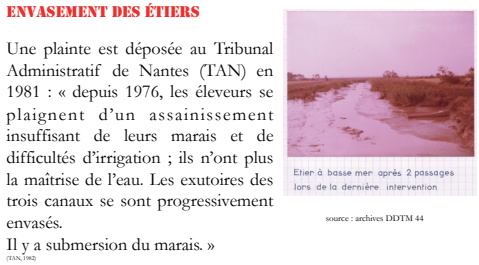
Ce chenal n'a pas fait son effet. Et finalement, les agriculteurs du syndicat des marais de Donges ont porté le port autonome au tribunal. Ce sont ces archives que j'ai retrouvées à la DDTM dans lesquelles tout est assez bien expliqué, notemment la manière dont la gestion assez catastrophique de ces curages de Loire et de ce dépôt de sédiments a impacté le drainage du marais de Brière et du Brivet. Il y a eu en effet une période assez longue où les éleveurs n'étaient plus maîtres du marais, c'est-à-dire qu'ils n'arrivaient plus à vidanger le marais en période hivernale et donc, ils se sont retournés contre le port. Le port a essayé de nettoyer, mais sans grand succès.



Diapo 21 > Iles de Chevalier, Pierre-Rouges, Lavau et Pipy







Diapo 22 à 25 > Dragages

Et finalement, il y a un aménagement qui a été décidé en 1983 pour créer des portes, des vannes en connexion avec l'estuaire pour pouvoir gérer à la fois l'évacuation du marais en période hivernale, la vidange et puis, les envois d'eau en période estivale, quand le marais est plus ou moins asséché. Malheureusement, avec ces aménagements, le colmatage qui était une ressource importante pour les éleveurs, n'est plus envisageable aujourd'hui.

1976 est une date qui est souvent revenue au cours des entretiens, c'est un tournant sur l'activité pastorale dans le secteur.

On voit la manière dont cela s'est passé, c'est relaté par Loïc Marion, un ornithologue qui suivait les hérons sur l'île Pierre Rouge et qui décrit dans sa thèse la manière dont cette colonie s'est effondrée «à partir de la sécheresse de 76, les saules ont «crevé» et donc, la colonie s'est déplacée ailleurs. Il y a eu une migration, un déplacement des oiseaux.

Du fait de la salinisation des douves liée à cette sécheresse, il y a eu des incendies dans les tourbes du marais de Brière. Les syndicats de gestion du marais ont envoyé de l'eau salée. Bien sûr, il y a eu des mortalités bovines importantes. Et pour contrebalancer cet envoi d'eau salée, certains se sont organisés pour faire des forages dans les marais.

Cependant, comme on est sur des sédiments, des dépôts tourbeux sur des sédiments flandriens, en dessous, on a encore des sables coquillés salés. Et donc, cet éleveur qui m'a relaté cette expérience m'a dit «au bout de cinq ou six ans, il n'y avait plus que de l'eau salée qui sortait du forage», donc, il a dû abandonner le forage.

L'eau va revenir par le réseau. C'est-à-dire qu'aujourd'hui, l'eau des douves n'est plus utilisable sur la partie en connexion avec l'estuaire par les éleveurs.

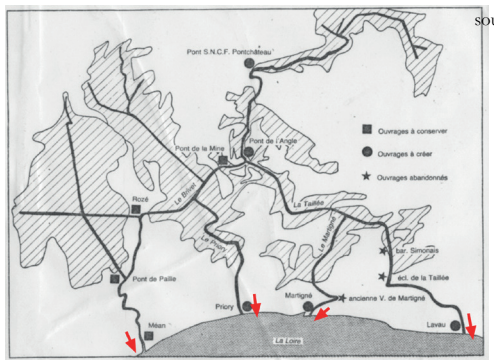
Ils sont obligés de se reconnecter au réseau et ils « roulent de l'eau », comme ils disent, de l'eau qui, pour la plupart du temps, est issue de compteurs herbagers.

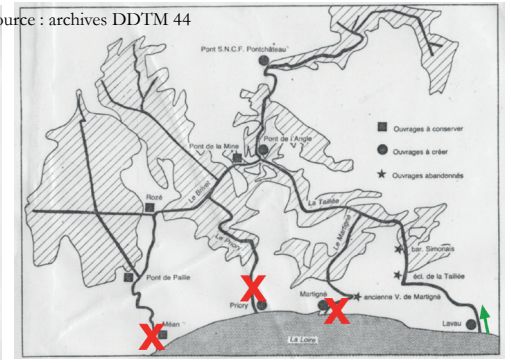
Cette eau qui provient de la nappe de Cambon a été exploitée à partir des années 50. Du moment où cette nappe a été exploitée, les agriculteurs ont vu qu'il y avait un déficit dans le marais et que ce déficit était difficile à contrebalancer, si ce n'est que par les envois d'eau de l'estuaire.

Donc, dès le début de l'exploitation de la nappe de Cambon, il y a eu un problème qui s'est accru du fait de la nécessité d'envoyer de l'eau supplémentaire à partir de l'estuaire.

1983 : AMÉNAGEMENT POUR 43 MF -> 3 ÉCLUSES EN RIVE

source : archives DDTM 44





hiver-printemps : vidange du marais à marée basse

été-automne : envois d'eau de l'estuaire par le bief de la Taillée à Lavau

avec ces aménagements, le colmatage n'est plus envisageable, alors que son effet sur la rétention de l'eau du sol devient précieuse aujourd'hui

Diapo 26 > 1983 : Aménagement

1976 : SALINISATION+SÉCHERESSE=>FUITE DES HÉRONS

Loïc Marion a exploré [Pierre-Rouge] pour mener ses recherches sur les populations de hérons cendrés.

Il écrit en 1980 :"Enfin, un bois assez dense de Saules fragiles Salix fragilis, dont la plupart sont morts, s'étend le long du bras ; les nids y sont construits à environ 8 m de hauteur, regroupés dans trois noyaux de végétation";

puis dans sa thèse (1988),"[m]ais la grande majorité des arbres de ce bois ont progressivement péri, seuls quelques arbres restant verts en 1976.

Photo 10 : Vue du bras de Loire (au fond l'île de Pierre Rouge, abritant la héronnière de Lavau). source : Marion 1988

Finalement **les colonies de hérons se sont déplacées sur d'autres secteurs** : "[c]ette colonie s'est souvent déplacée depuis sa naissance, d'une part en raison des dérangements qui jusqu'à ces dernières années (1979), ont été très importants, et d'autre part **par suite d'une forte mortalité des arbres due à la salinité excessive qui intervient certaines années de sécheresse et qui tend depuis une dizaine d'années à s'accentuer du fait du dragage de la Loire** : tous les arbres d'une zone donnée périssent ensemble, indépendamment de leur âge" (Marion, 1988).

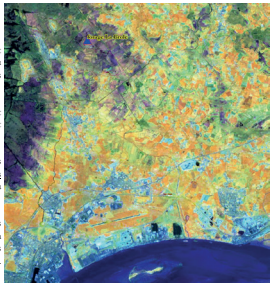
SALINISATION DES DOUVES

[1976] c'était aussi pire [que 2017], parce qu'ils avaient envoyé de l'eau salée jusqu'à Saint-Joachim, il y avait eu le feu dans les marais, et pi pour éteindre le feu ils avaient envoyé de l'eau vraiment salée, […]

on a perdu des animaux parce que l'eau était tellement salée, et puis c'est un terrain où on ne peut pas amener de l'eau, c'est pas praticable, […]

moi j'ai fini par faire un forage […] mais les premières années ça a marché, **au bout de 5-6 ans c'était plus que de l'eau salée qui remontait**. Ben le forage on l'a abandonné.

D'ailleurs quand on a creusé le forage ou est descendus à 20 m, on est passé en dessous de la vase bleue, on arrive dans le sable, et du sable il est ressorti des coquilles d'huitres, elles devaient déjà être vieilles. (Gaudin Jean-Claude 2017 11 14)



Diapo 27 à 28 > Salinisation

L'EAU REVIENT PAR LE RÉSEAU

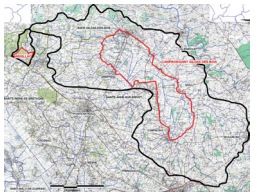
Aujourd'hui, de nombreux éleveurs « roulent de l'eau » dès le mois d'avril car les eaux de Loire trop salées présentent un danger pour abreuver le bétail

« L'EAU NE DESCEND PLUS DU BRIVET »

« l'eau descendait par le Brivet autrefois, et alors il en descend pratiquement plus maintenant parce **elle est toute pompée par la nappe là bas**, […]

il en descend au printemps bien sûr quand il pleut beaucoup, mais après ça arrête vite fait, puis dès que l'eau descend plus […], après on tient plus les niveaux quoi, après on est obligé de réalimenter, […] ils ont décidé de faire la nappe, […] c'était à l'époque du Syndicat […], ce qui a été fait c'était l'écluse […] sur le Brivet là-bas, du Pont de l'Angle, c'est cette écluse là qui a été mis en place.[…]

c'est pour ça que cette écluse a été mis pour maintenir les niveaux en haut, […] ben oui parce que **avant la nappe débordait toujours et envoyait de l'eau**, […] maintenant elle n'en envoyait plus, (Gaudin Jean-Claude, 2017 11 14)



complexe aquifère au sein du bassin versant (GIP LE)

Diapo 29 à 30 > L'eau revient par le réseau

Et aujourd'hui, si on regarde quel est le bilan de cette nappe de Cambon, vous avez à peu près 90 % de l'utilisation de cette nappe qui est prélevée pour de la consommation d'eau potable, AEP. Cela a fait 9 millions de mètres cubes, à peu près, par an. Ce sont les chiffres de 2015.

Si on regarde ce que deviennent ces 9 millions, ils sont associés avec des eaux de Loire et de Vilaine pour un total de 12 millions de mètres cubes qui sont distribuées par la CARENE, la Communauté urbaine de Saint-Nazaire.

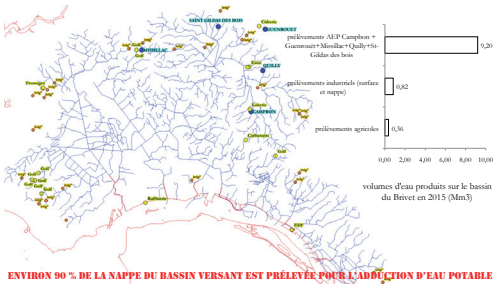
Le chiffre intéressant dans la distribution de ces eaux de consommation (AEP), d'eau potable, c'est qu'au bilan final, 53 % de cette eau est consommée par les industriels ; sur un total de 12 millions de mètres cubes, 46 % sont consommés par 70 000 abonnés et 53 % qui sont consommés uniquement par 26 industriels. Donc, le déficit d'eau dans le marais est imputé à la consommation industrielle.

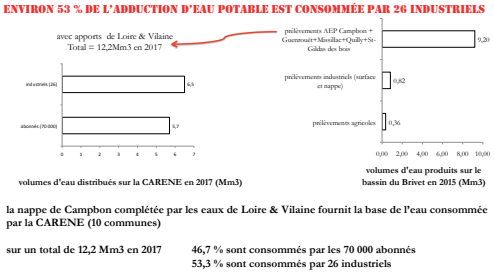
Aujourd'hui, il y a des études réalisées par le GIP Loire Estuaire à ce sujet, il n'y a pas encore d'éléments probants, par déficit d'outils de mesure. Il y a eu un rapport récent qui déplore qu'il n'y ait pas les bons outils pour mesurer effectivement le transit d'eau entre la nappe et le marais. De plus, il n'y a pas de réseau d'eau brute qui pourrait venir en amont de Nantes, par exemple, qui serait des eaux douces brutes qui pourraient être utilisées sur le plan industriel.

Ce réseau-là n'a pas été construit, comme il n'y a pas de réseau issu des eaux d'épuration, par exemple, qui pourrait servir à cet usage. Donc, il y a un vrai problème du point de vue de la gestion, à mon sens en tous les cas, de l'eau sur ce bassin versant.

Une nouvelle alliance est possible, c'est un point d'interrogation. Avec l'arrivée des scientifiques qui se sont intéressés aux anguilles dans les années 80, on a commencé à compter les anguilles qui remontaient dans la Brière, puisque vous avez des civelles qui remontent pour se développer dans le marais. On a commencé à prendre conscience qu'il y avait besoin de gérer le vannage pour la circulation des civelles. Et cette gestion a apporté des résultats à partir de 2008 où la manipulation des portes se faisait en fonction de l'arrivée des civelles. Et comme c'est un poisson qui ne peut pas se déplacer par lui-même, il est porté par le courant de flot. Cette gestion a été réalisée pour pouvoir développer les populations d'anguilles dans le marais. Donc ça a été un succès.

Par ailleurs, la continuité écologique maintenant est attachée au cours d'eau. Ces cours d'eau sont cartographiés depuis 2015. On a une carte préfectorale qui définit certains chenaux comme étant des cours d'eau pour lesquels vous devez respecter la réglementation DCE 2000 et puis, du LEMA 2006.



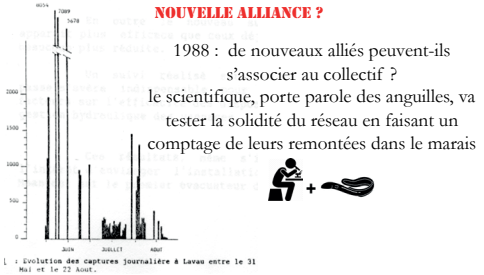


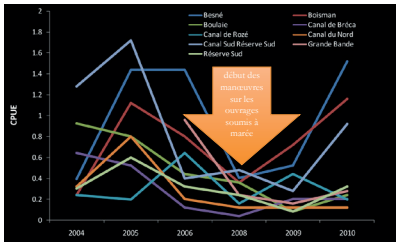
Diapo 31 à 32 > Eau potable

LE DÉFICIT D'EAU DANS LE MARAIS EST IMPUTÉ À LA CONSOMMATION INDUSTRIELLE

« Maintenant **la nappe phréatique de Campbon c'est elle qui sert à l'alimentation humaine, le niveau est très bas**, elle alimente Saint-Nazaire et une grande partie de la presqu'île, on ne peut pas revenir là-dessus mais ça nous pose des problèmes, surtout quand on sait que les grandes usines comme Elf et les chantiers de l'atlantique tout ça se servent de l'eau du service d'eau pour l'alimentation en eau industrielle, parce qu'ils ne peuvent pas s'en servir [de la Loire] elle est trop salée, alors donc il faudrait qu'il soit, si vous voulez, si il n'y avait pas toute cette perte d'eau pour l'alimentation, **si il y avait eu une conduite qui serait simplement pour les eaux industrielles, ben il faut aller la chercher comme pour l'eau, c'est à dire de l'autre côté de Nantes, il faut presque aller à Ancenis.** Ça représenterait des frais énormes. **Et pour nous c'est grave parce qu'au fond avec l'eau qu'emploie la raffinerie de Donges on pourrait revenir à niveau dans le marais.** Donc quand elle sort [de la Loire] elle est extrêmement salée, il peuvent pas s'en servir, c'est trop corrosif. » (Bigeard, 1997)

Diapo 33 > Déficit d'eau





évolution des densités d'anguille en Brière (PNRB)

La continuité écologique est désormais attachée aux chenaux qui figurent comme cours d'eau sur la carte préfectorale : les vannages doivent être transparents, pas de nouveaux ouvrages sans conformité réglementaire (DCE 2000, LEMA 2006).

Diapo 34 à 36 > Nouvelle alliance ?

Aujourd'hui, pour les éleveurs, ça pose un problème vis-à-vis d'une autre alliance avec l'estuaire qui est celle du baignage. C'est-à-dire qu'en fait, dans les périodes estivales, il est possible de réaliser un regain sur les prairies à partir d'un baignage depuis des eaux estuairiennes.

Cela signifie qu'effectivement, il faut gérer ce baignage à une échelle plus locale avec des ouvrages plus locaux. Certains ont été détruits, ils seraient donc à reconstruire.

Cependant aujourd'hui, pour les éleveurs, ça pose un problème de réaliser ces dossiers de loi sur l'eau. La réglementation n'est pas très favorable à la réalisation de ce type d'ouvrage.

La question que je pose, c'est qu'effectivement, serait-il possible de mettre en place une gestion dérogatoire comme cela se passe dans les Dombes où vous avez une alternance de gestion pour la pisciculture sur les étangs, qui sont ensuite utilisés pour réaliser des cultures de céréales, je crois. Voilà une hypothèse de travail pour le futur.

Autre impact important, en plus des problèmes de gestion des sédiments de dragage, c'est le problème du profil des chenaux de marée qui réincisent, du fait de l'approfondissement du chenal de la Loire. Et ici, vous avez le chenal de la Taillée en 1977, il n'y a pas encore d'écluses, donc, la traversée se faisait encore en toue ou à la nage. J'ai superposé l'image de 2012 pour montrer l'élargissement du chenal et surtout le diverticule de chenaux de marée qui s'est incisé, qui s'est multiplié, tout simplement parce que ces chenaux essayent de rétablir leur profil d'équilibre.

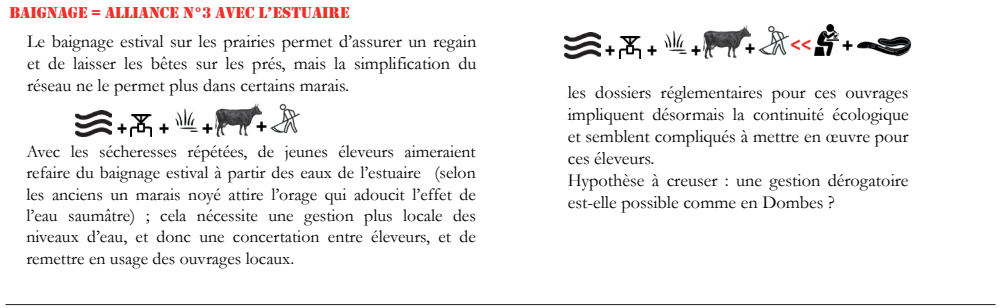
Et donc, les différents points que j'ai mis, ce sont les différentes positions des passerelles qu'utilise l'éleveur pour mener ses bêtes sur celle-ci pour le pâturage.

Pendant ce temps-là, certaines transitions passent inaperçues. Effectivement, les éle-veurs que je rencontre, pour la plupart, font de l'élevage bovin sur des prés salés, mais ne savent pas que ce sont des prés salés.

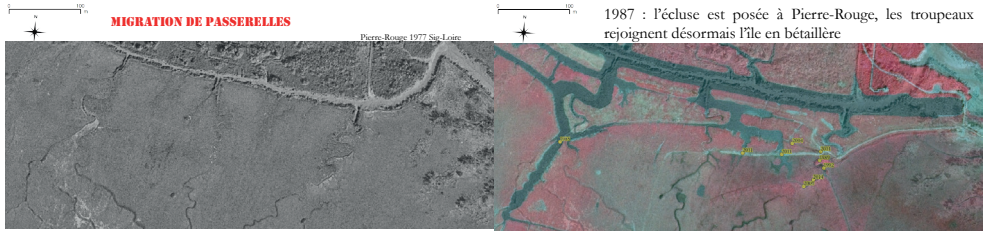
Ici, vous avez une photo avec la transition entre la Puccinellie et L'Agrostis.

Sur Pierre Rouge, on a, à peu près, deux tiers de couverture de Puccinellie, c'est un vrai pré salé, comme dans la baie du Mont-Saint-Michel et ils pourraient revendiquer de faire de la vache de pré salé.

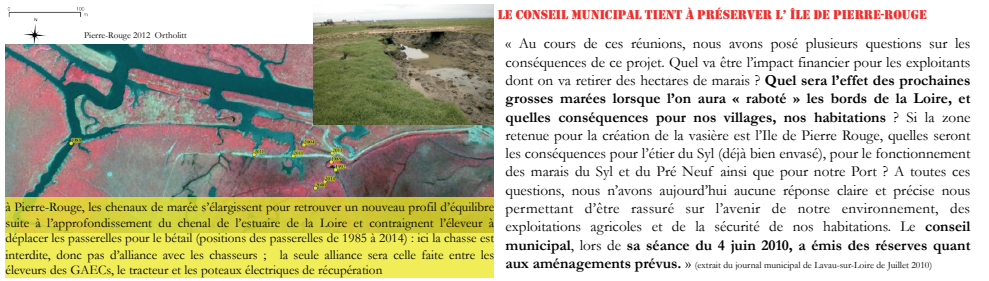
Je termine pour conclure avec le village de Lavaux qui a subi la submersion de Xynthia et qui a bien conscience du pouvoir absorbant de l'énergie des marée que constituent ces îles. Lors d'un conseil municipal à propos d'un projet qui est un projet d'écrêtage des îles pour reconstituer les vasières, ils se sont prononcés d'une manière défavorable considérant que ces îles-là sont un atout important pour la protection de leur littoral. Voilà, je vous remercie!



Diapo 37 à 38 > Baignage



Diapo 39 à 40 > Migration de passerelles



Diapo 41 à 42 > Pierre Rouge

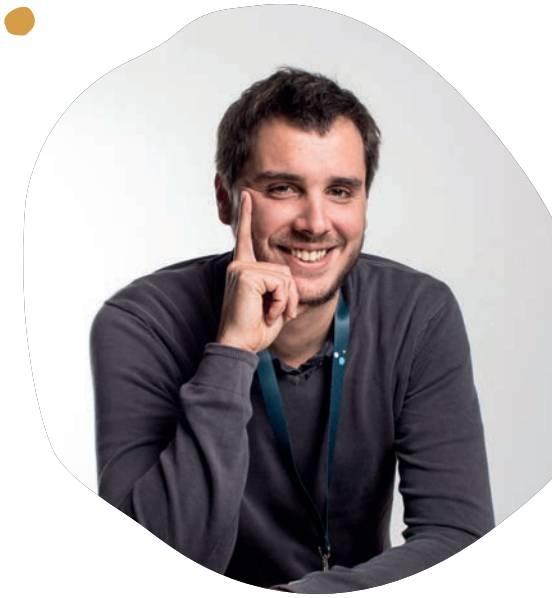
3.12 | L'UNIMA et son intervention au coeur de la logique PAPI / GEMAPI : l'exemple du projet SURVEY

Marc MESSAGER

Responsable de la cellule prévention
des inondations
Union des Marais
de la Charente-Maritime (UNIMA)

Jean-François BREILH

Responsable du projet SURVEY 17
Union des Marais
de la Charente-Maritime (UNIMA)



Jusqu'ici on a pas mal parlé d'adaptation à long terme des marais au changement climatique. Mais on va plutôt vous parler d'une adaptation à court terme, moyen terme, au niveau de la gestion de crise, la gestion normale des ouvrages, mais surtout de gestion de crise.

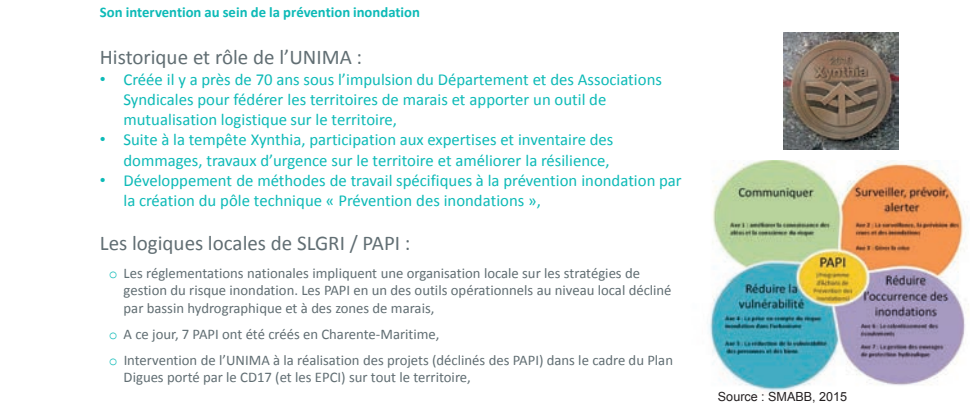
I. UNIMA

L'outil UNIMA au coeur de la gestion des marais littoraux

Pour commencer, je voulais juste vous rappeler un petit peu le rôle de l'UNIMA, de l'Union des marais de la Charente-Maritime, au sein du département. C'est une structure qui a été créée il y a environ 70 ans, sous l'impulsion du département et des associations syndicales de marais, qui a été transformée ensuite sous la forme d'un syndicat mixte et qui a permis de gérer le marais et les ouvrages, enfin, plutôt les fossés et les ouvrages hydrauliques associés, dans le temps, par le biais d'un bureau d'études et d'une régie de travaux.

L'UNIMA s'est bien sûr développée par la suite sur d'autres compétences propres à des bureaux d'études.

Suite à la tempête Xynthia, on a réalisé différents inventaires, pour connaître un petit peu mieux le territoire face au risque de submersion, pour aussi permettre la résilience, notamment par le biais de travaux d'urgence, entre autres. Donc, a été créé le service prévention inondation au sein de l'UNIMA, qui réunit bon nombre de compétences permettant de répondre aux problématiques techniques et environnementales sur l'aspect submersion.



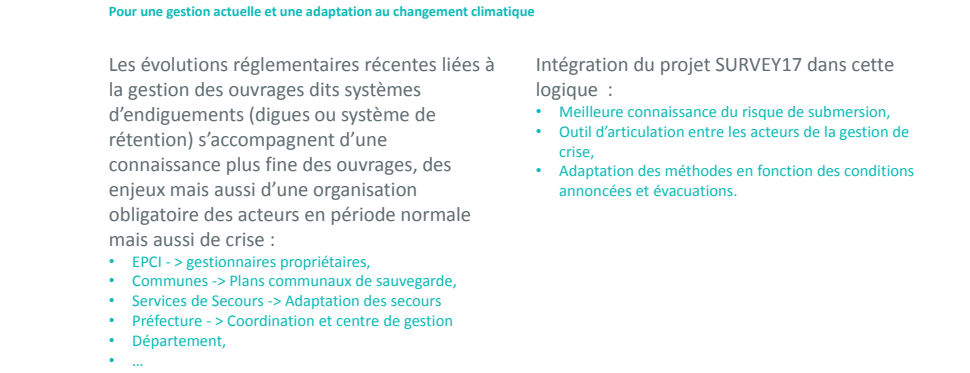
Source : SMABB, 2015

Diapo 02 > L'outil UNIMA au coeur de la gestion des marais littoraux

De la logique des PAPI au projet SURVEY 17

Rapidement, je vais vous présenter les logiques locales de SLGRI PAPI. En fait, c'est lié notamment aux politiques nationales de gestion du risque inondation, qui se déclinent en stratégies locales (SLGRI), qui sont les risques inondation et qui elles-mêmes, se déclinent sous forme de PAPI. Les PAPI (Programmes d'action et de prévention inondation) sont des outils financiers permettant à une collaboration d'acteurs - l'État, les départements, les EPCI, communautés d'agglomérations ou communautés de communes - d'œuvrer pour : d'une part, la communication sur les problématiques d'inondation, la réduction de la vulnérabilité, la surveillance, l'alerte aussi, sur le territoire et d'autre part pour la protection, évidemment.

À ce jour, pour rappel, sept PAPI ont été créés en Charente-Maritime sur les différents bassins d'inondation. Et l'UNIMA a œuvré pour la réalisation du premier PAPI littoral sur le territoire de Châtelaillon-Yves et œuvre encore aujourd'hui sur la mise en œuvre d'une part, des avenants des PAPI, puisque les PAPI ont une durée limitée,



Diapo 03 > De la logique de PAPI au projet SURVEY 17

et d'autre part, pour la mise en œuvre des techniques de vulnérabilité et de protection.

Pour continuer, juste une mini introduction à la politique GEMAPI. Je ne pourrais pas vous en parler en cinq minutes, mais il faut savoir que les lois NOTRe et GEMAPI ont modifié grandement les compétences des différents acteurs au niveau, notamment, de l'inondation.

Et, aujourd'hui, les communautés d'agglomération et communautés de communes se retrouvent à récupérer des compétences de prévention inondations qu'elles n'avaient pas avant.

Cela nécessite de connaître leur territoire au niveau de l'inondation, des ouvrages qui sont aujourd'hui non plus des digues mais des systèmes d'endiguement, des enjeux forcément, et surtout l'organisation nécessaire des différents acteurs, en période normale, mais aussi en période de crise.

Et, logiquement vient le projet SURVEY qui répond, entre autres, à cette période de crise. Le projet SURVEY, c'est surtout un lien au niveau de la recherche appliquée avec le LIENSs, entre autres, et le Sdis, un outil d'articulation entre les acteurs, pour appréhender cette gestion de crise et, si possible, adapter les secours, les moyens employés lors d'une tempête ou, si nécessaire, des logiques d'évacuation.

II. LE PROJET SURVEY DE L'UNIMA

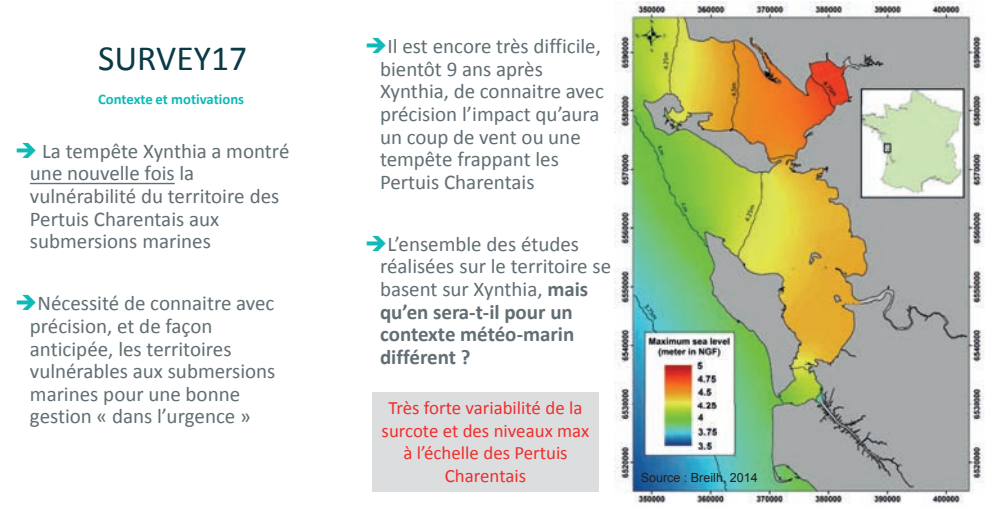
Merci beaucoup Marc pour cette introduction. Jean-François Breilh, je suis responsable du projet SURVEY 17, que l'on mène actuellement au sein de l'UNIMA.

Contexte et motivation

Tout d'abord, pour rappel : le contexte et les motivations de ce projet SURVEY 17.

Le contexte, c'est bien évidemment la tempête Xynthia, car cette tempête a montré une nouvelle fois la vulnérabilité des territoires, des pertuis charentais aux submersions marines. J'ai souligné une nouvelle fois, parce qu'on le verra un peu plus loin dans la présentation, qu'il y a eu d'autres tempêtes, même dans les 100 ou 150 dernières années, qui ont frappé très fortement les pertuis charentais et qui ont causé des submersions marines. Il y a vraiment une nécessité de connaître avec précision et de façon bien anticipée, les territoires qui sont vulnérables aux submersions marines, pour une bonne gestion, finalement, dans l'urgence.

Un constat : il est encore très difficile neuf ans après Xynthia, de connaître avec précision l'impact que va avoir un coup de vent ou une tempête qui vient à frapper les pertuis charentais. On s'en rend compte encore tous les hivers depuis Xynthia, on a



Diapo 05 > SURVEY 17 : contexte et motivations

des événements qui sont à la limite entre l'évènement classique hivernal et l'événement exceptionnel. Et on se retrouve, à chaque fois, dans une situation d'interrogation, où on ne sait pas s'il va y avoir une submersion, des dégâts sur les ouvrages et finalement du danger pour les populations.

Un autre constat : c'est un constat personnel que j'ai fait en arrivant dans le monde des bureaux d'études, quatre ans après ma thèse. Toutes les études qui sont réalisées sur les territoires des pertuis charentais et qui sont censées protéger le territoire des submersions marines, se basent sur la tempête Xynthia.

Une question peut se poser légitimement : qu'est-ce qu'il en sera, est-ce qu'on sera bien protégé pour une autre tempête que la tempête Xynthia ? Pour une tempête avec des caractéristiques bien différentes.

Pour illustrer ce propos, j'ai mis une figure des niveaux max à la côte, les niveaux maximums provoqués par la tempête Xynthia, au pic de la tempête, dans les pertuis charentais. Si j'ai mis cette figure, c'est pour illustrer la forte variabilité des niveaux marins, ne serait-ce qu'à l'échelle des pertuis charentais. Pendant Xynthia, on a eu une mesure au marégraphe de La Pallice, entre 4,50m et 4,60m NGF.

Donc il y a énormément de personnes qui se disent : «bon ben il y a eu 4,50m NGF à La Pallice, il y a 4,50 partout dans les pertuis charentais.»

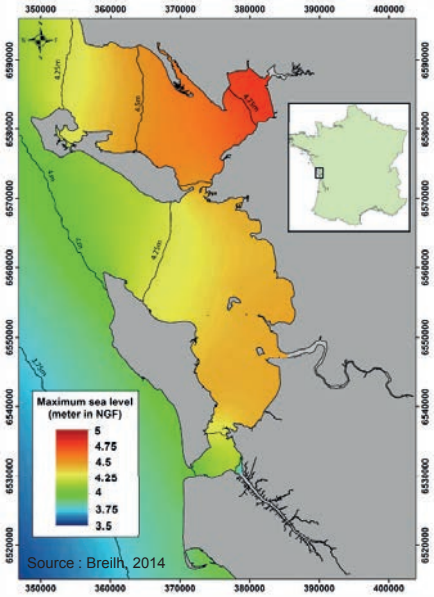
Et en fait non, ça ne fonctionne pas vraiment comme ça. On a, à l'échelle des pertuis, une très forte variabilité des niveaux max provoqués par la tempête. Avec par exemple, dans le cas de Xynthia, des niveaux très importants en fond de baie de l'Aiguillon jusqu'à quasiment 5 mètres NGF. Et si on part plus dans le sud des pertuis charentais, devant l'estuaire de la Seudre, on avait quasiment un mètre de moins. Il y a vraiment une variabilité dans la distribution des niveaux max, à l'échelle des pertuis charentais.

Une démarche en 3 temps

Le projet Survey 17, c'est un projet qui va se dérouler en trois temps.

Tout d'abord, les deux premiers temps sont en fait deux atlas.

Le premier atlas, c'est un atlas des surcotes et des niveaux max à la côte. Le second atlas est un atlas des surcotes et des submersions marines. Et, en troisième volet, nous avons l'ambition de mettre en place un système opérationnel : donc un système de prévisions des surcotes et des submersions marines, pré-événements exceptionnels.



Diapo 05 rappel > Contexte et motivation

Une démarche en 3 temps

➔ 2 Atlas :

1. L'atlas des surcotes et des niveaux max à la côte (SNM)
2. L'atlas des surcotes et des submersions marines (SSM)

➔ 1 système opérationnel:

3. Le système de prévision des surcotes et submersions marines, pré-évènements exceptionnels

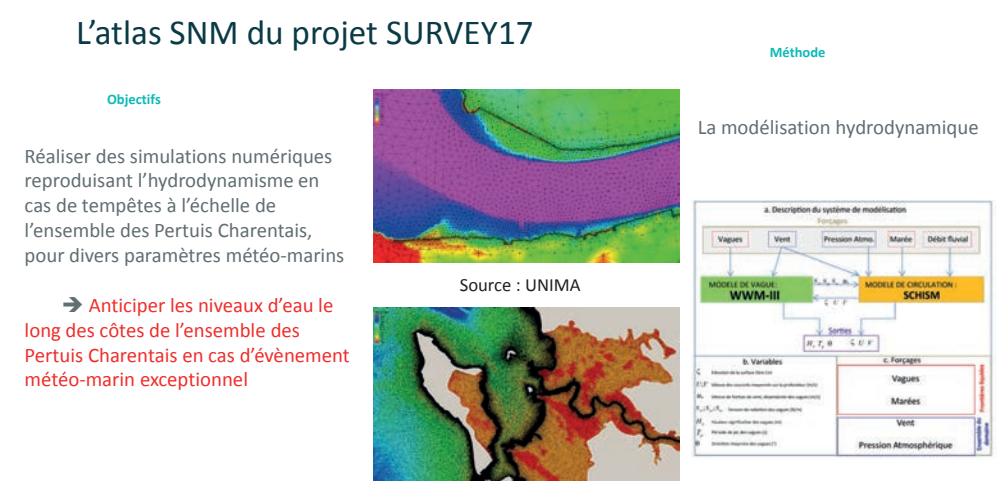
Diapo 06 > Une démarche en 3 temps

L'atlas SNM du projet SURVEY 17

Aujourd'hui, je vais vous détailler la phase une : l'atlas des surcotes et des niveaux max à la côte. L'objectif de ce premier atlas du projet SURVEY 17 est de réaliser des simulations numériques qui reproduisent l'hydrodynamisme en cas de tempête, à l'échelle des pertuis charentais. Le but, c'est d'anticiper les niveaux d'eau le long des côtes, partout dans les pertuis charentais, en cas d'événement météo marin exceptionnel.

Afin de répondre à ces objectifs, les méthodes que l'on va utiliser sont des méthodes de modélisation hydrodynamique : on utilise des modèles numériques qui permettent de simuler la circulation hydrodynamique, la propagation et la génération des vagues, au sein d'un domaine de modélisation.

Donc là, c'est vraiment à titre d'illustration. Je vous ai mis une figure d'un maillage avec de la bathymétrie. Le système de modélisation utilisé est le couplage entre un modèle qui s'appelle SCHISM, un modèle de circulation et un modèle de vague WWM-III. Pour information, c'est le modèle qui est développé par l'équipe de Xavier Bertin, au laboratoire LIENSs.



Diapo 07 > L'atlas SNM du projet SURVEY 17

Création de tempêtes théoriques

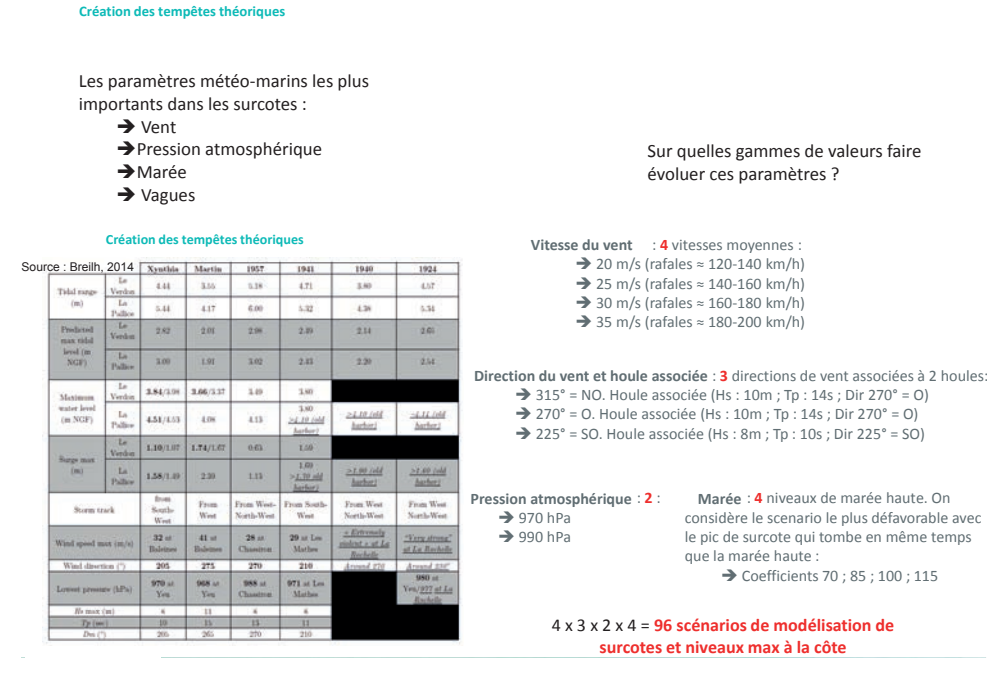
La première chose que l'on va faire pour composer ces atlas, c'est de créer des tempêtes théoriques. Le but est de balayer tout un tas de tempêtes, pour essayer d'avoir une image complète de ce que peut provoquer un coup de vent ou une tempête sur les pertuis charentais.

Les paramètres météorologiques marins les plus importants dans les surcotes, ce sont le vent et la pression atmosphérique et, en paramètres océanographiques, il y a évidemment la marée et les vagues. C'est en jouant sur ces quatre paramètres que nous allons, finalement, constituer nos tempêtes théoriques.

La première question qui s'est posée, c'est : sur quelle gamme de valeurs faire évoluer ces paramètres ? Pour répondre à ces questions, on s'est basé sur l'histoire. Dans le cadre de travaux de recherche, une très importante base de données de toutes les tempêtes qui ont frappé les pertuis charentais a été créée. Et, au sein de cette base de données, on a isolé les événements les plus exceptionnels, ceux qui ont eu un impact fort dans les pertuis charentais, en termes de submersion marine.

Six tempêtes, depuis 1900, ont été détectées : les tempêtes de 1924, de 1940, de 1941 et de 1957, et plus récemment, les tempêtes Martin en 1999 et Xynthia en 2010. Toutes ces tempêtes ont provoqué des submersions marines majeures dans les pertuis charentais.

Ensuite, on a analysé ces tempêtes en termes de paramètres météorologiques et océanographiques, afin d'extraire des bornes, des valeurs maximales et minimales de vitesse de vent, de direction de vent, de pression atmosphérique et de conditions



Diapo 08 et 09 > Création de tempêtes théoriques

de marées et de vagues, qui qualifient l'ensemble de ces événements.

Du coup, de l'analyse de ces tempêtes, nous avons extrait des bornes, soit quatre bornes pour les vitesses de vent : des vitesses de vent de 20 mètres par seconde à 35 mètres par seconde.

Pour information : 20 mètres par seconde, ça correspond à la tempête de 1957 ; 35 mètres par seconde, ce sont les vents les plus forts enregistrés en Charente-Maritime, c'était pendant la tempête Martin. Cela fait des rafales à environ 200 kilomètres/heure.

Il y a une variabilité de la direction du vent lors de ces tempêtes. La tempête Martin était caractérisée par des vents qui étaient plutôt plein ouest, la tempête Xynthia par des vents plutôt sud-ouest.

En conditions classiques de tempête, la pression atmosphérique oscille entre 970 et 990 hectopascals à l'arrivée de la tempête à la côte. Et on s'est aperçu que pour qu'il y ait une submersion marine associée à un coup de vent, il faut que ces tempêtes arrivent approximativement autour d'une marée haute de vive-eau, et pas forcément une très forte vive-eau.

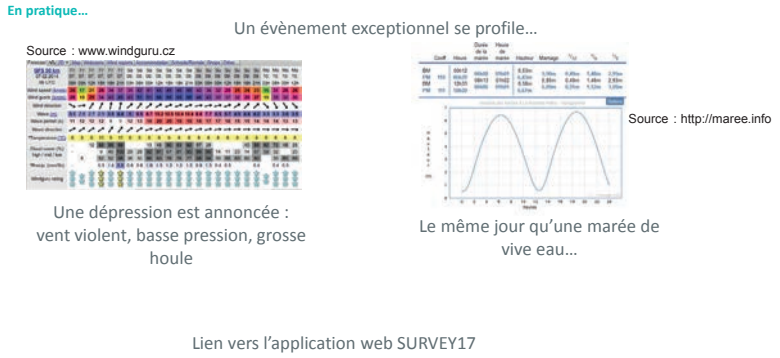
J'ai retranscrit cela sous forme de coefficients de marée. On va créer nos tempêtes théoriques, et les faire arriver sur une marée haute de coefficients 70, 85, 100 et 115.

Après, on a associé tous ces paramètres pour créer, pour générer nos tempêtes théoriques. Et ce sont ces tempêtes-là que l'on va modéliser, grâce au système de modélisation que j'ai présenté précédemment. Cela fait, en fait, 4X3X2X4, soit 96 scénarios de modélisation. On a fait 96 modélisations, afin de mieux connaître le risque de submersion marine dans les pertuis charentais.

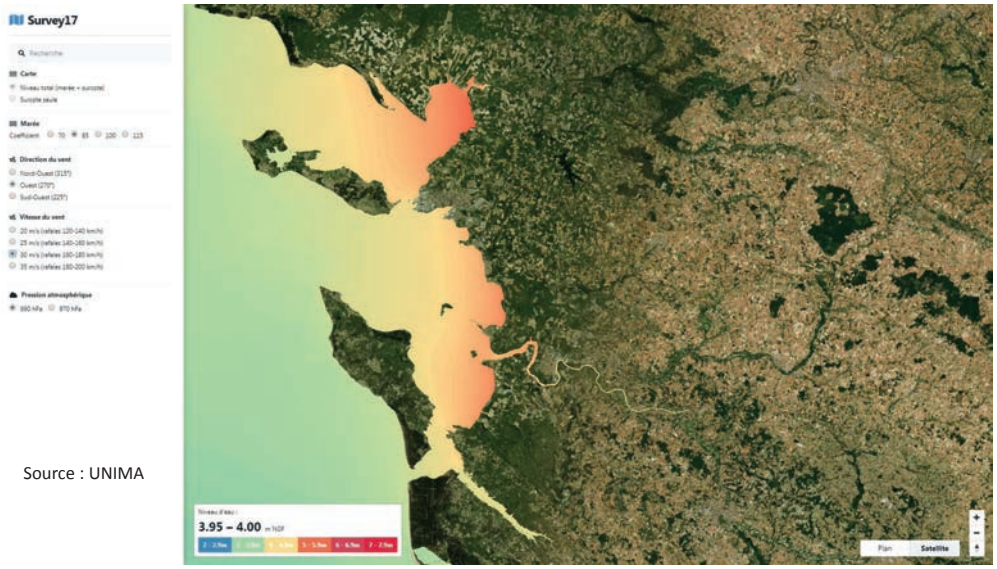
Donc, en pratique, comment ça se passe ? Alors là j'ai mis une copie d'écran de Windguru, un site de prévisions météorologiques. On regarde les prévisions météo, on voit qu'il y a un événement exceptionnel qui se profile pour la fin de semaine. Il y a un très fort coup de vent qui arrive, pas de chance, le même jour qu'une marée de très fort coefficient. En fait, tous les résultats de modélisation dont je vous ai parlés ont été intégrés dans le cadre d'un site web, et je vais vous montrer les fonctionnalités de ce site.

Basculons sur le site de l'application Survey 17. Ce site web permet de sélectionner les paramètres que j'ai listés précédemment : les paramètres de marée, de direction de vent, de vitesse de vent, de pression atmosphérique, et finalement de choisir la tempête, de la composer soi-même. Pour que ça soit un peu plus interactif, je vais faire participer le public.

Au hasard, Éric Chaumillon, que j'ai juste en face de moi. Est-ce que tu veux composer une tempête, pour voir les niveaux d'eau que cette tempête vont générer ? Bon, alors je te laisse, s'il te plaît, me dire le coefficient de marée sur lequel tu veux que cette tempête arrive.



Diapo 10 > En pratique



Source : UNIMA

Diapo 11 > Application SURVEY 17

Éric CHAUMILLON : Bon, je crois qu'on a tous compris qu'il ne faut pas que ça arrive en vivo. Donc on va prendre type marée du siècle coefficient 115. Tu l'avais déjà sélectionné. 115.

Jean-François BREILH : Quelle direction du vent associer à cette tempête ?

Éric CHAUMILLON : Bon, ben tu sais que les vents dominants dans la région ce sont les vents de sud-ouest : ce sont souvent les plus forts, alors on va prendre ça.

Jean-François BREILH : On part sur du scénario catastrophiste, j'annonce. Niveau vitesse de vent : entre 20, 25, 30, ou 35 mètres par seconde ?

Éric CHAUMILLON : Tu sais que j'ai une nature à aimer les vents assez forts, donc je vais prendre le 35 mètres/seconde.

Jean-François BREILH : Très bien. Et maintenant, la pression atmosphérique associée à cette tempête : entre 990 hectopascals ou 970 hectopascals.

Éric CHAUMILLON :Tu sais qu'il y a des tempêtes tropicales qui sont encore plus creuses. On va quand même prendre une bien creuse : on va prendre 970.

Jean-Charles CATTEAU : Ce n'est vraiment pas de bonnes conditions pour surfer, ça.

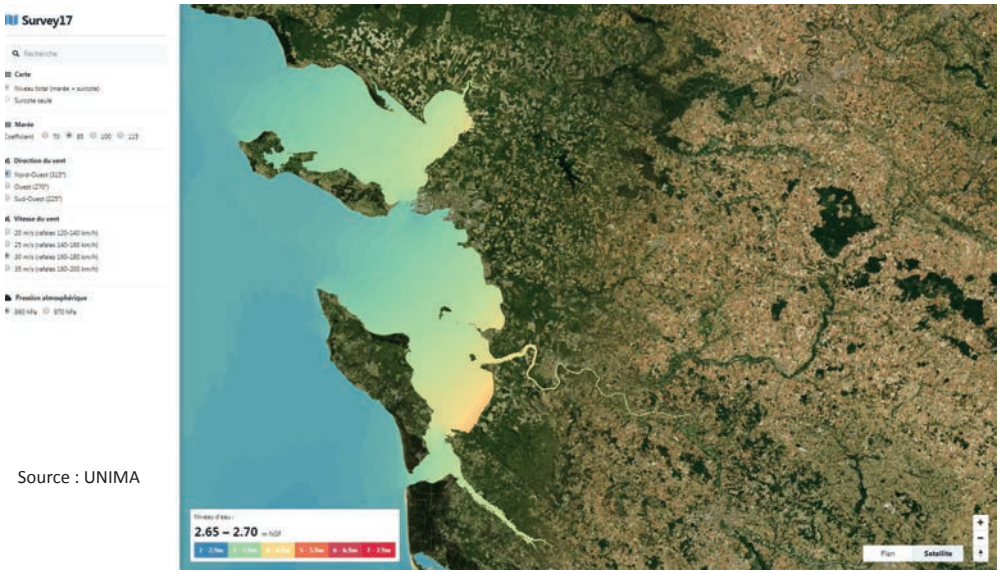
Éric CHAUMILLON : Oh, ça dépend.

Jean-François BREILH : Alors, voilà la carte correspondant à la tempête que tu viens de composer, Éric, et cette carte de hauteur d'eau. Je voulais vous montrer les fonctionnalités du site. C'est un site qui est totalement en développement. C'est tout frais, c'est sorti il y a trois jours, ça n'existait pas avant. Et ce n'est pas encore disponible publiquement. C'est juste pour nous, en avant-première. Exactement, c'est en exclusivité pour la salle, pour le colloque !

En fait ce qu'on voit, c'est la distribution des niveaux d'eau provoquée par cette tempête. Derrière le clic sur ces petits boutons, il y a des modèles qui ont tourné, pour chacune de ces tempêtes. Et quand on clique sur ces boutons, ça va récupérer le bon résultat de modèles.

Donc là, ce qu'on voit sur la tempête catastrophe que vient de créer Éric Chaumillon, puisqu'en gros, ça correspond à un Xynthia avec une marée encore plus forte, et avec un vent beaucoup plus fort. En fait, quand on déplace la main là, en bas, dans le petit rectangle qui est là, on voit en même temps les niveaux d'eau provoqués par ces tempêtes, partout dans les pertuis charentais.

On voit qu'on est carrément sur des niveaux de plus de six mètres NGF dans la baie de l'Aiguillon, et plus généralement, un peu partout dans les pertuis charentais. Si on s'enfonce dans l'estuaire de la Charente, c'est pareil : on a à peu près un peu moins de six mètres. Rochefort est un peu épargnée : c'est toujours par le même phénomène, avec toute l'eau qui déborderait ; dans le cas d'une tempête de cet ordre, on a une diminution du niveau d'eau à Rochefort. Je vous invite à vous rappeler, si vous étiez là, de ce qu'a dit Xavier Bertin dans ses présentations hier.



Source : UNIMA

Diapo 12 > Application SURVEY 17

En fait, cet outil, il sert à prévisualiser les niveaux d'eau provoqués par des conditions exceptionnelles.

Éric CHAUMILLON : Tu pourrais peut-être changer la direction du vent, pour que les gens voient l'impact ?

Jean-François BREILH : On va passer par exemple sur exactement les mêmes critères, mais en vent de nord-ouest. Donc là, on n'a changé que la direction du vent : c'est-à-dire qu'on est en train de parler de la même tempête en termes de coefficient de marée, en termes de vitesse du vent. Il y a seulement la direction qui a changé. Et c'est quand même très impressionnant la différence en termes de réponse, en termes de niveau d'eau, provoquée par juste un changement de direction du vent.

Donc ce qu'on voit, c'est qu'on est plus du tout sur des hauteurs d'eau de l'ordre de 6 mètres NGF : on est beaucoup plus sur des valeurs entre 3 et 5 mètres. Et, ces vents de nord-ouest sont assez intéressants, parce qu'à la différence des vents de sud-ouest, ils ne frappent pas de façon uniforme les pertuis charentais.

Il y a vraiment des zones qui sont plus impactées, comme tout le littoral, du nord de la CdA de La Rochelle : L'Houmeau, Nieul, etc. L'agglomération de La Rochelle est finalement assez épargnée, on a à peu près 3,50 NGF, etc.

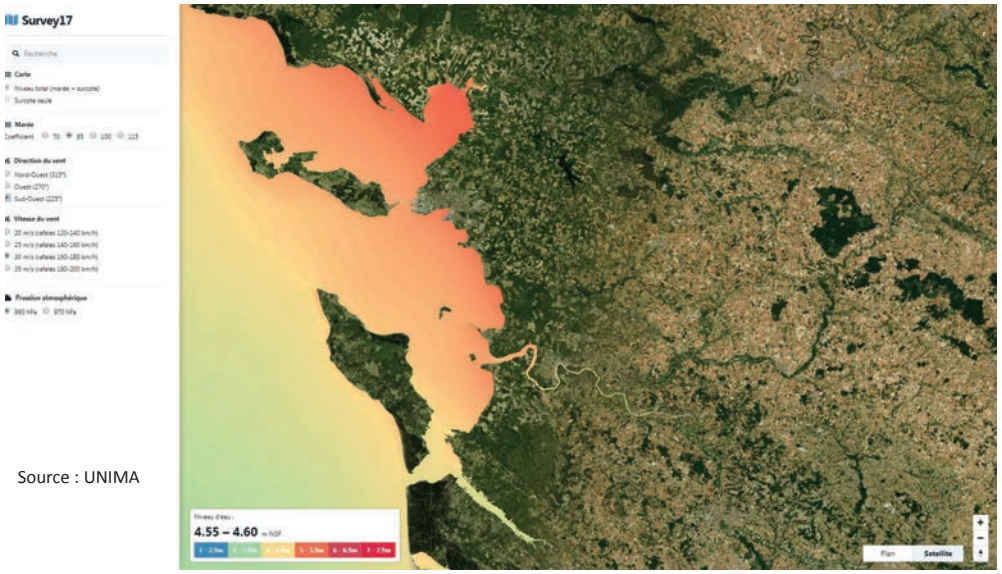
Donc on voit vraiment qu'il y a une distribution très différente des niveaux d'eau en fonction des tempêtes. Voilà un petit peu le genre d'applications pour cet outil.

Pour qui?

À qui s'adresse ce projet ? Évidemment, à l'ensemble des gestionnaires du littoral : les maires de communes côtières, etc. Cet atlas permet vraiment d'avoir une idée précise, au droit d'un ouvrage, d'une digue ou quoi que ce soit, des niveaux d'eau qui vont être générés par une configuration météo marine exceptionnelle, ou moins exceptionnelle, d'ailleurs.

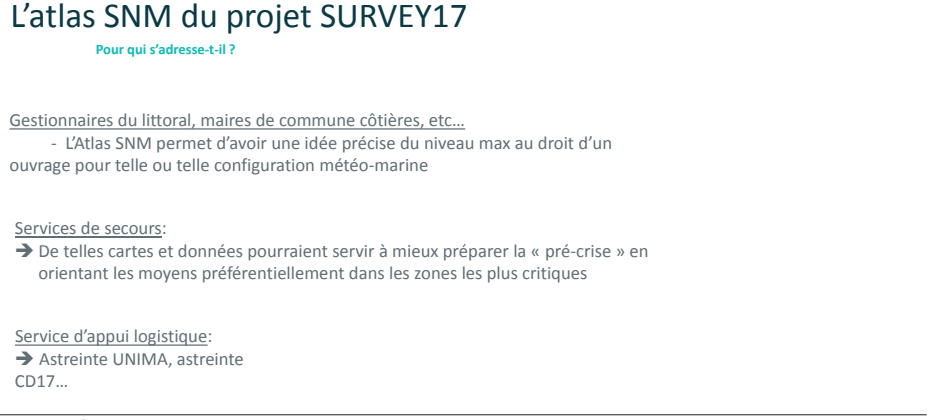
Tout ce projet a été monté en collaboration avec les services de secours, avec le Sdis 17, parce que ce type d'informations, c'est vraiment extrêmement important pour eux. En effet, ils doivent pré positionner des moyens, lorsqu'il y a une alerte. Ils ne peuvent pas mettre les mêmes moyens partout dans les pertuis charentais.

Eux, ce qu'ils veulent savoir, c'est : est-ce que la tempête va taper plus fort le nord du département, le sud du département, l'île de Ré, l'île d'Oléron, etc ? Cet outil permet de répondre à ce genre de questionnements pour l'ensemble des services d'appui logistique, parce que quand il y a un événement exceptionnel en approche, il y a toute une logistique qui se met en place, avec la mise en place de batardeaux, de pelleteuses derrière des digues qui pourraient céder, etc.



Source : UNIMA

Diapo 13 > Application SURVEY 17



Diapo 14 > Atlas SNM

La suite du projet SURVEY 17

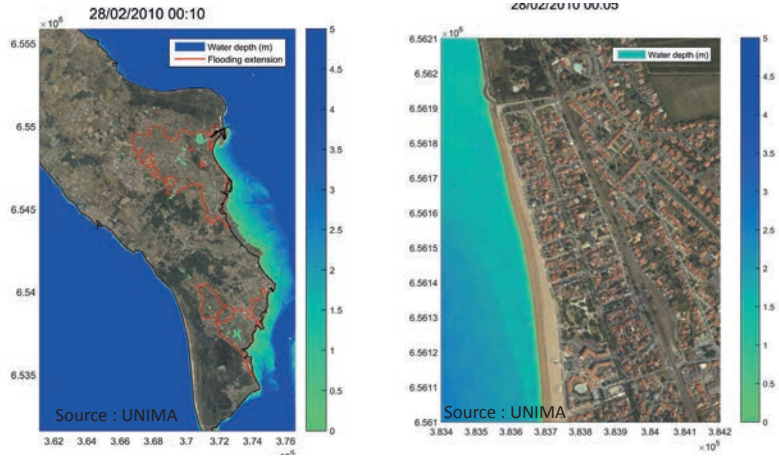
Je vous ai montré la phase 1 du Projet SURVEY qui est réalisée.

Maintenant, ce qui est en cours de réalisation, mais bien avancée : c'est la phase 2 de ce projet. Et donc là, on n'est plus du tout sur modéliser en s'arrêtant au trait de côte. On va étendre le domaine de modélisation, et modéliser la propagation de la submersion marine pour ces tempêtes théoriques.

Toutes ces tempêtes théoriques ne provoqueront pas de la submersion marine, mais certaines provoqueraient des submersions marines majeures. Typiquement, c'est le cas qu'a créé Éric Chaumillon tout à l'heure. Donc on a les capacités, en termes de savoir-faire, modélisation, etc, de modéliser la submersion par surverse au-dessus des ouvrages, mais également par paquets de mer.

Je vous ai mis deux illustrations d'animations de submersion, donc, à gauche sur l'île d'Oléron. Le trait rouge, en fait, c'est la limite atteinte par Xynthia. La submersion qui est simulée à gauche, c'est un scénario qui est un peu plus important que Xynthia. Et à droite, on est sur la commune de Châtelaillon, au sud de La Rochelle, où là on est sur des problématiques de franchissement par paquets de mer, majoritairement.

Et donc on arrive aussi très bien à modéliser et à faire propager l'eau dans les quartiers, entre les maisons. Cet atlas va vraiment nous permettre de déterminer, à l'échelle du quartier pour les zones habitées, ou à l'échelle des marais pour les zones de marais, ce qui est inondé ou non.



Diapo 15 > Phase 2 du projet SURVEY

Perspectives

En perspectives, on n'est pas du tout sur une démarche figée : on peut totalement imaginer augmenter énormément le nombre de scénarios. On pourrait faire des scénarios de tempête avec des vents plein sud. Je n'ai pas encore testé, mais ça pourrait être bien intéressant.

L'ensemble des aménagements du littoral modifie la propagation de la submersion : donc il faut prévoir, évidemment, des mises à jour de ces atlas. Si on part sur des logiques de laisser-faire, comme on en a beaucoup entendu parler dans le cadre de ce colloque, c'est-à-dire supprimer des digues, etc. Il faudra aller supprimer des modèles, pour bien voir les impacts en termes de diminution de niveau d'eau pour des zones à enjeu.

On pourra tester tout ça dans le cadre de ces atlas, moyennant des mises à jour. Cette démarche est totalement exportable : on est sur un projet SURVEY 17, parce qu'on applique ça aux pertuis charentais. On peut imaginer un SURVEY 85, un SURVEY 44, un SURVEY là où il y a du littoral et des risques liés aux tempêtes, des risques de submersion marine.

La dernière phase, très rapidement, ça sera un système opérationnel. On n'est plus

Perspectives

➔ Ce n'est pas une démarche figée. Le nombre de scénarios peut-être augmenté pour balayer avec plus de précisions les évènements météo-marins extrêmes possibles

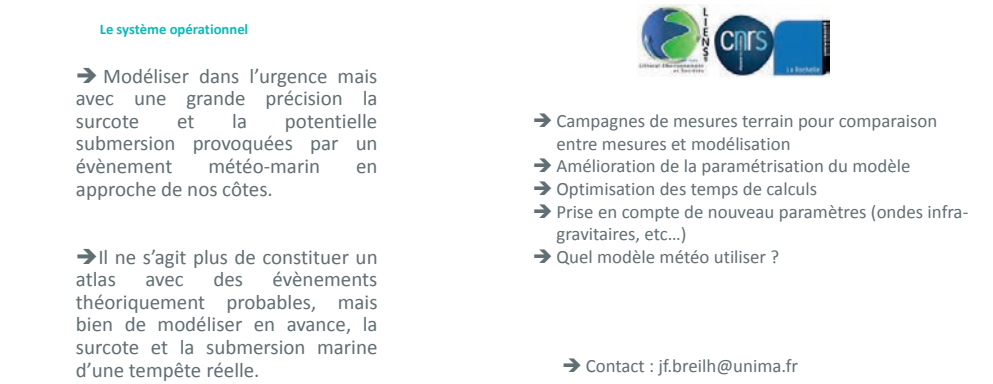
➔ Les différents aménagements du littoral (constructions de digues, etc…) modifient la propagation d'une submersion. Il faut donc prévoir de mettre à jour ces Atlas pour prendre en compte les modifications du littoral.

➔ DEMARCHE EXPORTABLE

Diapo 16 > Perspectives

du tout sur modéliser des tempêtes qu'on crée de toutes pièces, on est sur de la modélisation d'une vraie tempête qui est en approche du littoral.

Donc là, on récupère des prévisions météo : on fait tourner exactement le même genre de système de modélisation. On a une collaboration très proche avec le laboratoire LIENSs de l'Université de La Rochelle, parce que tous ces travaux doivent être menés en rapprochement très serré avec le monde de la recherche, car c'est vraiment ce monde de la recherche qui permet d'avoir des modèles qui fonctionnent très bien, puisqu'il travaille énormément sur tout ce qui est paramétrisation de ces modèles, optimisation des temps de calcul, la prise en compte potentielle de nouveaux paramètres, comme mettre les ondes infragravitaires dans les modèles de vagues, etc. Donc, tout un tas de questions pour lesquelles le monde de la recherche peut répondre. Je vous remercie pour votre attention.



Diapo 17 > Le système opérationnel

3.13 | Le Marais poitevin : un combat permanent face à l'océan

Dominique GIRET

Directeur technique
Agriculture & Environnement,
Parc naturel régional du
Marais poitevin

Les éléments que je vais présenter sont des éléments de compréhension générale de la manière dont fonctionne le Marais poitevin et introduisent la présentation de Fabrice Enon.

L'idée est de réexpliquer et de redire des choses qu'on a partagées ensemble depuis hier, des éléments qui ont été présentés par Éric Chaumillon et les collègues scientifiques sur le Marais poitevin et qui expliquent à quel point ce sujet nous préoccupe : le sujet du réchauffement climatique, de l'adaptation au changement climatique.

Mais pourquoi finalement ce sujet n'est pas nouveau? Cela fait des siècles qu'on est concerné par ce sujet. C'est aussi le moyen pour vous de comprendre pourquoi nous avons organisé dans le cadre du programme LIFE baie de l'Aiguillon ce séminaire, puisque un des volets de ce programme est justement de regarder, d'appréhender la problématique de la protection à la mer et du changement climatique.

INTRODUCTION : LE MARAIS POITEVIN

En deux mots, vous savez où se situe le Marais pour la grande majorité d'entre vous. On est juste au nord de La Rochelle, la ville qui est au sud de la carte. Cette carte présente la totalité de la zone humide du Marais soit à peu près 100 000 hectares.

Le territoire s'étend sur deux régions, trois départements, 91 communes. Il est aussi occupé par des Communautés de communes, des Communautés d'agglomérations, des Syndicats mixtes hydrauliques, un Établissement public du Marais poitevin. Il y a énormément d'acteurs plus ou moins préoccupés ou en charge en fonction de leurs compétences, de l'aménagement du territoire et qui doivent prendre en compte également cette problématique.

Le Marais poitevin se situe au coeur, c'est l'exutoire d'un bassin versant de 650 000 hectares : c'est un élément important parce que ce territoire est très plat et fait 0 à 5 mètres d'altitude. Ce sont les altitudes que vous avez sur cette carte.

Tout ce qui est en orange est à deux mètres cinquante et un peu plus, et tout ce qui est jaune et vert est situé en dessous de deux mètres cinquante. Comme cela nous l'a été dit précédemment, tout ça est déjà en dessous du niveau de la mer à marée haute.

L'idée est de vous apporter des éléments de compréhension qui vont nous permettre de voir pourquoi le Marais poitevin se protège face à la mer, et pourquoi il entretient une relation très étroite avec elle. Un des éléments de réponse est notamment parce qu'il a un littoral de 150 kilomètres qui protègent l'ensemble de la zone humide du Marais poitevin.

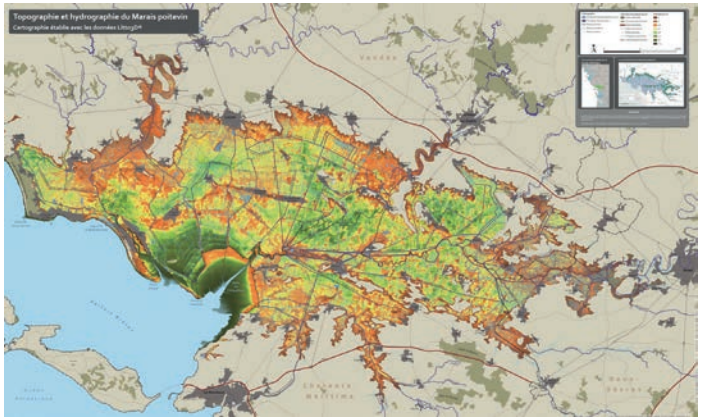
> 2 régions, 3 départements, 91 communes

> ZH 100 000 hectares

> BV 650 000 hectares

> 150 km de littoral

> Altitude de 0 à 5 m



Diapo 02 > Le Marais poitevin

I. LE CONTEXTE HISTORIQUE

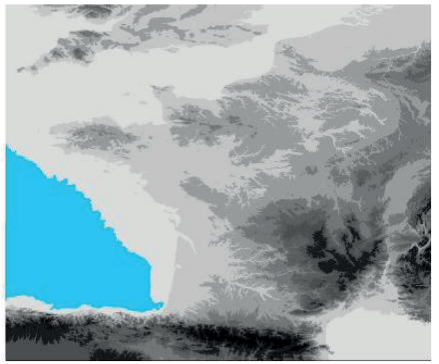
Évolution géomorphologique

À propos du contexte historique, ce sont des éléments que nous avons déjà partagé. Éric Chaumillon nous les a présentés hier au cours de la journée, hier soir au cours de la soirée. C'est toutefois fondamental de les reprendre parce que finalement, c'est la dynamique naturelle des derniers millénaires qui explique en partie ce que le Marais poitevin est aujourd'hui.

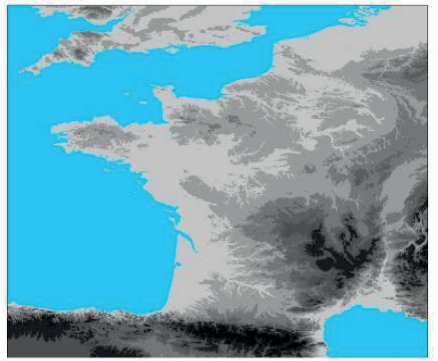
La Mer monte

Vous l'avez compris : on est sur la dernière période glaciaire, le niveau de l'océan est beaucoup plus bas. Au fil de la fonte des glaces, c'est-à-dire à peu près depuis 20 000 ans, la mer monte.

Elle regagne ce qui à l'époque n'est évidemment pas le Marais poitevin, mais plutôt une vallée encaissée qui a été recreusée par les vallées qui le parcourent. Et progressivement au fil de la remontée de l'eau, donc rapidement dans un premier temps, elle va regagner le littoral et occuper l'ensemble des vallées du Marais poitevin jusqu'à former ce qu'on appelle le golfe des Pictons. C'est le moment où finalement l'eau occupait la quasi-totalité du Marais poitevin.

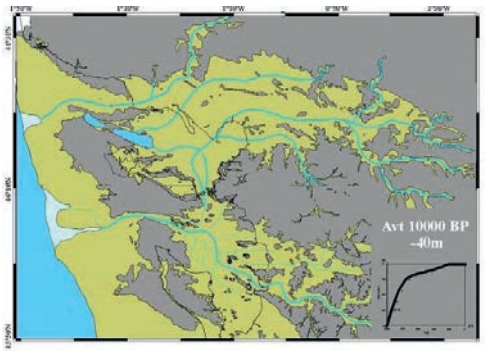


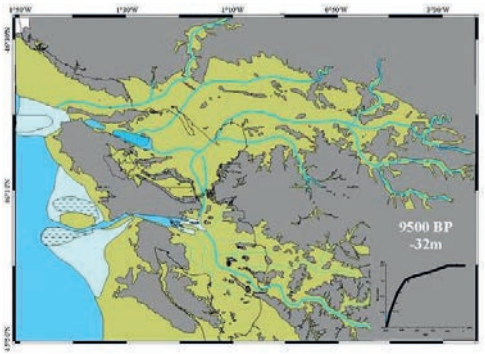
niveau marin à -130 m (20 000 BP)

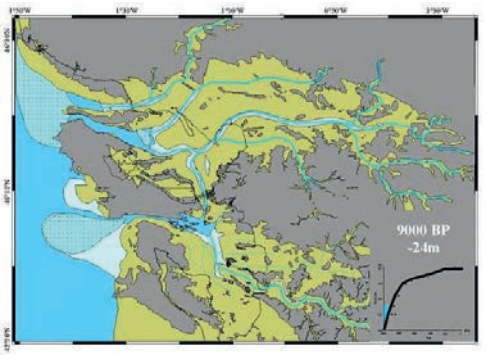


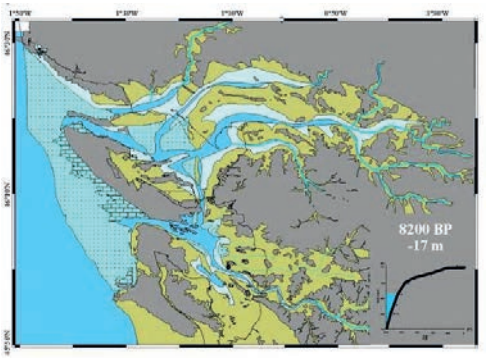
niveau marin à 0 m (Actuel)

Diapo 04 > Évolution géomorphologique









N. Weber, Thèse de l'ULR, sous la direction d'E. Chaumillon

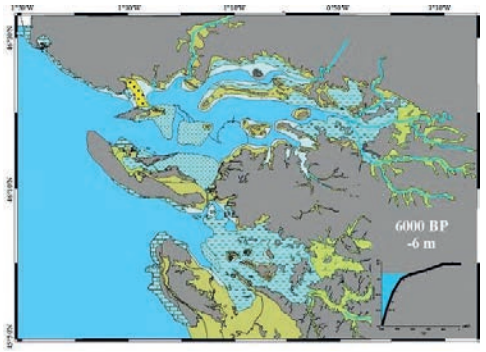
Diapo 05 à 08 > La mer monte

Les sédiments marins comblent le golfe des pictons

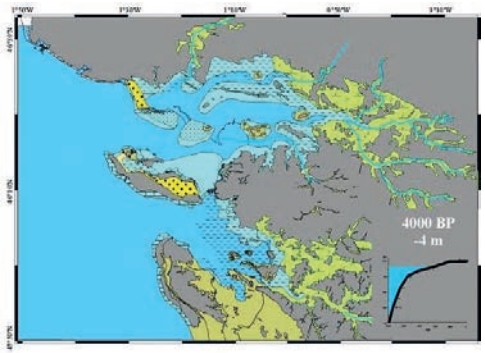
Et puis à partir de ce moment-là, l'eau arrive rapidement sur le territoire avec les sédiments. Vous l'avez compris, je vous le redis, c'est une répétition.

Au fil de la sédimentation la mer va faire marche arrière, ou en tout cas la côte va regagner «du terrain» vers l'océan. Et puis le Marais poitevin va se combler tout simplement, pour approcher les limites qu'on lui connaît aujourd'hui, les limites sur lesquelles le trait de côte va s'installer.

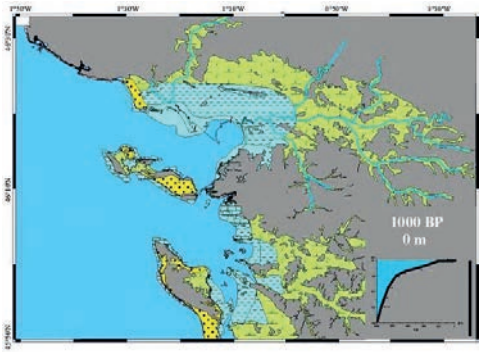
Seulement, il n'y a pas que la nature qui a permis de dessiner le trait de côte que vous avez ici sous les yeux et qui correspond à ce qu'on connaît actuellement. Il y a aussi à partir d'un certain moment l'intervention de l'homme sur des phases successives.



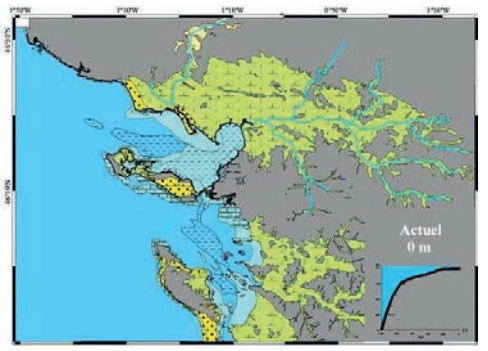
Diapo 09 > Les sédiments marins comblent le golfe des pictons



Diapo 10 > Le trait de côte recule



Diapo 11 > Pour s'appocher des limites actuelles



Diapo 12 > Aujourd'hui

Le Marais construit par l'Homme

Progressivement sur les 2 000 dernières années mais surtout sur le dernier millénaire, au Moyen-Âge et plus récemment sur la période du 17e-18e siècle où on a été beaucoup plus vite, le Marais va intervenir sur le territoire pour finalement façonner plus finement le paysage qu'on connaît aujourd'hui.

Voici fig.01 le Marais poitevin de manière très schématique parcouru par l'océan à marée haute. La partie verte, ce sont les schorres en quelque sorte qui sont regagnés par l'océan à marée haute. On a quelques îles, par exemple l'île de la Dive, que nous verrons demain matin pour ceux qui vont nous accompagner sur le terrain.

À partir de ce moment-là, quand les sédiments ont pris place dans la cuvette, l'Homme va commencer à essayer d'apprivoiser le milieu naturel pour maîtriser les contraintes qui sont liées à l'océan. Et donc, qu'est-ce qu'il va faire ?

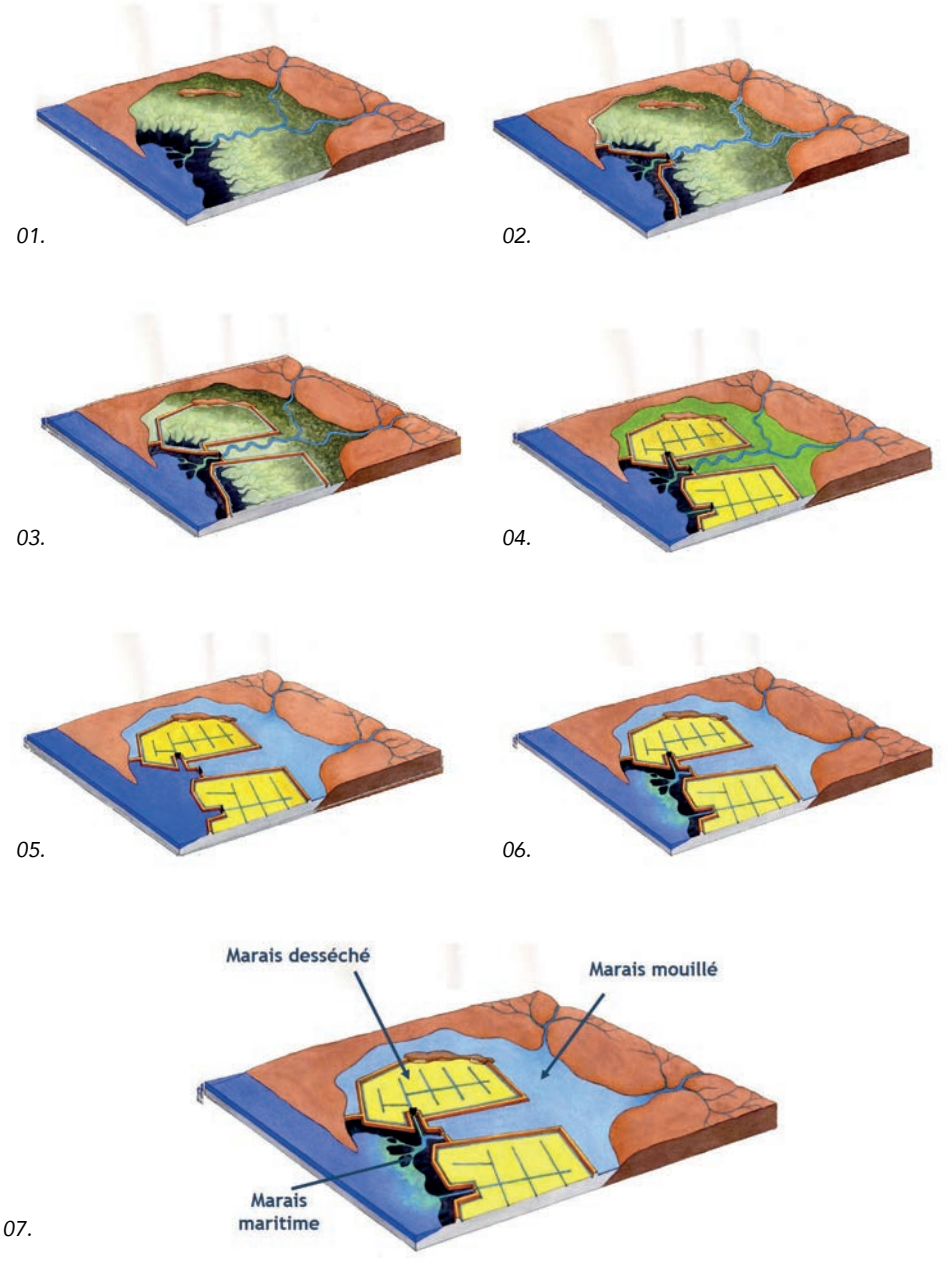
Ce qu'on connaît partout sur notre littoral dans ce genre de contexte, l'Homme va faire des digues. Donc on fait des digues (2) qui vont éviter les submersions marines, pour éviter que l'eau à marée haute puisse regagner le Marais, pour pouvoir maîtriser l'usage des sols à l'arrière. Ce n'est pas suffisant : parce que le Marais vous vous souvenez, est dans une cuvette au milieu d'un bassin versant de 650 000 hectares.

Donc on fait aussi des digues, pour se protéger des crues qui sont provoquées par les eaux qui transitent par les rivières et les fleuves (3). On aménage ces marais (4), qui deviennent ce qu'on appelle des marais desséchés.

Le Marais poitevin est formé de différents types de marais. En réalité, on devrait parler « des » Marais poitevins. Les marais desséchés sont des zones complètement endiguées, des compartiments hydrauliques qui sont indépendants du fonctionnement hydraulique, à la fois du bassin versant et de l'océan.

Les crues se produisent en générale en période hivernale, même si parfois elles ont lieu sur d'autres saisons comme au mois d'avril et mai pour les dernières années. Lorsqu'on a une crue (5), la partie qui n'est pas endiguée - les marais mouillés - accepte l'inondation de manière à ce qu'on rejette progressivement l'eau à la mer en ouvrant les portes (6) et à ce que ces marais mouillés s'exondent et redeviennent exploitables par l'agriculture.

Aussi, on a un complexe de milieux naturels et de marais (7) qui fonctionnent de manière différente à la fois :
- les marais mouillés qui sont plutôt à l'amont du Marais poitevin
- les marais desséchés, qui évacuent directement leur eau à la mer, et qui eux ont comme seule responsabilité de gérer les eaux de pluie
- et puis la partie maritime, qui correspond aujourd'hui à la baie de l'Aiguillon, qui continue d'être soumise aux marées, et qui reste soumise à la dynamique sédimentaire qu'on a présentée.



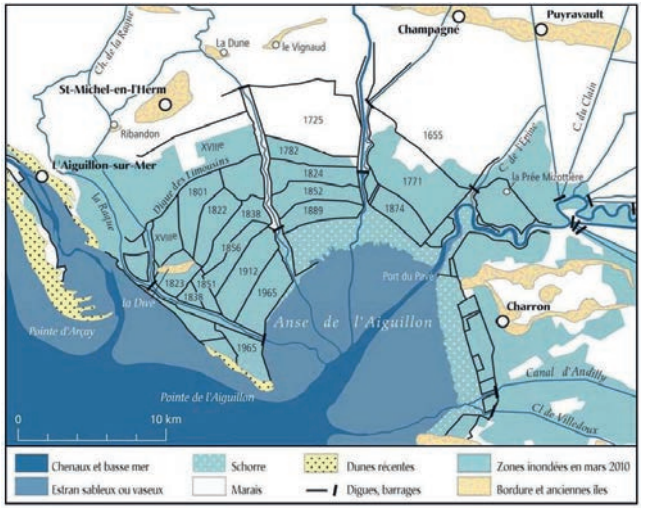
Diapo 13 > Le Marais construit par l'Homme

L'endiguement suit le rythme de la sédimentation

Tout ça ne se fait pas d'un seul coup mais au fil des siècles. Tous les 50 ans, tous les 100 ans en fonction des périodes, c'est variable, parfois une trentaine d'années. On n'a pas attendu très longtemps avant de faire une nouvelle digue que finalement, on va gagner vers l'océan en profitant de la sédimentation, pour arriver au trait de côte qu'on connaît aujourd'hui.

Les dernières digues qui ont été faites datent des années 60. Il n'y a donc pas si longtemps, une cinquantaine d'années, que les dernières digues ont été faites et que les derniers polders ont été aménagés.

Sur cette carte,chaque casier correspond à un polder au bout duquel on a fait une digue et qu'on a mis en culture, ou en tout cas que l'agriculture a occupé. Et c'est aujourd'hui principalement des cultures qui occupent ces grands polders.



Diapo 14 > L'endiguement suit le rythme de la sédimentation

Le cordon dunaire, les falaises

La relation entre le Marais poitevin et l'océan prend différentes formes. D'une part, il y a des milieux naturels, des falaises, mais surtout des cordons dunaires qui sont occupés par des dunes, qui sont aménagées là depuis longtemps. C'est le cas de la côte vendéenne. Ces dunes constituent une protection naturelle du Marais poitevin face aux submersions marines.

C'est notamment l'objet aussi du programme LIFE puisqu'on intervient sur la pointe de l'Aiguillon pour essayer de renforcer les dunes, de les protéger au maximum, à la fois parce que c'est un habitat naturel d'intérêt communautaire, mais aussi parce que justement elles participent à la protection du Marais poitevin.

Voilà ce que ça donne en photo. Si vous regardez ces photos de la pointe de l'Aiguillon faites le week-end dernier, vous allez constater qu'il y a un petit cordon dunaire qui protège encore le Marais poitevin et les polders qui sont à l'arrière de l'océan. Ces parties avaient été sérieusement touchées au cours de la tempête Xynthia, en 2010.

Diapo 15 > Le cordon dunaire, les falaises

Les digues « en dur »

Et puis il y a des endroits où il n'y a pas ou plus de cordon dunaire, et où il y a des enjeux plus forts en termes de protection des biens et des personnes, notamment des maisons d'habitation. Quand on va arriver sur des secteurs urbanisés comme ceux de La Faute-sur-Mer ou de L'Aiguillon-sur-Mer, on va faire des digues plus solides qu'on appelle des digues en dur.

Deux exemples de digues :

- à droite et à gauche de la diapositive, des digues très récentes qui ont été aménagées depuis la tempête Xynthia pour renforcer et améliorer la protection.

- au milieu, vous avez un exemple de digue qui se raccroche à cette digue-là, qui est la fameuse digue du Génie qui a été faite à la fin du 19e, puisque les travaux ont été finalisés je crois, en 1889. Cette digue a été faite après une succession de perturbations au 19e siècle, réalisée et construite sur plusieurs dizaines d'années, des années 1850 à 1889.

Cela signifie que déjà à l'époque si elle a été faite, c'est que le cordon dunaire avait été balayé par des tempêtes successives au début du 19e siècle. Et si on a mis 40 ans pour la faire ce n'est pas qu'on a pris notre temps. C'est qu'en la faisant, au fur et à mesure des travaux, il y avait une nouvelle tempête, un nouveau problème, qui faisait qu'une partie de la digue partait à l'arrière, emportée par l'océan.

L'histoire de cette digue illustre bien le fait que le Marais poitevin entretient une relation avec l'océan, une forme de combat. C'est comme ça que j'avais intitulé la présentation, ou une bataille historique. Depuis toujours on fait des digues, et depuis toujours elles sont submergées, emportées par l'océan. Et depuis toujours on les refait ; «depuis toujours» étant «au cours des grandes phases d'aménagement du dernier millénaire».

Diapo 16 et 17 > Les digues « en dur »

Les digues « en terre »

Mais la majorité de nos digues qui protègent des terres agricoles sont des digues en terre : des digues qui sont faites avec les matériaux qu'on prélève sur place, donc les sédiments qui ont été apportés par l'océan. Elles constituent un réseau important.

Au total, ce sont 1 000 kilomètres de digues qu'on a dans le Marais poitevin : les digues qui sont face à la mer, mais aussi les digues qui sont à l'intérieur et qui protègent des inondations du bassin versant. Ces digues prennent cette forme-là (photos) : ce sont des bourrelets de terres qui sont aménagés soit directement face à l'océan, au pourtour de la baie de l'Aiguillon, soit le long des fleuves et des estuaires.

Si on prend un peu d'altitude avec la photo la plus grande, on voit cette digue qui va cheminer sur la partie charentaise par exemple, et qui fait très clairement la séparation entre le marais maritime que vous avez à gauche de la photo, qui est toujours soumis aux grandes marées, et le Marais à droite qui lui est desséché et qui donc est occupé par l'agriculture - de la culture céréalière presque exclusivement dans ces secteurs-là.

Diapo 19 et 20 > Les digues « en terre »

II. LES PARAMÈTRES À PRENDRE EN COMPTE

Avant de passer la parole à Fabrice Enon, je vais vous rappeler les quelques paramètres à prendre en compte, les ingrédients qui font qu'aujourd'hui on a un comportement et on met en place des programmes de protection qui prennent telle ou telle forme.

Une zone extrêmenent vulnérable

On a d'une part un territoire qui est très largement en dessous du niveau de la mer, près de 90 % du Marais poitevin est déjà, sans même tenir compte de l'augmentation du niveau de la mer, en dessous du niveau de l'océan à marée haute.

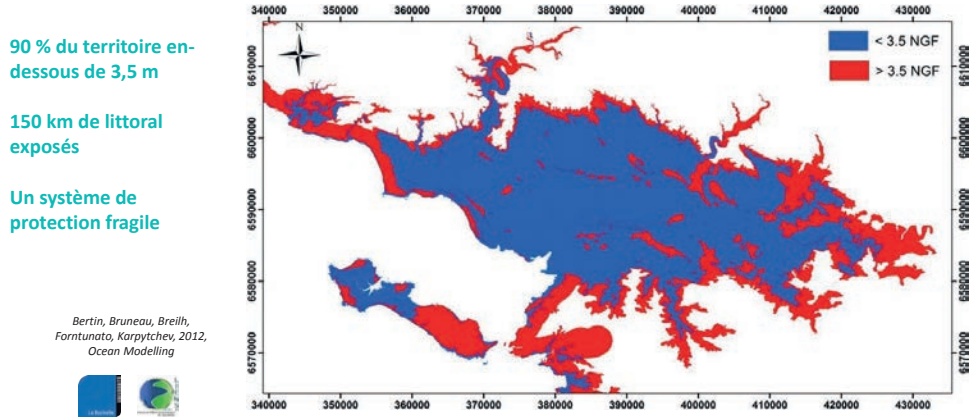
Tout ce qui est en bleu, c'est à moins de 3,50 m. À 70 kilomètres du littoral, quand on se rapproche dans les Deux-Sèvres des communes de Coulon et de Magné, juste aux portes de Niort, on est à 3,50 m : vous voyez que le territoire relativement vaste est complètement en équilibre avec le niveau de l'océan.

On a 150 kilomètres de littoral et de marais à l'intérieur, sur lesquels on a aménagé près de 1 000 kilomètres de digues, ce qui signifie que c'est un réseau important qui nécessite des moyens, des contraintes techniques. Il faut aussi l'intégrer dans la stratégie de protection. Tout ça est fragile parce que de toute façon, même si on ne tient pas compte de l'augmentation du niveau de la mer, c'est d'ores et déjà soumis à des effets météorologiques qui bouleversent et qui fragilisent notre système de protection.

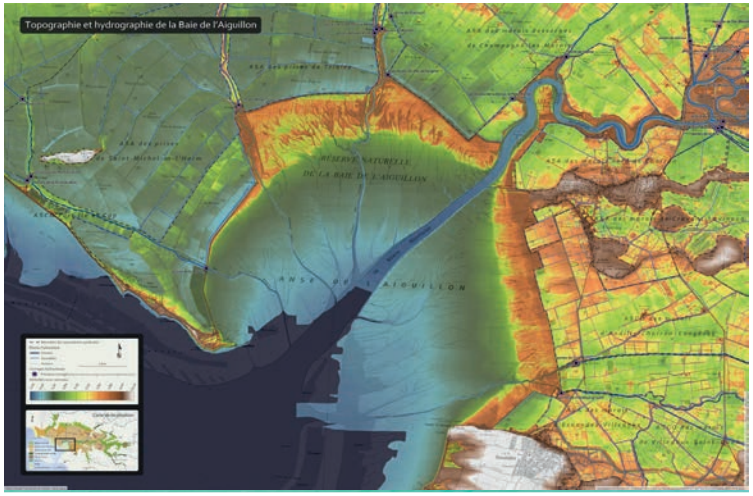
Le comblement de la Baie continue

La dynamique sédimentaire, donc la dynamique naturelle, continue. Je vous le disais : les sédiments s'accumulent alors à l'extérieur des digues, à l'extérieur des Marais poitevins dans la partie maritime. Et on le voit bien, parce que les parties orange sur cette carte sont aujourd'hui les plus hautes alors qu'elles sont du côté de l'océan.

Cette dynamique naturelle va étendre les prés salés progressivement vers la mer et participe à la protection du Marais poitevin



Diapo 22 > Une zone extrêment vulnérable



Diapo 23 > Le comblement de la baie continue

Budget sédimentaire

Un rappel des chiffres qui nous ont été présentés. La sédimentation traduit, sur les résultats des études qu'on avait faites avec Éric Chaumillon et l'Université de La Rochelle dans le cadre du programme LIFE, une augmentation de 1,4 -1,5 centimètre par an en moyenne.

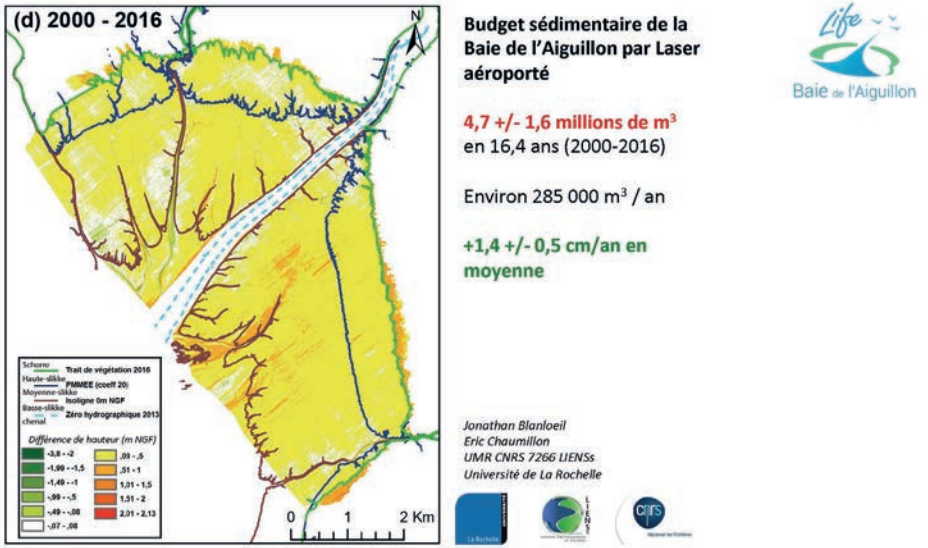
Éric Chaumillon nous a dit hier qu'il y a des endroits sur la partie sud où entre 2010 et 2013, on a pris 8 centimètres par an : ça peut être très rapide. En fait, cette période-là étant consécutive à Xynthia, on a vu un dégraissement qui est sans doute un phénomène de rattrapage. Donc, ça monte et puis ça gagne vers l'océan au fur à mesure. C'est jusqu'à 8 à 10 mètres par an de recul du trait de côte en direction de l'océan. Il faut aussi intégrer ce phénomène dans les modèles et dans les protections qui vont être mises en place.

Un territoire protégé par les digues

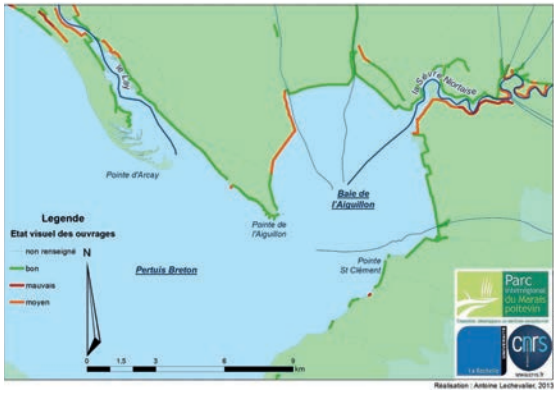
On est protégé par des digues, c'est la situation actuelle. Et à l'arrière on a des terres agricoles et parfois des maisons d'habitation. Fabrice Enon va revenir sur les effets de Xynthia, je ne vais donc pas m'étendre. Mais on a eu des parties vraiment à risque. On ne les a plus parce que les maisons ont été démolies, mais il faut intégrer cette logique d'un linéaire très long de digues à entretenir.

Tempêtes et submersions

On est confronté à des tempêtes et des submersions depuis toujours : ce n'est pas nouveau, et finalement, les acteurs de ce territoire sont dans ce contexte depuis longtemps. Culturellement, ils ont aussi intégré le risque, pour ne pas dire qu'ils prennent le risque, des aménagements et des endiguements. La photo en bas à droite correspond à La Faute-sur-Mer le lendemain de la tempête Xynthia.



Diapo 24 > Budget sédimentaire



Diapo 25 > Un territoire protégé par les digues

Diapo 26 > Tempêtes et submersions

Le changement climatique

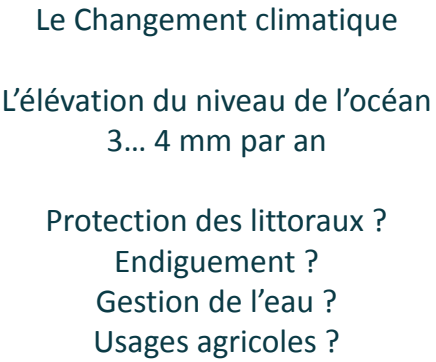
En plus de tout ça, aujourd'hui, on a le changement climatique avec cette élévation du niveau de l'océan. On nous le redit depuis hier matin, c'est clair, net et indiscutable, désormais la dynamique actuelle est de 3 à 4 millimètres par an et on s'attend à une accélération d'ici la fin du siècle.

On a un littoral qui est protégé. C'est une situation, on ne peut pas se contenter de dire : « on abandonne complètement les protections qui sont en place ». Tout ça se raisonne de manière plus complexe et se traduit par un endiguement long.

Par contre, comment va t'on faire évoluer cet endiguement en tenant compte des effets du réchauffement climatique ? Peut-être qu'en effet on va changer les choses, ou en tout cas, changer un peu les stratégies.

Il y a aussi un autre souci qu'il faut prendre en compte avec l'élévation du niveau de la mer : c'est la gestion de l'eau du marais lui-même. Vous avez compris qu'on avait fait des endiguements et j'ai évoqué un peu trop rapidement tout à l'heure qu'on évacuait l'eau à la mer à marée basse. Si la mer monte, la marée basse sera peut-être moins basse. La fenêtre d'évacuation de l'eau va probablement se restreindre. On dit que ça a monté d'à peu près 20 à 25 centimètres depuis une centaine d'années : cela signifie que la fenêtre d'évacuation est probablement déjà restreinte et pourrait s'accélérer.

Et puis, il y a des usages agricoles. Il y a une occupation du sol et de l'urbanisme qui s'est développée. Il est important de tenir compte de la réalité de notre territoire aujourd'hui. Voilà, en quelques mots, rapidement, une introduction, des informations qui vont permettre à Fabrice Enon d'expliquer où on en est et ce qu'on a fait depuis Xynthia.



Diapo 27 > Le changement climatique

3.14 | Les enseignements de Xynthia. Vers une stratégie territoriale tenant compte du changement climatique

Fabrice Enon

Directeur du Syndicat mixte Vendée Sèvre Autizes

Bonjour, Fabrice Énon. Je représente une collectivité qui a la compétence GEMAPI. Je vais vous faire une présentation en trois parties. Je vais d'abord vous présenter la gouvernance de la gestion des crues et des inondations, parce qu'on parle de beaucoup de choses, mais la gestion de l'eau s'organise et s'anticipe, et il faut des maîtres d'ouvrage. Le deuxième point sera les conséquences de Xynthia, qui représente ce qu'on peut s'attendre sur les changements climatiques. Et troisième point, je vais vous expliquer comment on est en train d'anticiper. On n'anticipe pas sur des périodes longues, à l'échelle de 2100-2200. Aujourd'hui, on anticipe sur une période de 50 ans, et déjà il y a fort à faire.

I. PRESENTATION DU SYNDICAT MIXTE VSA

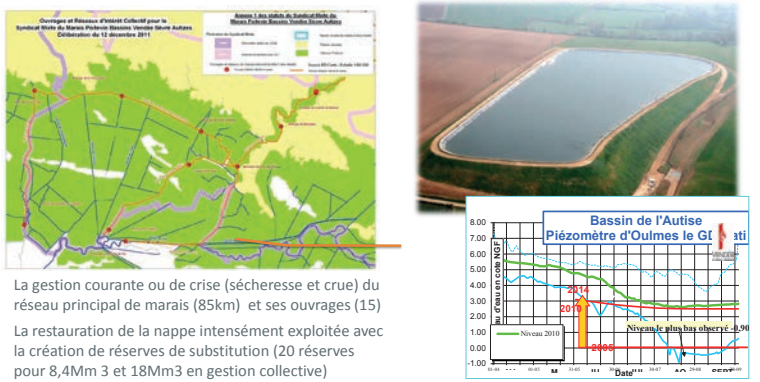
La présentation du syndicat mixte. Nous sommes une structure de bassins versants : on porte sur un des quatre grands bassins versants du Marais poitevin. On porte la compétence GEMAPI, gestion de l'eau des milieux aquatiques et la prévention des inondations. Et en tant que telle, on intervient sur l'eau de l'amont jusqu'à l'aval, donc des sources jusqu'à la mer, et on intervient de manière aussi transversale, sur tous les milieux constitutifs : donc le Marais, les cours d'eau amont, la plaine et sa nappe connexe intermédiaire, ainsi que le domaine maritime.

Les actions que nous portons dans le cadre de la directive-cadre sur l'eau qui vise le bon état écologique, c'est toutes celles qu'on va avoir sur l'entretien des zones humides du Marais poitevin lui-même, de son bassin versant et des cours d'eau, de la nappe, puisqu'on ne peut pas dissocier la nappe de la gestion du Marais.

Enfin, il va y avoir toute la gestion du marais lui-même, puisque l'eau, avant de traverser le Marais, emprunte différents émissaires. Nous sommes propriétaires et gestionnaires de 85 kilomètres de réseau. On gère déjà les crues fluviales, et bien sûr les périodes estivales.

Diapo 03 > Le Syndicat Mixte VSA

Diapo 04 > Les actions portées par le SMVSA



- La gestion courante ou de crise (sécheresse et crue) du réseau principal de marais (85km) et ses ouvrages (15)
- La restauration de la nappe intensément exploitée avec la création de réserves de substitution (20 réserves pour 8,4Mm 3 et 18Mm3 en gestion collective)

Diapo 04 > Les actions portées par le SMVSA

La compétence prévention maritime n'est arrivée qu'avec la tempête Xynthia. Au moment de Xynthia, nous n'étions pas compétents. La maîtrise d'ouvrage était dispersée entre des propriétés privées et des associations syndicales ; les élus ont décidé de prendre cette compétence à brûle-pourpoint et de manière assez brutale. C'est un point important, puisque ça a permis de structurer une maîtrise d'ouvrage qui était complètement dispersée jusqu'à aujourd'hui.

Et comme on va le voir, le fait que ce soit une collectivité à une bonne échelle, c'est quand même un élément important, puisque la gestion des crues, ce n'est pas que les endiguements. C'est tout ce qui est connexe et la gestion des milieux aquatiques qui va avec. Et c'est surtout être capable de gérer la crise et la décrue, avec des moyens humains qui sont assez considérables : parce qu'il faut considérer les moyens humains dimensionnés par rapport à une gestion de crise, et pas par rapport à une gestion courante.

Quand on fait plein de choses, au moment où arrive une crue, on est capable de mobiliser 10 personnes, alors que si on était spécialisé crues inondations on n'en mobiliserait qu'une. Ça, c'est un point important.

Depuis le début du colloque, on n'a ni évoqué la gouvernance, l'organisation, ou les moyens financiers. Et on voit bien qu'avec Xynthia, si on a réussi à gérer la crise, c'est parce que justement on était une structure qui avait des moyens.

La Prévention des Crues et Inondations

- Depuis Xynthia (28-02-2010) le SMVSA est devenu propriétaire et gestionnaire des digues maritimes

- Préalablement elle était dispersée entre de nombreux acteurs privés ou publics
- Le SMVSA a pris la compétence au moment de Xynthia

Comme on le verra dans la suite du diaporama, l'adaptation au changement climatique ne consistera pas simplement à intervenir sur des systèmes de protection, mais à disposer :

- des compétences transversales car la gestion des crues et inondations passe aussi par la compétence zone humide et gestion des milieux aquatiques (Cours d'eau)

- des moyens humains, matériels et de la connaissance fine du territoire et de ses acteurs pour gérer la crise et le retour à la normale sur un territoire résilient.

L'organisation de la gouvernance à une échelle adaptée est l'étape préalable à toute action.

Les moyens humains et matériels ont été des éléments importants de la capacité du SMVSA à faire face à Xynthia.

Diapo 06 > La prévention des crues et inondations

II. LE RETOUR D'EXPÉRIENCE DE XYNTHIA

Le retour d'expérience de Xynthia, malheureusement c'est un traumatisme, avec 41 morts, 15 000 hectares inondés, de l'eau qui est rentrée sur 7 kilomètres. Des dommages à 141 millions d'euros, 316 millions si on compte toutes les mesures d'accompagnement qui s'ensuivirent derrière.

Et les facteurs aggravants - ce n'est pas moi qui le dis, ce sont des sources de la Cour des comptes et des missions sénatoriales et ça a été spécifié tout à l'heure - c'est qu'il n'y a pas eu d'alerte et que les modèles n'étaient pas assez précis. Aussi, il n'y pas eu d'alerte submersion marine parce qu'on n'avait aucune connaissance de l'état des digues et des niveaux de protection possibles, et encore moins de leur linéaire, ni même de leurs gestionnaires. Absence de mémoire de risque. Et donc, nous avions une maîtrise d'ouvrage trop dispersée, trop fractionnée.

- 41 décès dont 33 sur la Baie de l'Aiguillon
- 15 000 ha d'inondés
- Des entrées d'eau sur 7km voire plus
- 141 M€ de dommages, 316 si on rajoute la déconstruction des habitations en zone noire

Sans entrer dans le débat du bâti,
les facteurs aggravants de ce bilan :

- Pas d'alerte submersion marine
- Pas de connaissance du niveau de protection
- Une mauvaise connaissance de l'état des ouvrages
- Absence de mémoire du risque
- Des maîtrises d'ouvrages dispersées et fractionnées

Diapo 08 > Le bilan dramatique de Xynthia (Source Cours de Comptes)

La première des choses qui est apparue le jour même de Xynthia, c'était que l'ensemble des accès aux ouvrages étaient soit obturés par des flottants, soit inondés. On avait carrément des bateaux ou des digues comme ici : là c'est une digue-route qui était avec un trou, et on ne pouvait pas passer.

La difficulté fut déjà d'avoir les moyens matériels et humains pour pouvoir se déplacer là où il faut et être capable de faire un diagnostic : un diagnostic immédiat pour gérer la décrue. C'est-à-dire de se poser la question : où intervenir pour enlever l'eau de ce marais ? Où sont les brèches existantes qui font rentrer l'eau, encore une fois, à marée haute ? Et pour rappel, sur les 13 kilomètres de digues qui étaient en place, dix ont été ruinés ou en état très endommagé. Ce qu'on a noté aussitôt, le jour de la tempête, c'est qu'entre les différents aléas qu'on peut avoir, ce qui a été maximisant, c'était l'étendue des ruines.

Si on avait eu que des surverses, on aurait eu un volume d'eau qui serait passé par-dessus : il aurait été important, mais il aurait été gérable. À partir du moment où vous avez des digues qui ruinent, au lieu d'avoir une surverse de 40 ou 50 centimètres d'eau, vous avez de l'eau qui rentre sur une hauteur de trois à quatre mètres de haut. Et au lieu de durer une ou deux heures, cela dure quatre voire cinq heures, le temps de la durée de la marée. Et ça aussi reviendra les journées suivantes, parce que l'eau rentre une fois, et si vous n'avez plus de protection, l'eau rentre toujours lors des grandes marées qui suivent.

On a observé et pris des photos de tout ce qu'il y avait. Ce qui nous a surpris, c'est que les digues n'avaient pas été détruites par la houle, parce qu'on avait des mizottes - des prés salés - qui nous protégeaient et qui cassaient la houle devant. Les digues n'avaient pas été cassées par la charge en eau, car c'était exclusivement la surverse. Le principe d'une surverse, c'est qu'on a de l'eau qui vient tomber en pied de digue et donc une érosion régressive : c'est-à-dire que ça affouille jusqu'à la rupture de la digue.

Je vous présente ici (diapo 11) une photo qui a été prise le lendemain : on voit que les volumes entrants le lendemain d'une tempête sont également non négligeables. On voit que ce n'est pas le côté mer de la digue qui est attaqué, mais tout le revers, donc le côté terre : et là on voit que parfois les dommages sont non traversants, et que parfois on a de grosses brèches.

Diapo 09 > Gestion de crise et diagnostic des dommages aux ouvrages

Diapo 10 > Diagnostic

Diapo 11 > Observation

On a essayé d'analyser pourquoi ces digues n'avaient pas tenu.

La première des causes, c'est le couvert végétal, qui est soit inadapté, ici quand c'est boisé, soit non entretenue, comme ici ou ici : ce sont les graminées qui protègent les digues et leur système racinaire. Et on avait beaucoup de digues qui étaient dépourvues de graminées : c'étaient surtout des chardons, des betteraves. D'un point de vue biologique, c'est intéressant, mais d'un point de vue protection des habitats, ça l'est un peu moins.

On avait aussi des digues qui n'étaient pas situées tout à fait là où il fallait. Ici diapo 12, on a une digue qui est le long d'un fossé. Quand vous avez la mer qui pousse d'un côté et que vous avez une dépression au pied de la digue, que fait la digue ? La digue tombe dans le fossé et on perd la protection.

On parle souvent des digues. Malheureusement, on ne parle pas assez souvent des ouvrages : nos ouvrages sont des points bas, souvent dans les systèmes d'endiguements. L'eau passe par-dessus ce qui produit un affouillement de deux ou trois mètres de profondeur. Et on a eu des risques de basculement des ouvrages. Si ces ouvrages avaient rompu au moment de Xynthia, on aurait été incapable de gérer la crue, puisqu'on ne pouvait pas évacuer l'eau. Et en plus, on ne pouvait pas évacuer l'eau qui provenait du bassin versant, puisque ces ouvrages sont à multiples usages.

Même phénomène quand on a ré-évacué à la mer : la charge en eau était telle qu'on a fait des affouillements de deux ou trois mètres de profondeur et qu'il a fallu colmater dans la foulée.

Donc il faut que nos ouvrages soient adaptés à la surverse et adaptés à des évacuations exceptionnelles d'eau.

Les ruptures ont été d'autant plus marquées que l'entretien, la cote ou les caractéristiques des digues étaient non conformes

Couvert végétal non adapté ou non entretenu

Loop de glissement

Digue boisée

Matériaux non inadaptés ou mal mis en œuvre

Diapo 12 > Les ruptures

Les ouvrages ont également fortement souffert d'une part des surverses et d'autre part de la charge d'eau évacuée aussitôt après la tempête
Des débuts de basculement ont été observés en raison des phénomènes de sape.

Si les ouvrages avaient cédé, la gestion de la décrue aurait été difficile, et la situation aurait été aggravée par l'impossibilité de gérer les eaux du bassin versant

Diapo 13 > Les ouvrages

Dès Xynthia, on s'est posé la question de l'adaptation du changement climatique, parce qu'on s'est demandé ce qui n'avait pas fonctionné. La première question qu'on s'est posée a été : qu'est-ce qui se passerait si on avait un cumul d'une tempête type 99, donc des vents à 180 kilomètres/heure et Xynthia ?

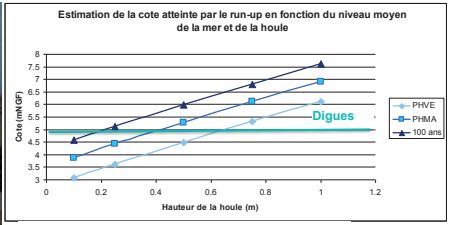
Et on a montré des modèles avant la reconstruction des digues. Donc voici un modèle qu'on a mandaté le 7 mars, alors que la tempête était le 28 février. On s'est rendu compte qu'on aurait des phénomènes jusqu'à six mètres de hauteur. C'est ce qu'a montré le modèle SURVEY tout à l'heure. Et avec l'effet de la houle, on pourrait avoir des paquets de mer jusqu'à sept mètres.

Il faudrait donc, si on veut se protéger définitivement de la mer, remonter toutes nos digues de deux mètres, ce qui est économiquement et géologiquement pas possible à cause du substrat. On a tout de suite adopté une position d'acceptation de la surverse. Cela a été compliqué socialement. On parlait de l'acceptation sociale tout à l'heure. Mais globalement, quand on est le lendemain d'une tempête, les gens comprennent mieux et acceptent plus facilement.

On s'est tout de suite positionné sur une conception de digues qui acceptent la surverse, c'est à dire des digues plus larges en crête, avec une pente adoucie - parce que plus la pente est raide, plus la vitesse s'accélère et plus il y a d'affouillement - et une largeur assez conséquente. Et on a fait un méplat au milieu, pour casser la vitesse.

Il y a un triple objectif à ce méplat. Il permet de faire une voie de circulation le lendemain de l'évènement. Il nous permet de parcourir nos digues, même si la crête est partie. Et même si la crête est partie, la marée qui suit ne rentrera pas, puisqu'on est sur une hauteur de 3,50 mètres.

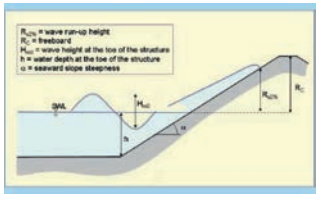
D'un point de vue géotechnique, on a également vérifié si les sols, qui sont locaux, sont adaptés à la construction des digues. La réponse est globalement oui, à condition que les moyens nécessaires soient mis en oeuvre, ce qui n'avait pas été le cas de manière précédente, et que l'encensement et les plans de gestion des digues soient adaptés, puisque la pérennité des digues est autant liée à leur configuration qu'à leur entretien.

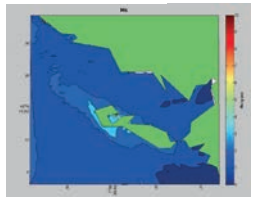


Modélisation Xynthia + tempête de 1999

Après une phase de travaux provisoires de mise en sécurité, le SMVSA a engagé des études de modélisation pour repenser son système de défense et ne pas reproduire les mêmes erreurs.

Pour s'affranchir totalement des risques de surverses, les modèles ont montré qu'il faudrait rehausser les digues de 2m en raison de la houle et de l'effet de Baie, ce qui est techniquement et économiquement non envisageable





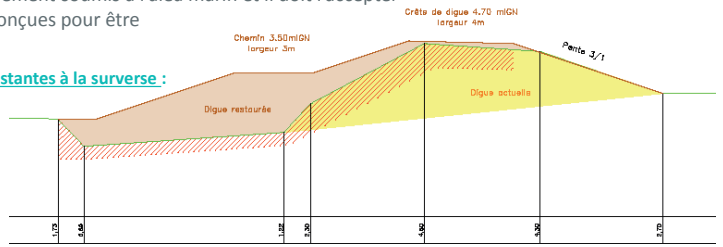
Diapo 14 > Phase de travaux d'urgence et restauration des ouvrages

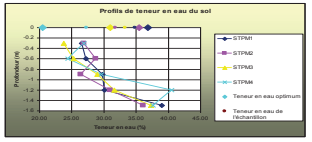
Il ressort de cette étude que :

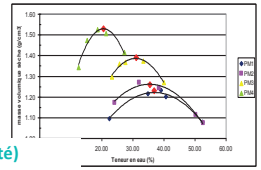
- Le territoire est nécessairement soumis à l'aléa marin et il doit l'accepter
- Les digues doivent être conçues pour être submersibles (faiblement)

Conception de digues plus résistantes à la surverse :

- **Crête de digue élargie**
- **Pente des parements plus faible pour limiter l'accélération de la surverse et compatible avec un entretien régulier**
- **Pas de fossé de pied de digue**
- **Création d'un chemin de ronde pour casser les vitesses de surverses et maintenir les accès**







- **Digues compactées à l'optimum des matériaux (contrôle du taux d'humidité)**
- **Des digues ensemencées en graminées avec des plans de gestion**

Diapo 15 > Étude

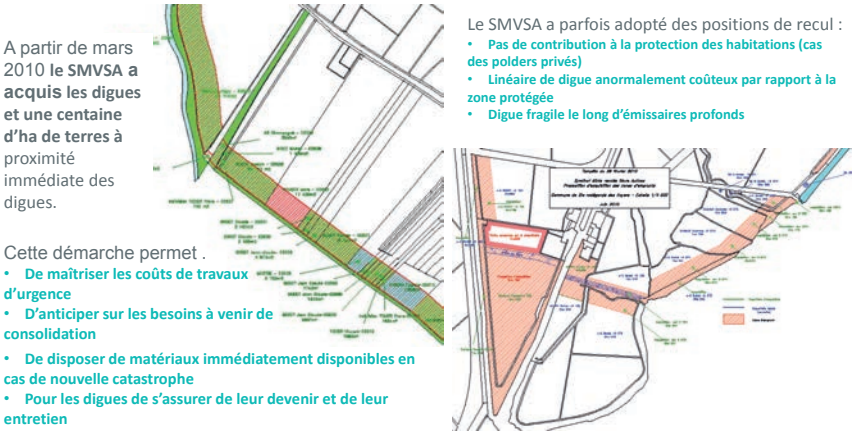
On a eu des positions de retrait par endroits, parce qu'économiquement et stratégiquement, il n'était pas pertinent de conserver six-sept hectares de terres quand il fallait faire un kilomètre de digues.

Et le grand enjeu de la gestion est également les zones d'emprise. On a acheté les digues pour s'assurer de leur entretien. Et on a acheté une bande de 100 mètres derrière les digues pour pouvoir avoir les matériaux pour reconstruire en urgence, pour pouvoir faire face aux rehausses nécessaires ultérieurement, mais surtout pour pouvoir gérer une crise. Au moment de la crise, les matériaux des digues sont partis. Si on n'a pas les matériaux sur place, on n'est incapable de réagir rapidement. Il faut donc éviter de les transporter sur des routes qui sont défoncées ou inondées.

On se rend compte, en bilan, qu'on est à 3,8 millions d'euros de travaux dont l'essentiel sont les acquisitions et les réparations de digues. Si déjà on avait été dans une situation avec des digues conformes, on aurait réduit par quatre le coût des dommages directs. On aurait eu également beaucoup moins d'inondations à l'intérieur des terres, sans rupture de digues . Les coûts globaux des dommages auraient été largement diminués.

La gestion des digues doit donc anticiper sur tous ces phénomènes.

Et dès la sortie de la tempête Xynthia, sans le faire exprès mais par pragmatisme, on a anticipé sur le changement climatique : en acceptant la surverse - c'est le point le plus important - , en développant le principe d'une gestion unique des digues, en priorisant des protections entre espaces habités et espaces agricoles, en maîtrisant le foncier, et surtout, en ayant les moyens humains pour gérer la crise. Tout cela fait partie de l'anticipation.



Diapo 16 > Actions

Diapo 17 > Bilans et conclusion post-Xynthia (1)

Diapo 18 > Bilans et conclusions post-Xynthia (2)

Petit aparté sur le foncier, pour montrer que la protection par des digues et l'environnement n'est pas incompatible sur un territoire.

On a acheté une centaine d'hectares, ici en bleu et en jaune, qui sont en gestion conservatoire. C'est un partenariat avec l'ONCFS qui est gestionnaire de la réserve naturelle de la baie de l'Aiguillon. Et on voit que nos acquisitions foncières s'imbriquent parfaitement avec celles du Conservatoire du littoral, ou celles du Conservatoire régional des espaces naturels, le CREN ; et que tous ces espaces qui sont achetés, soit par le Conservatoire du littoral, soit en vue de la protection des habitats, vont servir de corridors écologiques, pour faire une transition entre la partie maritime et la partie terrestre, plus à l'intérieur des terres, et qui est plutôt occupée par du prairial.

Les zones d'emprunts du SMVSA sont en gestion conservatoire et imbriquées avec la maîtrise foncière du Conservatoire du Littoral. L'ensemble constitue de véritables corridors écologiques entre la baie de l'Aiguillon et les zones prairiales plus en retrait.

La protection des biens et des personnes est donc tout à fait compatible avec celle des habitats naturels.

Diapo 19 > Fonciers

III. LES PAPI DE LA BAIE DE L'AIGUILLON PROGRAMME D'ACTIONS ET DE PREVENTION DES INONDATIONS

Les programmes d'action et de prévention des inondations se font sur une vision à 50 ans : ce sont des outils de l'État, qui essaie de voir comment il faudrait se protéger dans une situation Xynthia plus 20 centimètres, soit en tenant compte d'une rehausse maritime de 20 centimètres.

La baie de l'Aiguillon est ici sur la carte. On n'est pas parti sur un PAPI commun à l'ensemble du Marais poitevin. On est plutôt parti sur trois PAPI : un par bassin versant, parce qu'on est soumis à un triple aléa. Néanmoins, on a fait une étude commune sur ce territoire et on avait une coordination, par le préfet de Charente-Maritime, des trois PAPI. On a donc défini une stratégie commune à l'échelle de l'ensemble des territoires et des stratégies locales qui tenaient compte des spécificités de chacun.

Etude de 3 PAPI coordonnés à l'échelle de la Baie

Une fois la phase de restauration effectuée, les maîtres d'ouvrages du pourtour de la Baie de l'Aiguillon on initié en commun des études de PAPI (Programme d'action et de Prévention des inondations).

Chaque territoire étant soumis au double aléa fluvial et maritime, le portage d'un PAPI par bassin versant a été privilégié, tout en s'inscrivant dans **une stratégie commune à l'échelle de la Baie** au travers d'une étude globale.

- **Néanmoins, les territoires des 3 bassins étant différents, les stratégies locales peuvent être différenciées .**

Diapo 21 > Étude de 3 PAPI coordonnés à l'échelle de la Baie

Dans le cadre d'un Xynthia + 20, si on avait rehaussé toutes les digues, le premier modèle a montré qu'on serait monté pratiquement jusqu'à 6 mètres ici contre 4,60 mètres observés à Xynthia. On serait monté à 6 mètres, et on mettait en danger en contrebas une agglomération, qui est Charron. Et en plus, on déplaçait des problématiques vers Marans.

La stratégie commune qui a été définie, c'est de dire qu'il n'est pas raisonnable de rehausser de manière drastique nos digues, parce que ça ne ferait que déplacer les problèmes chez nos voisins. Il faut accepter les inondations et il faut éviter que ça ruine. Il y a une corrélation entre accepter les inondations et éviter que ça ruine, ce qui correspond à un événement cinquantennal.

Il faut que nos digues soient protégées pour un événement cinquantennal de type Xynthia + 20, de manière à n'avoir jamais plus de 40-50 centimètres de surverse, parce que sinon on irait vers de la ruine. Pour 40-50 centimètres, on a quelques brèches. Ce sont des volumes modérés : on arrive à gérer.

Après, pour le territoire également, pas d'habitations menacées. C'est-à-dire qu'à aucun moment une habitation ne doit avoir plus d'un mètre d'eau. Ce sont des objectifs qui ne se traitent pas seulement par les digues premières, d'où la mise en place de stratégies locales développées sur chaque territoire, notamment des stratégies d'alerte et de secours. Par exemple, le pont qui fait le lien entre la Charente-Maritime et la Vendée est une voie d'accès des secours et d'évacuation : elle doit être protégée absolument.

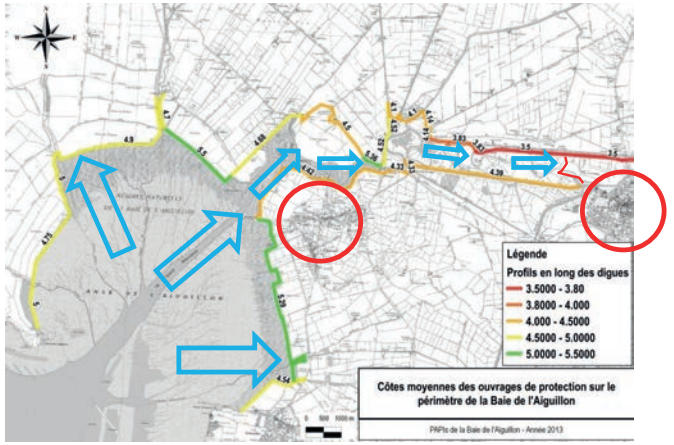
Je vous ai mis la carte de la situation de 2010, au moment de Xynthia. Si on avait eu Xynthia + 20, avec les digues telles qu'elles étaient à l'époque, on aurait eu cet ensemble-là d'inondé. La mer serait venue lécher les zones agglomérées. Surtout qu'entre la digue et les zones agglomérées, il y a à peu près 500 habitations.

En rose, ce sont les zones d'inondation fluviale. On est vraiment sur le double aléa.

Il n'y a pas eu de prise de position de repli, on n'a donc pas choisi de dépoldérisation pour plusieurs raisons. Si on dépoldérise, on est quand même obligé de faire une digue derrière parce que le niveau en dessous reste très bas. Plus on s'éloigne de la baie, plus on a des linéaires de digues qui sont importants : ça coûterait très cher, parce qu'il faut exproprier les habitations qui y sont installées. On rapprocherait les zones de déversement. Et surtout, on a la chance d'avoir des présalés devant qui progressent, qui s'engraissent et qui font une protection naturelle actuellement. La position de recul n'était pas forcément la meilleure.

Les études des 3 PAPI, dans un modèle commun intégraient le changement climatique en visant une situation Xynthia +20cm.
Elles ont bénéficié d'un accompagnement du Ministère de l'Environnement (Inspecteurs Généraux de l'Environnement) :

Les premières modélisations ont démontré que les rehausses excessives conduisaient, dans la Baie de l'Aiguillon à des relèvements du niveau marin et au déplacement des risques vers des zones plus sensibles.



Diapo 22 > La stratégie commune

Afin de limiter les effets éventuels d'aggravation du risque, les principes généraux de la stratégie commune sont :

- Ne pas rehausser sensiblement les digues mais accepter les surverses pour des événements cinquantennaux.
- Eviter les ruines de digues pour un événement rare
- Cibler les déversements vers les secteurs agricoles si possible non habitées
- Pas d'habitation mise dans des situations de forte vulnérabilité (+1m d'eau).

Pour le territoire SMVSA a également rajouté des paramètres liés à la gestion de crise, tels que :

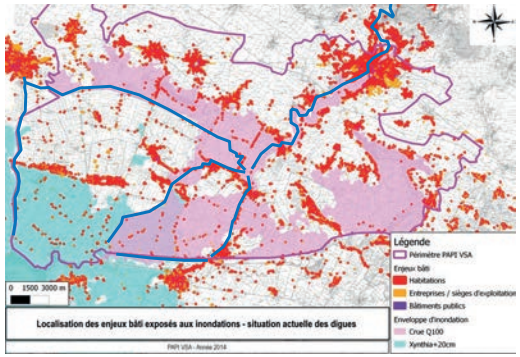
- Les protections rapprochées d'habitations sensibles non protégeables
- Les enjeux particuliers pour les secours (axes structurants RD 10 /Pont du Brault) ou l'alimentation en eau potable…
- Savoir confiner les volumes de débordements dans les espaces agricoles

Diapo 23 > La stratégie commune

Dans la situation 2010, un événement type **Xynthia +20cm** aurait provoqué des intrusions d'eau salée jusqu'à 7km à l'intérieur des terres.

La caractéristique du territoire est de présenter :
- Des zones agglomérées en retrait de la cote,
- Un habitat dispersé dense (environ 500 habitations)

Les marais étant profonds, la stratégie de *dépoldérisation « sensu stricto »* n'était pas la solution, car :



- **Plus on recule, plus les linéaires de digues sont importants et onéreux**
- **Le retrait de digues rapprocherait la zone de déversement des bourgs et on impacte un habitat dispersé dense**
- **On dispose de défenses naturelles au travers des prés salés qui s'accroissent avec le temps**
- **Coûts disproportionnés de la dépoldérisation**

Diapo 24 > Les particularités du Bassin de la Vendée

Par contre, on est allé plutôt sur une logique de zone tampon, un intermédiaire entre la dépoldérisation et le système d'endiguement.

On a voulu étudier, en s'appuyant sur les digues, comment faire pour que les déversements soient acceptés. Comme ils sont modérés, on peut les accepter en les fixant sur des zones dédiées. L'acceptation sociale et celle du monde agricole ont été possibles à condition que ces zones restent en culture. Cela concerne 800 hectares inondables, ce qui n'était pas négligeable.

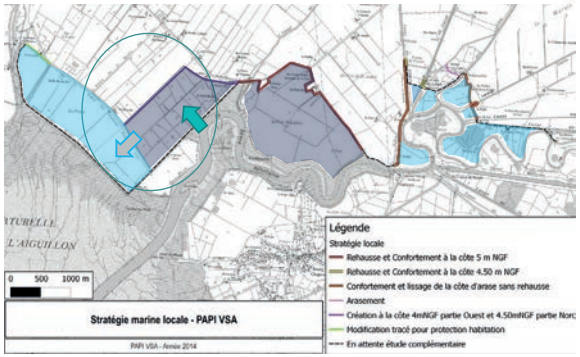
Voici le modèle de la situation de Xynthia + 20 (diapo 26), avec l'état des digues au moment de Xynthia. Et voilà ce que ça donnerait avec nos digues refaites en 2010, plus des digues secondes. On voit quand même qu'on fait réduire notablement la partie maritime.

On a fait une troisième modélisation, en ayant des digues sur lesquelles on a supprimé les points bas, donc on n'a plus de ruine. Les volumes sont complètement acceptés, confinés. Enfin, pour cette partie-là, pour la partie la plus orientale de notre territoire, par contre, les systèmes de zones tampon confinées ne marchaient pas. Il faut donc développer d'autres outils.

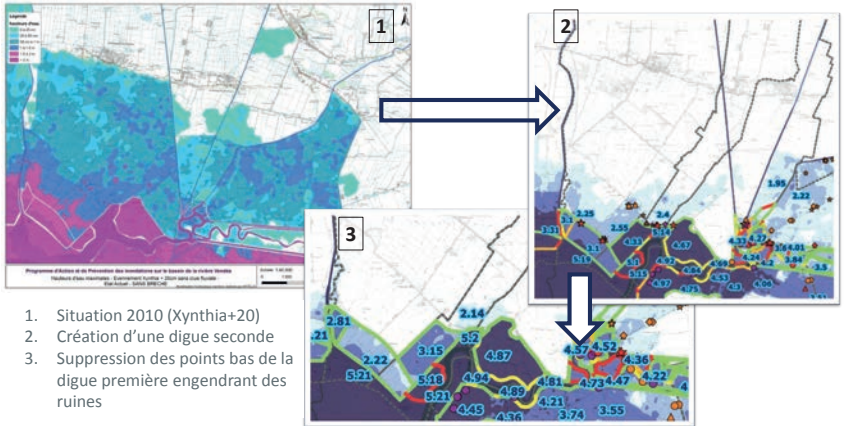
Les autres outils, c'est la stratégie de prévision. Je ne vais pas revenir sur SURVEY, mais le Syndicat mixte Vendée-Sèvre-Autizes, même s'il n'est pas en Charente-Maritime, a demandé à adhérer au système. Le modèle SURVEY nous permet d'anticiper sur l'enveloppe de crue. Une fois qu'on a l'enveloppe de crue, la connaissance des habitations et qu'on a fait des mesures de réduction de vulnérabilité de chaque habitation, on sait si l'habitant peut rester chez lui ou s'il faut l'évacuer.

S'appuyer sur une double rangée de digues et créer des zones tampons en
renforçant le réseau de digue seconde pour confiner les volumes de débordement dans les espaces agricoles

- Digues premières doivent accepter les surverses avec deux critères
  - **Protéger les terres agricoles pour un événement de 50 ans,**
  - **Être soumises à moins de 50cm de surverse pour un événement xynthia+20 afin d'éviter les ruines (des ruptures ponctuelles sont envisagées)**
- Digues secondes confinent les volumes de débordement dans des terres agricoles non habités ou en sécurité



Diapo 25 > La stratégie du SMVSA liée au système d'endiguement



1. Situation 2010 (Xynthia+20)
2. Création d'une digue seconde
3. Suppression des points bas de la digue première engendrant des ruines

Diapo 26 > La stratégie du SMVSA liée au système d'endiguement

Comme vu lors de Xynthia, un des maillons faibles est la prévision nécessaire à l'alerte.
En Baie les modélisations sont complexes, aussi, sur le Département de la Charente-Maritime, **l'UNIMA a établi un modèle de prévision** qui anticipe non seulement sur l'événement mais aussi sur ses conséquences.

Le SMVSA a demandé à adhérer à ce modèle.

Croisée avec l'amélioration de la connaissance des enjeux :
- **Topographie et hauteur d'eau prévisible pour un aléa,**
- **Disponibilité de pièces refuges**
- **Distance par rapport aux digues.**

Une prévision fine permet d'anticiper et alerter la population pour la mettre en sécurité en s'appuyant sur des **Plans Communaux de Sauvegarde** précis et à jour.

Diapo 27 > Stratégie liée à la prévision et à l'alerte

Ainsi, au moment de l'alerte, les maires, au travers des plans communaux de sauvegarde, auront des niveaux d'information suffisants pour gérer tout ça.

Il va falloir savoir gérer la crise. C'est-à-dire qu'il faut renforcer nos ponts pour qu'à tout moment l'ensemble des ouvrages soit accessible, notamment au moment des tempêtes. Il faut que nos ouvrages soient rehaussés.

C'est un ouvrage qui a été fait il y a deux ans : il a été rehaussé d'un mètre, pour que la surverse ne passe pas sur l'ouvrage, ce qui le réduirait, mais qu'elle passe sur la digue. Il faut que nos ouvrages, qui sont tous en télégestion électrifiée, puissent aussi marcher de manière passive. Parce que pour gérer la décrue, au moment d'une tempête comme Xynthia, vous n'avez ni téléphone et électricité. C'est le retour aux manivelles, avec les bons vieux systèmes de portes à flot qui, finalement, ont fait leurs preuves.

Sachant que le territoire est soumis à l'aléa, il y a lieu de faciliter les interventions d'urgences pour :

- Faciliter et prévoir la possibilité d'accès aux ouvrages par des engins lourds en tout temps
- Rehausser les ouvrages de gestion hydraulique pour éviter toute surverse dommageable
- Mettre en place des dispositifs d'évacuation des eaux qui peuvent fonctionner de manière passive sans télégestion ou sans électricité
- .....

Diapo 28 > Stratégie liée à la gestion de crise

CONCLUSION

Pour le Syndicat Mixte Vendée-Sèvre-Autizes, l'adaptation au changement climatique ce n'est pas une fiction, ce n'est pas une prospective, c'est déjà le quotidien.

Avec 100 000 hectares et une économie développée, surtout des habitats remarquables, il aurait été contre-productif de faire tout de suite de la dépoldérisation. On est sur une stratégie, c'est ce que je disais tout à l'heure, à 50 ans. Peut-être qu'en 2100 on aura une autre stratégie, mais au moins on est sur une position de compromis socialement accepté, ce qui nous permet d'avancer.

Je voudrais quand même insister sur le fait de la gouvernance. C'est-à-dire que si on veut arriver à ça, on a la recherche qui avance, on a des modèles qui avancent, il faut maintenant que la maîtrise d'ouvrage avance, et que les collectivités se structurent pour pouvoir anticiper.

Avec la loi GEMAPI, il y a effectivement une organisation qui se met en place. Alors une fois qu'elle sera posée, il faudra aller chercher les moyens financiers. Il y a une aquataxe qui existe, une taxe GEMAPI. Mais elle est très loin aujourd'hui d'être suffisante pour aller vers une prospective 2100, d'où les phases intermédiaires.

Depuis 2010, pour le Marais Poitevin, l'adaptation au changement climatique n'est pas une prospective mais bien une réalité relevant du quotidien.

Xynthia a rappelé que ce territoire était inondable. En fait il l'est depuis sa création, mais la mémoire du risque avait disparue depuis les derniers événements (1940).

Avec 100 000ha de marais, une économie développée et des habitats naturels remarquables, il n'est pas envisagé de position de repli qui serait brutale et non atteignable.

Néanmoins, un compromis basé sur la mobilisation des zones tampons, l'acceptation des surverses cinquantennales a été socialement accepté.

Il s'agit d'un projet réaliste à l'échelle du pas de temps qui nous préoccupe (50 ans voir plus), mais cette acceptation est basée sur la confiance qu'a le territoire dans la capacité du SMVSA à gérer la crise et le retour à la normal sur un territoire résilient.

- **L'échelle et l'organisation de la Gouvernance doit être adaptée aux contraintes et enjeux. La Mise en œuvre de la GEMAPI sera un élément facilitateur.**
- **Le dernier frein sera la mobilisation de moyens financiers qui sont encore insuffisants**

Diapo 29 > Conclusion

3.15 | Introduction de la table ronde > Médiation sur le klima (κλίμα)

Jean RICHER

Architecte
Atelier de recherche temporelle

Après deux jours de colloque, vous devez avoir la tête pleine de beaucoup de choses : je vais donc vous dire des choses extrêmement simples. Il n'y aura ni textes ni graphiques.

Cette présentation s'appelle Klima : une approche d'adaptation. Il n'y a pas de faute d'orthographe sur le terme de climat. Il s'agit là du terme grec, celui donné en -400 avant notre ère par un astronome du nom d'Eudoxe de Cnide, qui concerne une inclinaison.

J'entends par là que le terme de « climat » tel que nous l'utilisons aujourd'hui, à savoir les conditions atmosphériques, n'est qu'un terme très récent et que très longtemps « climat » a plutôt indiqué une zone géographique, ou plus exactement des parallèles de référence.

I. FAIRE DU LIEN

Nous revenons donc à la question locale et l'adaptation pose cette question-là, qui n'est pas une question globale, mais bien une question au cas par cas. C'est aussi pour ça que tout le débat qu'on peut avoir sur « digue » ou « pas digue », doit à chaque fois, avoir un questionnement purement local.

Je suis là pour vous présenter deux expériences de médiation. Vous avez compris qu'on va parler de culture. La première est en cours, et la deuxième vient de s'achever.

Concernant la première, elle est née, réellement, des ateliers dynamiques littorales tels qu'ils ont été proposés par le Ministère, et Frédéric Ruysschaert ce matin nous en a parlé.

Et je tiens à dire tout l'intérêt que j'ai eu à participer à ces ateliers, qui mélangeaient à la fois des chercheurs, des scientifiques, des élus, des techniciens issus des services de l'État et des collectivités, ainsi que des aménageurs, des faiseurs, des fabricants du territoire que sont les architectes ou les urbanistes, voire les paysagistes. Et que c'était, en tout cas, de mon expérience professionnelle, la première fois que l'on faisait travailler pendant huit mois des disciplines aussi séparées habituellement, pour un objectif commun. Et c'était un grand plaisir.

De ces ateliers dynamiques littorales, on a tiré quelques conclusions. Et, pour nous la nécessité, de faire du lien.

Diapo 03 > Les ateliers Dynamique(s) Littoral de la DEB

En fait, si on regarde bien les mécanismes à l'œuvre aujourd'hui : on a un monde scientifique qui produit de la connaissance, de manière formidable. Nous avons des gestionnaires, et l'un vient d'en parler juste avant moi, donc, qui sont dans l'action la plus immédiate.

Et puis le grand public, ou tout du moins tous les publics. Est-ce que les élus et les citoyens peuvent être séparés ? Je ne le pense pas, donc on va dire tous les publics.

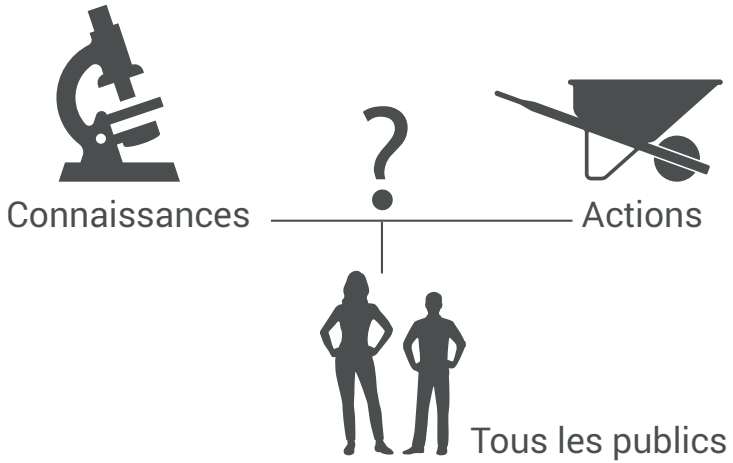
Et la question qu'on peut se poser, c'est de savoir s'il y a un lien qui est fait entre ces trois mondes : le monde scientifique, le monde de l'action, et tous les publics. À mon sens non. Et c'est justement ce qui est très dommage.

À mon sens non, hormis effectivement quelques expériences : le GIP aquitain nous en a présenté une ce matin, entre autres. Mais il y a une nécessaire traduction qui reste à faire. Traduction, parce qu'en fait on ne se comprend pas toujours entre disciplines. La définition d'une traduction c'est de faire passer d'une langue à l'autre, donc c'est de faire passer. Et c'est ce que nous, à titre associatif, nous avons décidé d'essayer de faire. Je tiens à dire, juste, en guise de « boutade », qu'une traduction libre - et c'est la définition du dictionnaire même - c'est une adaptation.

Donc en fait on s'engage à faire l'adaptation d'adaptations.

On a donc fondé une petite ONG qui s'appelle Klima - «**κλίμα**» - dont le travail consiste à essayer de faire émerger des nouvelles approches d'adaptation, en prenant les rivages comme laboratoires, parce que c'est là où les rythmes sont les plus clairs. Et nous pensons, c'est une conviction intime, que la question du temps et la question des rythmes sont essentielles dans les stratégies d'adaptation.

Et puis, comme je vous le disais, il est très important de faire du lien entre les choses. Il se peut que sur un territoire il y ait parfois des études, des actions très proches qui ne se parlent pas ; comme il se peut qu'à deux extrémités du monde il y ait des expériences très proches qui se fassent et dont on n'a pas connaissance mutuellement. Ce que nous désirons faire, c'est une mise en résonance. Et, par le terme de mise en résonance, j'en appelle à la résonance telle que la définit le sociologue Hartmut Rosa. Son dernier livre vient de sortir. Si vous ne l'avez pas lu, courez l'acheter juste après ce colloque.



Diapo 04 > Liens

Manisfeste

1. **Faire émerger de nouvelles approches d'adaptation**
2. **Les rivages comme laboratoires d'adaptation**
3. **Développer une pensée du lien et de la résonance**

Communauté et Collaborations Climatiques
Converging Coastlines Cartography
Carnets de la Création Climatique
Chercher, Concevoir, Contribuer

Diapo 05 > Manifeste

Quelques actions qui sont liées, donc, à cette ONG Klima.

Un premier chantier qui s'appelle Converting coastline cartography, consiste à mettre en relation cartographiquement des expériences d'adaptation au changement climatique, donc des expériences heureuses.

J'ai oublié de vous dire : l'essentiel c'est que nous ne croyons pas, en fait, à une vision catastrophique ou terrible de l'avenir. Nous avons toujours la possibilité de choisir notre futur. C'est justement l'ambition de cette période et c'est pour ça qu'elle est fascinante, c'est que nous avons la possibilité de nous adapter favorablement à l'avenir.

Ce que nous voulons faire avec cette carte, c'est mettre en relation des expériences qui auront été éditorialisées, c'est-à-dire qu'on les aura analysées. Et on ne mettra sur cette carte que celles qui sont les plus vertueuses. Elle est déjà en ligne d'ailleurs.

J'ai aussi oublié de vous dire qu'elle a le soutien du Ministère de la Transition écologique et solidaire, que nous remercions vivement. Et elle est amenée à évoluer, à se développer durant l'année 2019.

Parce que ça ne suffit pas toujours, nous avons décidé d'approfondir avec les auteurs, qu'ils soient scientifiques ou praticiens, les projets d'adaptation. Et nous avons donc, en parallèle créé des carnets, qui sont associés à cette carte et qui s'appellent les carnets de Klima.

Le premier est sorti hier. Il s'appelle « Nouveaux pertuis ». À nouveau, une question sémantique. Un pertuis c'est une ouverture, un passage. Et suite à la tempête Xynthia, nous nous sommes interrogés pour savoir qui, en Charente-Maritime, avait décidé de faire autrement que de s'adonner à la défense totale.

À nouveau, dans mon esprit, l'idée n'est pas du tout de dénir la défense, c'est juste de trouver à chaque fois la meilleure solution d'adaptation. Premier carnet, donc, avec un certain nombre d'acteurs. Vous irez sur le site Klima.ong et vous pourrez le lire. En tout cas il y a un article fait par Patrick Bazin dont vous avez entendu le projet Adapto tout à l'heure.

Diapo 06 > Converting Coastlines cartography

Diapo 07 > Carnets de klima

Nouveaux pertuis
Automne 2018

Adapto, des démarches de gestion souple du trait de côte
Patrick Bazin, Conservatoire du littoral

Littoral +2°C Réaménagement du secteur du Vieux Port de La Rochelle dans le cadre du PAPI
Barthélémy Schlumberger, agence Landescape

Retour sur un futur. Imaginer l'île d'Oléron en 2070
Hortense Goupil, Oscar Schlumberger & Emilien Josseau, architectes

Dolus d'Oléron, devenir un laboratoire du littoral évolutif
Entretien entre Grégory Gendre et Jean Richer

LittoSIM, une modélisation participative pour une gouvernance environnementale*
Nicolas Becu, laboratoire LIENSS de l'université de La Rochelle et Marianne Rulier, Pays de Marennes Oléron

L'île mystérieuse
Marie Bouthier & Anouck Lemarquis, Demi-tour de France

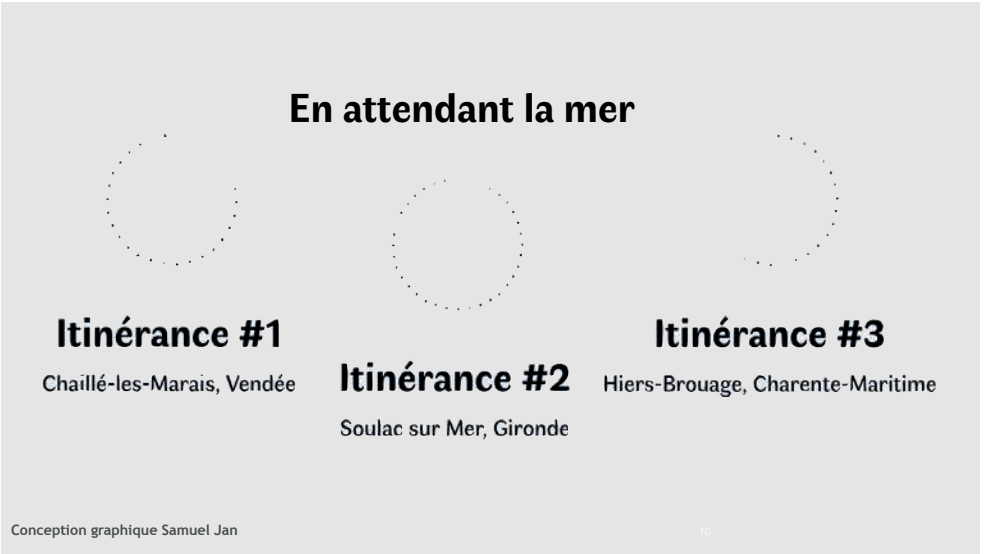
Diapo 08 > Nouveaux pertuis

II. WEBDOC EN ATTENDANT LA MER

La deuxième expérience que je vais vous présenter aujourd'hui est réalisée. Il s'agit d'un web doc. Lydie Gianella Goeldner hier appelait à la médiation paysagère : eh bien, nous avons tenté de le faire. Ce qui nous a paru assez évident, c'est qu'en fait, ce qui est développé par les scientifiques, ou même les connaissances de base, sont parfois méconnues du grand public et qu'il était essentiel de revenir sur la question des anciens rivages.

Le monde scientifique sait que les rivages ont beaucoup évolué dans le temps. Il n'est pas certain que tous les publics le sachent. Notre volonté, c'était donc de montrer quelques mobilités historiques du trait de côte. C'est pour cela que tout à l'heure, lors de la représentation du GIP aquitain, il y a une question d'un archéologue sur la question de la culture, qui aussi me semble très importante. C'est-à-dire que je ne crois pas qu'on puisse séparer la question scientifique des questions culturelles. Et le débat public peut aussi se nourrir de l'histoire : ça a été longuement montré suite à la tempête Xynthia. C'est aussi ce que ce web doc veut démontrer.

Nous avons donc réalisé, avec trois scientifiques et trois photographes professionnels, des itinérances sur les anciens rivages de la mer, sur des falaises mortes du Sud-Vendée, des paléorivages dans le Haut-médoc, ou encore dans l'ancien havre de Brouage. Ces dialogues, en fait, qui se fondaient sur une méthodologie développée par un sociologue, Jean-Yves Petiteau, qui s'appelle la méthode des itinérances, a conduit à une retranscription quasiment mot à mot des discours des scientifiques. Commençons.



Diapo 10 > En attendant la mer

Brouage

Nous voici à Brouage, en Charente-Maritime, avec Thierry Sauzeau, l'historien qui est intervenu hier. Nous sommes sur la citadelle en fin d'entretien. Voici ce que Thierry Sauzeau dit :

« La vision prospective de ce marais, telle que je l'imagine, repose sur deux éléments importants. Le premier consiste à regarder les virages, dans les modes de développement et les activités qui ont fait ou transformé ces territoires-là. Lorsque ce territoire est passé de la production du sel à la production des huîtres, deux activités qui n'avaient pas grand-chose à voir l'une avec l'autre, nous sommes en droit de nous demander : qui procéda à ça ? En fait, l'étude fine montre que les choses se sont faites de manière progressive, et qu'il y a une forme de continuité. Ce sont bien les mêmes acteurs et les mêmes familles qui se sont impliquées. Si vision prospective il peut y avoir, c'est peut-être dans ce domaine-là, en se disant que les acteurs d'aujourd'hui doivent être invités à s'approprier les nouvelles modalités et les explorer eux-mêmes.»

Alors, si vous m'avez suivi, Thierry Sauzeau parlait de deux points prospectifs : le deuxième, vous le connaîtrez en lisant le web doc. Toc.

Diapo 11 à 13 > En attendant la mer - Brouage

Soulac-sur-Mer

Nous voici maintenant sur la plage de l'Amélie, donc à Soulac-sur-Mer en Gironde, avec Frédéric Eynaud, qui est paléo environnementaliste, et Sébastien Zaragosi, qui est géologue. Là, on descend sur la plage. Frédéric Eynaud prend la parole et dit :

« Regardez, là déjà, un vestige archéologique. Juste un petit bout de tesson de poterie dans la dune : ça, c'est quelque chose de brûlé. Et ça, c'est de la poterie. Les occupations gallo-romaines font la particularité de ce site. Je vous rappelle que nous sommes sur une plage. On cherche la ville qui serait à l'origine de cette forte densité d'habitat, ayant donné autant de vestiges archéologiques, et on n'en a pas la trace. Cette ville est très probablement sous l'eau. C'est un petit mythe de l'Atlantide, en quelque sorte : cela se véhicule ici dans la tradition orale, et des cartes la montrent ici, à peu près sur la zone de l'île de Cordouan. La ville s'appelait Noviomagus. Cela aurait été, à l'époque gallo-romaine, un centre très stratégique entre Burdigala, donc Bordeaux, et (Sète), qui était plus au nord. Des indices de ces occupations humaines sont présents sur 15 kilomètres de côtes, sous la forme de petits débris, avec une énorme densité. Cela prouve que c'était très dense en termes de présence humaine.»

On a donc là un rivage qui a avancé, laissant des vestiges d'une société humaine importante sous les flots.

Diapo 14 à 16 > En attendant la mer - Soulac-sur-Mer

Chaillé-les-Marais

Là, je m'apprête à faire un exercice qui est très compliqué : vous allez très vite comprendre pourquoi. Nous sommes à les Chaillé-les-Marais, avec Éric Chaumillon. Je vais faire une sorte d'exercice de ventriloque. Il est là, et je vais parler pour lui. Donc Éric parle :

« Pour le grand public, mélanger des échelles de temps est très compliqué, car trois échelles de temps coexistent. D'abord, l'échelle de temps de la formation des cailloux : pour simplifier, 200 millions d'années. Personne n'imagine ce que c'est que 200 millions d'années, en fait.

Après, il y a 1,8 million d'années, lorsque l'érosion dégrade les roches tendres. Qu'est-ce que c'est qu'un million d'années ? C'est le début du quaternaire. C'est donc le début de la période où survient, à peu près tous les 20 000 ans, une variation du niveau de la mer d'une ampleur de 100 mètres. Tous les 20 000 ans, la mer baisse de 100 mètres, puis elle remonte : ces pulsations sont naturellement terribles pour le paysage.

Enfin, il y a 10 000 ans, le dernier maximum glaciaire, on était à moins de 130 mètres sous le niveau actuel. Et puis, à partir de -100 000 ans, on commence à remonter. Cela correspond à la profondeur maximum des talwegs que nous avons sous nos pieds, - à l'endroit situé sur l'île de Chaillé-les-Marais - *enfin je veux dire, dans le Marais poitevin. La mer commence à pénétrer alors dans ces rias. De -10 000 à -6 000, elle franchit le dernier mètre, qui l'amène à -6 mètres sous le niveau actuel.»*

Alors évidemment, pour vous qui êtes un public averti, ce battement de la mer de 100 mètres en altitude, ça vous paraît assez logique : ça rappelle pour certains de vieux cours d'université. Mais je vous assure que pour un public large, ces notions sont totalement ignorées.

C'est là où la médiation paysagère et historique apparaît extrêmement cruciale.

Diapo 17 à 19 > En attendant la mer - Chaillé-les-Marais

C'est que, par rapport aux prévisions, qui sont effectivement alarmantes, d'élévation du niveau de la mer, il n'y a pas que celles-ci : la raréfaction de la ressource en eau ou l'élévation des températures peut-être aussi interrogée.

Mais en tout cas, toutes ces notions-là, lorsqu'elles sont remises dans une perspective historique, y compris que l'homme a pu connaître, c'était ce que nous avons pu voir précédemment avec Frédéric Enault en Gironde ; eh bien, toutes ces notions-là, contemporaines, remises dans une perspective historique, montrent autre chose. Et il est clair que la médiation apparaît comme essentielle, si nous ne voulons pas nous rater vis-à-vis d'un public large.

Bon. Je vous ai donc présenté nos deux expériences : une carte de l'ONG Klima, et « En attendant la mer ». Pour cette carte, toutes les aides sont les bienvenues.

Et donc aujourd'hui, j'ai oublié de vous dire l'essentiel : aujourd'hui c'était le lancement officiel de ce web doc, En attendant la mer, devant vous. Et en ce qui concerne la carte, on en appelle aux scientifiques, aux praticiens, aux élus présents, ainsi qu'aux étudiants, pour qu'ils nous aident à la réaliser.

3.16 | Table ronde " Vers une vision et des outils partagés "

Autour de Patrick STEYAERT

INRA Sciences pour l'action et le développement, UMR 1326 LISIS

En présence de
Fabrice ENON
Dominique GIRET
Régis LE QUILLEC
Jean RICHER

Patrick STEYAERT : J'ai été invité à animer ces tables rondes en tant qu' ancien directeur de la station Inra de Saint-Laurent-de-la-Prée, entre Rochefort et La Rochelle ; actuellement dans un laboratoire qui est très intéressé par les questions de relations entre science et société, et aussi en tant que président du conseil scientifique et prospectif du Parc naturel régional du Marais poitevin. C'est à ce titre que je suis là.

Je voudrais introduire cette table ronde, qui, quelque part, tourne autour de : quelle vision partagée autour de ces enjeux d'adaptation au changement climatique des zones littorales, et comment la construire ? Je voudrais juste proposer quelques éléments de réflexion et d'interprétation de tout ce que nous avons entendu pendant ces deux jours.

Le premier point, c'est de dire l'importance de tout ça. Ce sont des problèmes à gérer, mais ces problèmes d'environnement, si on peut les appeler comme ça, n'existent pas en eux-mêmes. Ils ne sont pas donnés. Ils existent parce qu'il y a des acteurs qui se posent des questions sur les transformations de leur environnement, sous l'effet de causes naturelles et anthropiques. Autrement dit, il s'agit d'insister sur l'idée : le changement climatique existe bel et bien, mais le changement climatique en tant que problème est socialement construit. Il faut s'intéresser à cette construction. C'est le premier point.

Le deuxième point, pour introduire cette table ronde, c'est de dire : quelle est la nature du problème, et quelles sont les caractéristiques génériques qu'on peut identifier de ce problème ?

La première caractéristique, et elle n'est pas neutre dans la manière d'appréhender ces questions, ce sont les nombreuses interdépendances que ces problèmes révèlent : entre une diversité de composantes et une diversité de relations entre ces composantes. C'est le premier point. Le bassin versant, la zone humide, la zone estuarienne, le milieu pélagique, les phénomènes physiques, les phénomènes écologiques et biologiques, les phénomènes naturels donc, les phénomènes sociaux, politiques, économiques : c'est énorme.

La deuxième, et qui a été montrée dans de nombreux exposés, c'est que toutes ces dimensions et ces composantes sont en relation, mais en relation dynamique et évolutive : ça change, ça bouge tout le temps. Et cela confère une complexité à ces problèmes, qu'on a du mal quelque part à appréhender, aborder et traiter.

La troisième caractéristique générique, c'est celle des incertitudes que ces problèmes recouvrent : alors, on l'a dit du point de vue de la connaissance scientifique, des difficultés d'interprétation, d'instrumentation, la variabilité des choses, etc. Donc, pas seulement des incertitudes scientifiques, mais aussi des incertitudes économiques, politiques, sociales, sur le fait, qu'il est difficile de dire : mais que faut-il faire pour ?

Et enfin, le quatrième point, et ça me paraissait assez clair dans la salle entre les différentes expressions, c'est que, puisqu'il y a des incertitudes et qu'on ne peut pas tout connaître, ces problèmes sont l'objet de controverses. Ils sont disputés, ils sont controversés, ils sont difficiles à identifier, ont des solutions difficiles à trouver, etc.

On pourrait dire les visions qui sont en controverse, en citant l'exemple de la Hollande, des Pays-Bas, où l'enjeu est la survie de la population et où il y a une histoire de l'ingénierie très forte sur l'ingénierie hydraulique, notamment, et une délégation par l'État du pouvoir de protection au monde des ingénieurs ; on est quelque part dans une conception très anthropocentrée de l'adaptation au changement climatique.

En revanche, avec des dépoldérisations : rendre à la nature les zones humides, etc., on est dans une conception plus éco-centrée de l'adaptation au changement climatique. On voit bien qu'il y a des visions qui coexistent, qui cohabitent et qui sont controversées. Et donc j'ai deux questions pour la table ronde, autour desquelles je voudrais vous amener à réagir.

La première, c'est : faut-il une vision partagée, et si oui, comment la construire ? Comment la faire émerger ? On a entendu des enseignements.

La seconde, elle viendra plus tard, c'est : que pensez-vous du rôle des connaissances scientifiques dans la construction de telle vision partagée, s'il faut en avoir une ?

Patrick BAZIN : Je me lance, parce que j'avais envie d'essayer de répondre à une question qui avait été posée tout à l'heure, sur comment on décide où sont implantées les digues ? Effectivement, faut-il une vision partagée ? Évidemment dans l'idéal oui. Mais je voudrais préciser que l'avantage de la loi qui a créée la compétence GEMAPI, a identifié justement ce qu'on considérait comme étant un système de protection pour les territoires concernés, et comment on définit, justement, le système. Auparavant il y avait des digues, des gens qui étaient responsables de ces digues, sans forcément le savoir, et il n'y avait pas de vision d'ensemble. Ce que cette loi dit, c'est qu'il faut avoir une vision d'ensemble, à l'échelle d'un territoire identifié, un territoire cohérent vis-à-vis des aléas marins. Et l'autorité "gémapienne", qui a la responsabilité de concevoir ce système de défense, a une totale liberté, finalement, pour le faire : c'est-à-dire qu'elle n'est pas obligée de dire "je défends le système existant". Elle peut le redéfinir, et surtout, elle définit le niveau de sécurité et de protection que va procurer ce système. C'est-à-dire que l'autorité "gémapienne" va être responsable de définir un système de protection, de dire jusqu'à quand ça protège, par exemple cinquantennal ou centennal. Et elle est responsable du maintien du système jusqu'à ce niveau de protection, mais pas au-delà. Elle n'est pas responsable de tout. Elle est responsable de ce qu'elle a convenu qu'elle devait mettre en place. C'est à mon sens un lieu de gouvernance assez intéressant, mais qui est nouveau, et qui est quand même encore peut-être insuffisamment exploité.

Simplement, je dirais, qu'aux Pays-Bas, on a effectivement des enjeux qui écrasent tout : c'est la survie des zones urbaines centrales. Quelque part, dans le Marais poitevin, on est dans une situation assez comparable, puisqu'il y a un enjeu écono-

mique : l'agriculture. Je ne dirais pas qu'il écrase tout, mais en tout cas, il détermine les choix qu'on fait. Et puis il y a des secteurs qui sont un peu moins identifiés, où il n'y a pas de ligne de forces économiques vraiment claires, ou identitaires. Et c'est peut-être là qu'il faut être inventif. En tout cas, quand je pense aux secteurs qu'on a choisi dans le projet Adapto, ce sont quand même des secteurs où finalement il y a beaucoup d'incertitudes. Et il n'y a personne en capacité d'orienter les choses, et de décider. Aussi, ce qu'on propose, ce sont des façons de construire ensemble une vision partagée, parce qu'il n'y a personne qui est en mesure de l'avoir, a priori.

Patrick STEYAERT : Ce que j'entends dans votre réponse, c'est qu'il y a d'une part des cadres d'action publique, donc la GEMAPI qui est la responsabilité de l'État, mais qui quelque part délègue au local la mise en œuvre et la conception des plans. Ce que j'entends aussi dans votre réponse, c'est que les réponses qui sont apportées sont à adapter à chaque situation locale, en fonction des forces en présence, des réalités économiques locales, et qu'il y a peut-être des zones qui peuvent plus facilement aller vers un type de solution, et d'autres vers un autre type de solution. Est-ce que c'est bien ça ? D'autres éclairages ?

Jean RICHER : Je me permettrais, pour ma part, d'introduire un point de vigilance concernant tous les publics. Effectivement, cette vision technocratique, qui est importante, évidemment qu'on a besoin impérativement d'une GEMAPI forte et d'une organisation territoriale qui permette une défense, elle induit aussi une vision d'une institution providentielle. C'est-à-dire que tout un chacun, moi citoyen, je reporte ma responsabilité, la responsabilité de la sécurité sur l'institution.

L'exemple que je voulais vous donner, c'est l'exemple américain de la ville de New York. Alors, évidemment, La Rochelle-New York il y a un petit gap, mais pas vraiment. Lorsqu'ils ont fait à New York ce grand projet de défense côtière qui s'appelle Rebuild by design, il y a eu une exposition dans un musée d'art contemporain. Il y a des vidéos virales sur les réseaux sociaux. Il y a une politique de communication importante, qui va aussi chercher les citoyens. Et le point de vigilance est juste là, effectivement. On aura beau faire les projets les plus vertueux techniquement, si on n'emmène pas tous les publics avec nous. Quand on parle de tous les publics, ce sont aussi les chasseurs, les associations de randonneurs, des ostréiculteurs. Ce sont des publics très particuliers. Mais si on n'emmène pas tous les publics avec nous, il risque d'y avoir, à un moment, une distance trop importante pour que l'action publique soit comprise.

Fabrice ENON : Ce que je trouve intéressant, c'est que tu aies lié les deux questions. La question de la décision et puis de l'acceptabilité sociale, dont on a parlé, à l'instant. Et tu as parlé de la science, en même temps, et des progrès de la science. Et effectivement c'est intéressant. Parce que moi, en tant que technicien, sur le terrain j'ai un certain ressenti, mais c'est un ressenti. Mes collègues ou d'autres élus auront un autre ressenti. Et ce que je trouve intéressant dans la science et la proximité qu'on a avec l'Université de La Rochelle, c'est que la science va nous permettre de modéliser, de quantifier, de chiffrer, ce qui nous permet après, dans les débats, de pouvoir quantifier, et de savoir de quoi on parle. Quand on parle de dépoldérisation, on parle de remontée des niveaux d'eau. Il faut quantifier tout ça, savoir combien ça coûte. Si on pose seulement le "Est-ce qu'il faut prendre une décision, ou ne pas prendre une décision ?", ça ne suffit pas. Et la science permet un arbitrage que l'on n'aurait pas autrement.

Patrick STEYAERT : Le point de vigilance qui était évoqué là, si je l'ai bien compris, et je le partage, c'est que ces enjeux sont tellement complexes, justement, demandent tellement de ressources et de compétences sur le plan cognitif, que finalement c'est une affaire d'acteurs institutionnels. Donc les experts, les collectivités, qui parfois ont du mal à suivre une affaire d'acteurs institutionnels. Et le point de vigilance qui est évoqué là, c'est : comment faire participer la société civile, donc les tout publics, tel que j'ai entendu là, non pas seulement à accepter l'acceptabilité sociale de quelque chose qui a été décidé pour eux, mais de participer à construire le problème et les solutions ? C'est totalement différent.

Donc il y a là une ligne de fracture entre des acteurs institutionnels, les problèmes sont de plus en plus complexes. Les instruments, les besoins cognitifs, etc., sont de plus en plus grands, ce qui fait qu'il y a une sorte de captation du pouvoir de décision et d'action par ces acteurs institutionnels ; qui délaissent la société civile, qui n'est plus en capacité de comprendre, d'apprendre et de décider. Ce que j'ai vu dans le point de vigilance que vous évoquez, c'était : comment associer tous les publics, pas seulement à l'acceptabilité sociale d'une solution qui serait proposée, mais dans l'élaboration des problèmes et des solutions ? C'est ça que j'ai entendu.

Dominique GIRET : Pour continuer dans ce sens-là, oui, il y a un problème de logiciel. On n'a pas les mêmes logiciels, c'est-à-dire que ceux qui décident des stratégies à mettre en œuvre, ce sont les territoires, ce sont les habitants des territoires qui sont directement impactés par ces solutions, par ces problèmes-là. Et dans le Marais poitevin, ce n'est pas nouveau : les digues on ne les a pas faites depuis Xynthia, ou depuis qu'on sait que le niveau de la mer augmente. Ce que je veux dire, c'est que les habitants des territoires qui se protègent, sont dans des logiques de réflexion, de culture, qui sont en continuité avec ce qui se fait sur ces territoires depuis longtemps.

C'est nouveau, l'appréciation de la problématique, le fait qu'aujourd'hui, en effet, il y ait un nouveau logiciel de l'analyse scientifique qui nous apporte de la matière et de l'instrumentation dans tous les sens. Et qui fait que plus ça va, mieux on maîtrise les phénomènes, pour rapprocher les deux mondes. Alors ça se fait par ce genre d'opérations, mais c'est compliqué, parce qu'on n'efface pas, on ne décide pas à la place des gens qui sont sur place, dans les territoires, qui jusque-là faisaient le travail en tant que propriétaires, qui le font désormais au travers des syndicats mixtes. C'est juste l'émanation des élus des communes, qui représentent les habitants de leur territoire. Le logiciel est le même pour les territoires. Dans le Marais poitevin, et ça doit se comprendre comme ça, les gens sont plutôt pour une logique de protection. Les gens qui habitaient le bâtiment du Signal, cet immeuble le long de la côte du côté du Cap-Ferret, ont été déménagés de force. Mais ils n'ont pas intégré le fait, volontairement, de partir de ce bâtiment-là. Cela signifie, et il va falloir du temps, qu'on travaille à partager les choses avec les territoires, et on y commence juste, finalement.

Après, au-delà de ça, comment fait-on pour aller plus loin, et imposer les choses ? Ce ne sont pas les territoires qui vont le faire d'eux-mêmes. L'État peut le faire de temps en temps, mais il ne le fait aujourd'hui que par réaction à des phases de crise. Dans le Marais poitevin, là aussi concrètement, on a quand même démoli mille maisons dans des endroits où il y avait des risques. L'État a identifié les risques, et a imposé aux territoires la démolition des maisons. Donc c'est le croisement à la fois d'un État, appuyé par l'argumentaire scientifique, d'un État fort, qui voit quand même qu'on ne peut pas faire autrement que de s'adapter, et puis l'évolution de la culture locale.

Patrick STEAYERT : J'ai oublié de dire : si vous souhaitez participer à notre table ronde en posant des questions, vous y êtes largement invités.

Jean-Charles CATTEAU : Merci de le rappeler, Patrick, parce qu'effectivement Benoît Biteau, avait déjà levé la main. Je vais le laisser intervenir, et puis on va passer le micro à d'autres personnes.

QUESTION 1 / Benoît BITEAU : Oui, Patrick ne sera pas surpris, parce que ça fait deux jours qu'on travaille tous les deux sur cette discussion qu'il a essayé d'introduire à cette table ronde. Moi, je voulais rebondir sur ce que vient de dire Dominique, et aller encore plus loin : c'est-à-dire qu'on se rend compte, quand on essaie d'associer le "tout public" que vous convoquez, c'est que, finalement, le "tout public", il commence à s'intéresser au sujet quand il y a un mètre d'eau dans sa maison. Je caricature à peine. C'est-à-dire que les alertes, elles sont données. Les références, les connaissances, les compétences scientifiques sont là pour nous aider à marcher, ou à apprendre à marcher en avançant. Et à un moment donné, sur la base des connaissances dont on dispose, il faut savoir trancher. Mendès-France disait : "gouverner c'est prévoir". Et quand on est élu, et je suis un modeste élu, à un moment donné, sur la base des connaissances, quand bien même on cherche à consulter le tout public, qui est souvent aux abonnés absents quand tout va bien ; c'est notre devoir de trancher, et donc de prendre une décision sur la base des éléments qu'on connaît. Et, encore une fois, ce n'est pas du tout pour caricaturer, mais si Badinter avait attendu que tout le monde soit au rendez-vous de l'abolition de la peine de mort, je ne suis pas sûr que la peine de mort ne serait pas encore disponible sur notre territoire. Si Simone Veil avait attendu que tous les citoyens soient au rendez-vous de l'avortement, je ne suis pas sûr que les femmes pourraient avorter dans ce pays-là. C'est aussi ça le devoir de l'élu : quand bien même ça peut paraître très directif, il faut, de temps en temps, dans ce "devoir de gouverner c'est prévoir," sur la base des données techniques, scientifiques et abouties dont on dispose, savoir prendre les décisions. Le risque, et c'est là où je te rejoins Patrick, c'est qu'effectivement - et c'est ce que nous a dit Nicolas Hulot quand il a claqué la porte de ce gouvernement qui veut tout faire en même temps avec des chefs de cordée qui ont plutôt tendance à vouloir céder aux lobbies - c'est qu'effectivement, dans ce mode de fonctionnement, où le "tout public", effectivement, est trop absent, d'autres, qui ont d'autres intérêts que l'intérêt commun, soient au rendez-vous de la décision avant ceux qui ont intérêt à prendre les bonnes décisions. Et pour attraper le sujet plus en amont, pour revenir sur ce que vient de dire Dominique : on voit bien que l'État légifère, impose des règlementations comme GEMAPI. Et je suis assez d'accord avec Fabrice quand il dit que c'est plutôt pas mal, sur le papier, GEMAPI. Sauf que quand le même État veut construire une autoroute ? Il est capable de poser une DUP, et de faire l'acquisition de la totalité du fuseau dont il a besoin pour faire l'autoroute. Quand il veut faire une LGV, le même État est capable de poser une DUP, pour faire l'acquisition du fuseau nécessaire pour poser sa LGV. Qu'est-ce qui empêche l'État, plutôt que de légiférer et de dire aux collectivités locales débrouillez-vous, maintenant qu'on a légiféré, de porter l'acquisition et d'effacer ce flou juridique qui consiste à laisser à des propriétaires l'obligation de l'entretien de leur digue, et quand ce n'est pas fait leur taper sur les doigts avec une petite règle, en leur disant : vous n'avez pas bien fait. Et engloutir des sommes d'argent public colossales, dans des logiques curatives, comme ce qui s'est passé avec Xynthia, quand on a défini les zones noires ; et englouti des sommes d'argent délirantes dans la destruction de bâtis qui avaient été submergés par la tempête Xynthia. Est-ce que ces enveloppes qu'on a mobilisées pour démonter des maisons dans des logiques curatives n'auraient pas été mieux orientées dès le début, dans de l'anticipation et de la prévention ? C'est ça la ques-

tion que je pose. Et malheureusement, après Martin, après Xynthia, on est encore dans des stratégies publiques qui sont molles du genou, schizophrènes, et qui n'ont pas franchement réglé le problème, à part poser des lois qu'on demande de faire porter par les EPCI locales.

Patrick STEYAERT : Peut-être, justement, parce qu'ils restent enfermés dans des logiques d'action publique.

Jean RICHER : Juste un élément de réponse. C'est qu'hier soir, donc il y a eu une conférence-spectacle, la salle était pleine. Plusieurs marches pour le climat ont eu lieu, ici même à La Rochelle, depuis le début de l'année. Moi, très sincèrement, il y a un an j'aurais été incapable de prévoir qu'il y aurait des marches pour le climat. J'entends par là que si les écosystèmes sont mobiles et évoluent vite, la mentalité de la société aussi ; et parfois, nos politiques publiques sont à la traîne. C'est juste ce que je voulais dire. Il est possible que les mentalités et que la société soit prêtes. Après, la question démocratique qui se pose, c'est une question extrêmement importante, et vous venez de la poser, qui est de se demander si : est-ce qu'il faut attendre la catastrophe pour qu'à ce moment-là il y ait une décision brutale ? Ou est-ce que la société, les citoyens, ne peuvent pas prendre en main ce débat ? Et comment est-ce qu'on leur fait prendre en main ce débat, pour organiser tranquillement la gouvernance d'une adaptation ? L'enjeu, il est bien là.

Patrick BAZIN : Oui. Rapidement, c'est clair qu'on souhaiterait tous qu'on anticipe. Et même la personne des Pays-Bas, qui nous montrait quelque chose qui est remarquablement maîtrisé, disait : ce serait quand même bien qu'on arrive à plus anticiper, sans attendre les catastrophes. Donc ça, c'est un vrai idéal. Les gens avec qui je discute depuis quelques années, quand on est confronté à ces questions-là, les praticiens, on va dire, y compris les élus hors micro, l'immense majorité considère que seules les catastrophes font avancer les choses.

Patrick STEYAERT : C'est ce qu'on appelle les "critical incidents" en anglais. Sans doute.

Jean-Charles CATTEAU : Avec un certain cynisme, mais ça semble être une réalité.

Patrick BAZIN : C'est quand même une chose avec laquelle il faut compter. Alors, après on passe notre temps à essayer de trouver d'autres solutions, justement, d'essayer d'anticiper. Et je voudrais quand même défendre le cadre intercommunal de la GEMAPI. Même si, certainement il y a des cadres plus perfectibles, plus idéaux à imaginer. Mais quand l'État décide d'un fuseau de LGV, il considère que c'est un projet à l'échelle du territoire national. Quand il faut préserver la question du territoire du Marais poitevin, c'est quand même quelque chose qui concerne le Marais poitevin, et qui ne sera pas forcément traité de la même façon que le Marais de Brouage. Pour ma part, je pense qu'en termes de déconcentration c'est plutôt bien.

Jean-Charles CATTEAU : On va peut-être passer la parole, si vous le voulez bien, parce qu'il y avait des questions en attente. Monsieur a le micro.

QUESTION 2 / Eric COLLIAS : Oui, pour aller dans le sens de Messieurs STEYAERT et RICHET. Je pense que les gens ont des difficultés à avoir des points de vue sur les choses, parce c'est facile de développer un esprit d'abstraction quand on manipule des symboles, des cartes… des concepts, et de se mettre à distance des phénomènes. Alors que les gens sont pris dans les phénomènes. Il y a donc une relation de fusion avec les phénomènes, qui ne leur permet pas de prendre la distance qu'on peut prendre sur la réalité avec nos outils intellectuels. Et c'est sans doute à travers les outils que vous proposez qu'on peut négocier la réalité, mais on ne peut pas partager des points de vue ; je ne pense pas. Je pense qu'il faut arriver à négocier des réalités qui ne sont pas incompatibles, parfois, tout simplement parce qu'on a des pratiques et des expériences concrètes, qui ne nous permettent pas de nous mettre à distance des phénomènes.

Jean-Charles CATTEAU : Alors, ça a été dit tout à l'heure, pour notamment les notions d'échelles de temps, par exemple : ça m'a marqué également dans vos présentations. Il y avait une autre question, je crois, juste derrière vous.

QUESTION 3 : Rebonsoir. Du coup, je voulais rebondir par rapport à ce que vous disiez, Monsieur RICHET, et vous aussi Monsieur STEYAERT, sur l'association qui peut être faite, justement, des populations dans l'élaboration d'ouvrages de protection, ou des choses comme ça. Typiquement, je vais prendre l'exemple qu'on a aujourd'hui à Fouras, où les digues n'ont pas encore été construites : c'est en cours. Très concrètement, on ne peut pas dire que la population ait été informée. C'est fortement regrettable. Et donc, ça ce n'est pas lié à la commune de Fouras ou quoi que ce soit. C'est aussi dans la manière où on cherche à communiquer sur ce type de projets. Un petit entrefilet, une petite ligne sur un panneau municipal pour informer d'une enquête publique, je ne crois pas que ça soit, aujourd'hui encore, la manière de communiquer sur ce type de projets. Et si on souhaite associer réellement, mais "si on souhaite" - je mets en doute le fait que les politiques souhaitent associer réellement la population à ce genre de questions - eh bien je pense qu'il faudrait penser à faire autrement. Et je trouve bien malheureux car la population est intéressée. Et certes, il y a un affect des gens par rapport à leurs côtes, par rapport à leur habitat, mais il faut aussi réfléchir au fait que les gens ils ne sont pas complètement stupides, et que réfléchir sur le long terme, c'est aussi à la portée de tous.

Régis LE QUILLEC : Juste une petite réaction. Nous, l'Agence, on ne finance pas toutes les problématiques de digues. Mais le constat qu'on fait, c'est que l'appropriation par les territoires est très hétérogène sur ces questions liées à la question de l'eau. Alors, on essaie d'apporter, au travers d'actions de sensibilisation auprès du territoire, un certain nombre de clés susceptibles d'éclairer les acteurs sur des grands enjeux tels que le changement climatique et d'autres enjeux liés notamment à la pollution. Le fait est que, même si les territoires sont très hétérogènes, lorsqu'on apporte des éléments d'éclairage au territoire, il y a une réelle appropriation de ces enjeux par les territoires. Je pense qu'il ne faut quand même pas désespérer. Il y a des outils pour que le territoire s'approprie les enjeux du changement climatique. Là,

on est à un colloque de niveau national ou international à La Rochelle. Je sais qu'il y a eu des expériences de ce type-là menées sur d'autres territoires. Et on voit que, quand même, les mentalités évoluent, et évoluent très vite. Mais il faut du temps, un petit peu.

Patrick STEYAERT : Je pense qu'on peut répondre aussi, c'est tout à fait juste : le temps. Les gens sont en capacité d'apprendre. Et dans les théories d'apprentissage, notamment anglo-saxonnes, les fameux incidents critiques sont déterminants de ces moments d'apprentissage très forts. Ils apprennent à partir des expériences vécues, des expériences ressenties, mais ils ne peuvent pas nécessairement se mettre à un niveau d'abstraction, tel que le font les scientifiques.

Régis LE QUILLEC : Ou de projection, aussi.

Patrick STEYAERT : Absolument. Autre point également qu'il ne faut pas négliger, c'est la culture politique du pays dans lequel on vit. Quand on voit les choses aux Pays-Bas, il y a une confiance totale de la population dans ses ingénieurs. Il y a une délégation totale de l'enjeu de protection au monde de l'ingénierie et de la recherche, et il n'y a pas besoin de discuter de ces problèmes. Pour eux, il y a un contrat social qui est historiquement situé, et qui s'appuie sur un savoir-faire et une compétence très forte. En France, on est quand même dans des dynamiques plus descendantes, avec des acteurs institutionnels qui ont un poids important, notamment les collectivités à l'échelle territoriale, etc. ; et la capacité à mobiliser les "tout publics" est relativement faible. Donc tout coexiste, je pense. Il n'y a pas à dire ce qui est bien ou mal, tout coexiste. En revanche, ce qui est important de préciser, c'est qu'il faut tenter, autant que faire se peut, en fonction de l'hétérogénéité et de la diversité des situations, de créer des lieux dans lesquels ces apprentissages peuvent s'opérer ; et pas l'acceptabilité sociale de quelque chose qui aurait été décidé par ailleurs. C'est vraiment l'apprentissage pour devenir soi-même en mesure de faire des choix, en relation avec d'autres. Historiquement, en France, la concertation, quand on en parle, c'est une concertation entre acteurs institutionnels : elle mobilise très peu la société civile et les tout publics. D'où les initiatives telles que CLIMAT, pour amener les gens à ce type d'échanges.

Yves LE QUELLEC : Yves Le Quellec, coordination pour la défense du Marais poitevin. D'abord, je voudrais vous remercier de cette table ronde et de la façon dont elle a été introduite, avec, je crois, des mots clés qui sont les bons, et que je partage largement : problématiques socialement construites, complexités, controverses. Et je crois qu'il ne faudrait pas s'imaginer qu'on pourra effacer la dimension controverse, certainement pas. Je voudrais juste ramener, à propos du tout public, un élément que j'ai entendu ce matin dans la bouche de Monsieur SLOMP qui nous expliquait la dimension très ancienne, fondamentalement démocratique, des structures de gestion de l'eau et des infrastructures associées. On est très loin de ça. Je partage l'idée que la GEMAPI est un progrès important, sauf qu'on la fait porter par des EPCI, qui sont des structures politiques dont les dirigeants ne sont pas élus au suffrage universel. Ce sont des élus, certes, mais ils sont désignés par leurs pairs. Pour la communauté. Et je pense que c'est un élément structurel qui explique, pour partie, c'est évidemment plus compliqué que ça, de l'impossibilité de rencontrer le "tout public" ; quand on a une structure qui lève l'impôt, mais qui, structurellement, n'a pas forcément besoin de rendre de compte au contribuable. Merci.

Jean-Charles CATTEAU : Merci à vous pour cette réflexion tout à fait complémentaire. Je crois que Fabrice voulait intervenir. Sinon, je vais laisser à Patrick le soin, de conclure sa table ronde, et éventuellement d'interpeller encore tel ou tel d'entre vous.

Fabrice ENON : Je voudrais juste mettre un élément de vigilance sur le tout public, parce que juste après Xynthia, 95 % de la population - syndrome de NIMBY - demandait une hausse drastique des digues, à part quelques Associations pour la Protection de la Nature (APN) qui avaient un discours un peu plus réservé, mais ils étaient totalement minoritaires avec quelques services d'État qui se basaient sur des éléments scientifiques. Mais si nos élus n'avaient pas tranché vers la minorité, au lieu de la majorité, aujourd'hui on aurait des digues à sept mètres partout. Alors, heureusement que parfois on n'écoute pas le "tout public", parce qu'on serait parfois contreproductif.

Patrick STEYAERT : Est-ce que quelqu'un d'autre parmi vous souhaite encore réagir ?

Régis LE QUILLEC : Je voulais juste rajouter un point, qui m'interpelle quand même, c'est de voir la salle pleine hier soir dans un débat, très intéressant par ailleurs, qui essayait de rapprocher le monde scientifique du grand public. Et, alors là, je vous le dis entre nous, parce que les personnes de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne ne sont pas là, mais quand on lance des concertations sur les questions importantes du SDAGE, sur le plan d'adaptation, certes on met en place des outils, des réunions, des outils sur Internet, et finalement, on a assez peu de réactions. On a quelques centaines de réactions, ou 200, 300, 500 réactions, mais sur l'ensemble du bassin, ce n'est pas grand-chose. Je vous fais part de ma réflexion.

Ça renvoie à la question des outils, des méthodes pour recréer du lien sur ces questions un peu complexes parfois, entre le "tout public", le grand public, et puis certains experts, sur des questions parfois compliquées d'appropriation. Je pense qu'il faut aussi se poser des questions sur les outils d'appropriation.

Patrick STEYAERT : Oui, absolument. Donc, pour conclure, vous avez vu que ce n'est pas simple, loin de là. Je pense qu'il n'y a pas une solution ou une bonne solution, mais une diversité de solutions, à agencer dans le temps et dans l'espace. Si vous prenez l'exemple de l'Aquitaine, j'ai trouvé cet exemple assez extraordinaire parce que la puissance publique, les acteurs institutionnels, ont à la fois identifié le risque, identifié les solutions possibles, cartographié tout ça, puis sont redescendus vers le local pour mener tout un travail de réflexion, d'appropriation, autour de ces connaissances et de ces outils, pour faire des choix. Ces choix ne sont donc pas venus d'une technostructure qui aurait imposé tel type d'aménagement. Ils ont vraiment été retravaillés avec les populations locales pour proposer des choix éclairés, qui après sont retravaillés, et remis en scène à l'échelle locale.

Donc, pour conclure, la controverse n'est certainement pas close. Toute la question est de savoir si on la clôt de manière, autoritaire ou arbitraire, ou si au contraire on se sert de la controverse comme un outil, comme quelque chose à explorer, et comme un moteur de l'adaptation. Je vous invite plutôt à regarder la controverse explorée comme un moyen de penser à l'adaptation au changement climatique.

Je remercie tous les participants à cette table ronde, et je remercie le public de cette participation.

3.17 | Discours de clôture

Benoît BITEAU

Président
du Forum des Marais Atlantiques

Cela fait maintenant quelques années que je préside cette belle structure qu'est le Forum des Marais Atlantiques. Et à chaque fois qu'on a sollicité les services de Jean-Charles Catteau, il a été au rendez-vous avec une pertinence exemplaire, remarquable. Et c'est toujours signalé. Merci, Jean-Charles, parce que l'animation est d'une grande qualité, et on sent que tu potasses ton sujet, que tu le maîtrises, et c'est un vrai régal de travailler avec toi. Je n'avais pas prévu de dire ça, mais vu que tu me tendais une perche longue comme ça, je ne pouvais que la saisir.

Bon voilà, on n'est plus très nombreux, donc je ne vais pas faire dans la flagornerie. Ce n'est plus l'heure. On a dit les choses dans cette dernière table ronde et je persiste à dire qu'il y a des sujets où la controverse, pour reprendre le mot de Patrick Steyaert, doit continuer d'être à l'ordre du jour. Il y a des sujets sur lesquels, à mon avis, il faut commencer à avancer sérieusement. Je suggère, à la lumière de ce qu'on a entendu depuis deux jours, d'attraper le sujet le plus en amont possible, à la base des problématiques : s'attaquer aux causes et non plus aux conséquences, et donc s'attaquer au climat, essayer, bien sûr, de réduire nos émissions de gaz à effet de serre... Et nous avons une marge de manœuvre.

Moi qui suis agriculteur, je ne vais pas me lancer sur le poids de l'agriculture sur le changement climatique, et surtout pas sur le rôle que pourrait jouer l'agriculture dans l'atténuation du changement climatique. J'ai choisi à dessein le mot atténuation, et non pas le mot adaptation. On a des marges de manœuvre importantes, qui sont éclairées par des publications scientifiques qui aujourd'hui ne sont plus contestables. Donc, aujourd'hui les politiques publiques qui se développent sur la base de sensations, de suppositions, de croyances, doivent s'arrêter immédiatement, puisqu'on peut avancer sur des données objectives.

Pour revenir sur le débat des citoyens, pour être engagé sur de nombreux combats à titre personnel, à titre de citoyen et à titre professionnel sur l'agriculture (vous avez vu que je me suis baladé depuis trois jours avec mon coquelicot), je vais redire ce que j'ai dit tout à l'heure. Sur des combats aussi fondamentaux que le climat, que les pesticides et l'arrêt des pesticides, je me suis retrouvé, nous nous sommes retrouvés, parce qu'on est nombreux, mais on se retrouve beaucoup trop nombreux quand il s'agit de lutter sur ces sujets déterminants, fondamentaux, qui servent l'intérêt supérieur des générations futures.

J'ai un peu plus de 50 ans maintenant, j'ai un petit vécu d'élu et je m'autorise quand même à montrer du doigt, n'en déplaise à certains, quand une population, une société de consommation qui est très peu impliquée sur les sujets et qui se réveille quand elle est directement concernée. Se référer au mouvement des gilets jaunes qui, quand le carburant augmente, parce que ça impacte directement son porte-monnaie, défilent dans la rue, dans des proportions qu'on n'a jamais vues quand il s'agit de lutter contre les pesticides ou contre le climat. On voit bien, quand même, que l'action du tout public est particulièrement sélective.

Et moi, ça me fait penser un peu aux NIMBY qui ne veulent plus de centrales nucléaires. Je pense à cette belle centrale de Blaye, pour faire le lien avec nos travaux sur le changement climatique, où, forcément l'adaptation des marais littoraux sera au rendez-vous du changement climatique sur l'estuaire de la Gironde. Parce que quand on a un équipement aussi banal, aussi peu stratégique qu'une centrale nucléaire sur l'estuaire de la Gironde, on doit se poser la question de : comment est-ce que là, et ça télescope un peu ce qu'a dit Fabrice Enon sur le fait d'accepter qu'il y ait un peu d'eau qui monte. La centrale nucléaire, c'est acceptation zéro. On pourra monter des digues aussi hautes que vous voudrez, mais il faudra qu'à un moment donné, quand la limite technique sera atteinte - et Fabrice Enon a très bien démontré que ces limites existaient, qu'on trouve d'autres solutions, pour éviter que la centrale nucléaire de Blaye nous pète à la gueule.

Je suis un peu vulgaire, mais il faut quand même se poser les bonnes questions. Et une des solutions c'est la dépoldérisation. On n'a pas d'autre choix. C'est objectivé scientifiquement parlant. Notre devoir d'élu, c'est d'anticiper, c'est d'être avant la catastrophe, dans l'anticipation. Et, le constat qu'on peut faire, et ça nous envoie aussi sur une dimension citoyenne, c'est que lorsqu'on fait de l'anticipation et de la prévention, on est aussi nettement plus efficient dans la façon dont on utilise l'argent public.

Si on avait su protéger ce qu'on appelle les zones noires, on n'aurait pas eu besoin après Xynthia d'engager ces enveloppes publiques colossales pour détruire du bâtiment. Vous voyez bien qu'effectivement la controverse doit exister. Effectivement il faut emmener le plus grand nombre derrière nous. Mais à un moment donné, la responsabilité des élus aux manettes, c'est aussi de prendre des décisions, quand bien même le tout public n'est pas au rendez-vous de la discussion.

L'exemple de l'Agence de l'eau pris tout à l'heure est édifiant. J'ai siégé longtemps à Adour-Garonne, je siège aujourd'hui à Loire-Bretagne. Quand on fait des consultations publiques sur les attendus de la société sur une bonne gestion de l'eau, c'est quelques centaines de personnes qui répondent. Est-ce que vous avez regardé sur une carte la population que représente un schéma d'aménagement et de gestion de l'eau d'une Agence de l'eau ? C'est des millions de personnes. Et quand on fait une consultation publique par des moyens très contemporains et très ludiques, quelques centaines de personnes réagissent : cela doit nous interpeller. Alors, je n'ai pas la réponse, je n'ai pas la solution. Sauf que nous, et là je prends ma casquette d'élu, il faut qu'on avance avec ça. Et ça, ça s'adresse à tout le monde. Voilà, donc c'était mon petit coup de gueule, pour conclure.

Mais ça me tient à cœur, parce qu'il y a aussi de la frustration. Je préférerais conduire mes mandats porté par la société civile qui vous dirait : c'est comme ça qu'on veut que ça avance. Et souvent, quand on consulte, on est un peu tout seul au milieu du gué.

Je voulais conclure, surtout, en invitant à côté de moi quelqu'un qui a été central, déterminant, fondamental dans l'organisation de ces journées, qui a « mouillé la

chemise » sans compter ses efforts, qui a eu parfois le trac ; et je pense qu'on est tous d'accord pour dire qu'autour de lui on a vécu des journées remarquables et exceptionnelles, à la hauteur de son engagement. Je demande donc à Éric de me rejoindre. Parce que si quelqu'un est à remercier parmi tant d'autres, c'est Éric Chaumillon, qui a fait le show hier soir, qui a été absolument exceptionnel.

Et au-delà d'Éric que j'ai invité à côté de moi, je remercie bien sûr l'équipe du Parc naturel régional du Marais poitevin, que ce soient les élus ou l'équipe du Parc, autour de Caroline, Dominique et Sandrine. Et je ne vais pas tous les citer, et Loïc et Séverine. Bien sûr, Séverine qui est juste là. Et Loïc, bien sûr, qui a été très actif. Bien sûr, l'équipe du Forum des Marais Atlantiques, que j'ai le plaisir, l'honneur de présider, et qui est bien trop mal connue par rapport à la qualité des travaux qu'elle produit.

Voilà d'ailleurs un exemple. La société civile pourrait parfaitement s'approprier toutes les données que produit cette structure. Et on aimerait bien, parce que ce sont des données qui permettent justement de comprendre les enjeux que l'on a explorés pendant ces deux jours, et qu'on continuera d'explorer demain encore. Donc merci à eux, autour de Gilbert Miossec, le directeur. Et Philippe, Florence... Je ne vois pas tout le monde, mais on a une très bonne équipe de techniciens, qui gagne à être connue, qui produit des références techniques et scientifiques remarquables, qui nous aide sur la compréhension des territoires et leurs aménagements ; et surtout, qui nous aide à nous projeter demain. Voilà, merci à vous de votre engagement.

Et puis merci à tes collègues scientifiques, Éric. Mais ça, je ne vais pas le faire pour toi, et je vais te laisser les remercier, si tu veux prendre deux minutes le micro.

Éric CHAUMILLON : Tu m'as fait venir, donc je vais prendre la parole. Je pense que tout le monde en a marre. Donc merci. C'est vrai que c'est une équipe formidable. Vraiment je le dis : ce n'est pas pour faire plaisir. J'ai été hyper impressionné : toutes les idées qui me sont venues à l'esprit, souvent spontanément, elles ont été complètement démultipliées. C'est comme quand on donne un coup de pédale, et « paf ! » il y a tout qui se déclenche.

Et puis je voulais dire que j'étais sensible à tes analogies sur la peine de mort, sur l'avortement, tout ça. Il y a une enquête sociologique qui a été faite il y a 3-4 ans sur l'avis du grand public sur le changement climatique. Il y avait 50 % de climatosceptiques dans le grand public aux USA et en France, pour moins de 1 % du monde scientifique. Je pense que la démocratie questionne.

Rendez-vous demain, pour ceux qui ont décidé de faire une visite de terrain. On continue dans le même esprit, et avec la même détermination. Merci à vous.

4 | Show scientifique « Hé… la mer monte ! »

Une soirée tout public intégrée au colloque

Plus de 800 personnes étaient présentes le mardi 27 novembre 2018 à La Rochelle pour assister à un show scientifique décalé, sur le changement climatique et l'élévation du niveau de mer.

Un des objectifs

« Hé... la mer monte ! » n'est ni une conférence, ni un cours de science, ni un spectacle humoristique. Soirée d'un genre nouveau, ce concept a su séduire une salle pleine, et la jeune génération au rendez-vous !

Construit comme un show scientifque à l'attention du tout public, « Hé... la mer monte ! » est un duo scénique éclairé entre un chercheur et un comédien « écolo » engagé, sous le crayon affûté d'un auteur de bande dessinée.

Un savant mélange de jeux de « maux », d'illustrations - sans trop de graphiques - et de propos didactiques sur le changement climatique et l'impact sur notre littoral.

Un véritable objet de médiation, s'appuyant sur une vulgarisation scientifique, les échanges avec le public et une mise en perspective, pour une prise de conscience des problématiques et évolutions futures, et du possible des réponses à donner.

Un format original pour une soirée inédite, qui a trouvé son public.

Les protagonistes

Le Sémillant Professeur Feuillage :
Héros d'une web-émission dédiée à la cause écologique, Mathieu Duméry décrypte sous couvert de joutes humoristiques - parfois même cyniques - l'empreinte que nous laissons sur notre environnement : passerelle entre prise de conscience et militantisme !

L'Éminent chercheur Éric Chaumillon :
Convaincu des services que continue de nous rendre la nature, Éric Chaumillon, professeur et chercheur en géologie marine et littorale à l'université de La Rochelle, sévit avec passion, du fond de son laboratoire jusqu'aux littoraux du bout du monde.

Le Talentueux Guillaume Bouzard :
Dessinateur, auteur de bande dessinée, il collabore avec Psikopat, La Canard enchaîné, Fluide Glacial ou Spirou et « devient rapidement le prince de la BD underground tant son talent est immense, mais sans pour autant snober les gens car c'est un bon gars doublé d'un chic type. »

La captation vidéo de l'ensemble de la soirée est disponible en libre accès sur le site dédié au colloque.

https://maraislittoraux.myportfolio.com/

4 | Crédits / Remerciements

Coordination de la publication :
Parc naturel régional du Marais poitevin
2 rue de l'Eglise
79510 Coulon

Comité technique:
Université de La Rochelle – UMR CNRS 7266 LIENSs | lienss.univ-larochelle.fr
Forum des Marais Atlantiques | www.forum-zones-humides.org
Parc naturel régional du Marais poitevin | pnr.parc-marais-poitevin.fr

Conception graphique : Marie-Emmanuelle CELLOU

Impression : Imprimerie rochelaise

Crédits photos :
Couverture : Philippe DESCHAMPS | www.philippe-deschamps.fr
Portraits et reportage du colloque : Romuald GOUDEAU | www.unjourunephoto.fr

Date de publication : avril 2019

Remerciements :

Merci à l'ensemble des intervenants pour leur contribution et le partage de leurs connaissances et travaux,

Merci aux partenaires qui ont permis d'organiser cet évènement et d'en produire les actes : l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, le Pôle Relais-Zone humides, l'Union Européenne, le Ministère de la Transition écologique et solidaire, la Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Nouvelle-Aquitaine, la Région Nouvelle-Aquitaine, la Région Pays de la Loire, la Communauté d'Agglomération de La Rochelle, la Ville de La Rochelle, la Ligue de Protection des Oiseaux et l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage.

COLLOQUE INTERNATIONAL

Adaptation des marais littoraux au changement climatique

27|28|29 novembre 2018

Espace Encan LA ROCHELLE

Avec le soutien financier de

En partenariat avec