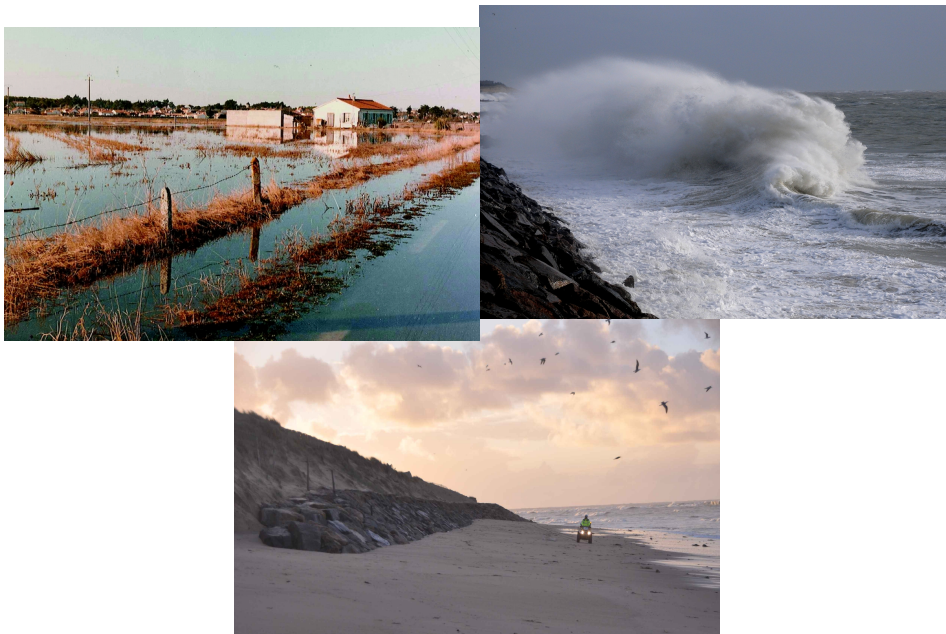


Culture des risques littoraux et approfondissement des connaissances des événements tempétueux sur l'île de Noirmoutier

Mémoire d'étude de Louis Madelenat, Master 2 GEP



Soutenu le 18 septembre 2018

Professeurs référents : Anne Peltier, Jean Marc Antoine

Maîtres de stage : Jeanne Leroy, Martin Paillart, Clément Rataud

Sommaire

Introduction.....	4
1/ Mise en contexte, analyse de la demande.....	7
a) Présentation de la veille littorale et de la base de donnée, points de départ de la connaissance du territoire.....	7
b) La perspective d'une typologie des tempêtes, d'une caractérisation des lieux sensibles et le développement d'un outil opérationnel pour la veille littorale.....	12
2/ Déroulé du stage.....	15
a) Le Volet sensibilisation de la population.....	15
b) L'affinage de la base de donnée historique (renseignement et localisation des impacts) et les premiers résultats.....	20
c) La caractérisation météorologique des tempêtes passées et la collecte de données.....	24
d) La construction de la typologie de tempêtes.....	32
e) Perspectives de développement d'un outil de prévision.....	35
3/ Résultats et discussions.....	39
a) Résultats des traitements statistiques : une typologie des tempêtes passées permettant une meilleure connaissance des événements historiques et une meilleure lecture des impacts à venir en cas d'alerte.....	39
b) Des données météo anciennes limitées, malgré un réel intérêt pour la sensibilisation du public.....	48
c) Discussions autour de l'outil de prévision : une délicate application sur le territoire en l'état actuel des choses.....	51
d) Les problématiques de responsabilité et de partage des taches.....	53
Conclusion.....	56
Bibliographie.....	57
Annexes.....	58

Remerciements

Je tiens à remercier Clément Rataud, directeur du pôle environnement et défense face à la mer pour le très bon accueil qu'il m'a réservé au sein de son service, ainsi que pour ses conseils sur mon travail au fur et à mesure de son avancée, qui m'ont permis d'adapter au mieux mes recherches en fonction des attentes du service.

Je remercie également Jeanne Leroy, chargée de mission Prévention des risques inondations, pour m'avoir directement intégré aux différentes missions du services, pour m'avoir fait découvrir l'intéressant travail de sensibilisation du public lié aux risques littoraux, ainsi que pour ses conseils avisés et sa bonne humeur.

Mes remerciements vont aussi à Martin Paillart, administrateur SIG et responsable de l'observatoire du littoral qui m'a gracieusement accepté dans son bureau. Je le remercie pour sa bonne humeur communicative, son écoute, sa patience, et pour les nombreux échanges que nous avons eu à propos des méthodes à mettre en place lors de ce travail. Je le remercie enfin pour le partage de ses connaissances en SIG et dans de nombreux autres domaines, géographiques ou musicaux.

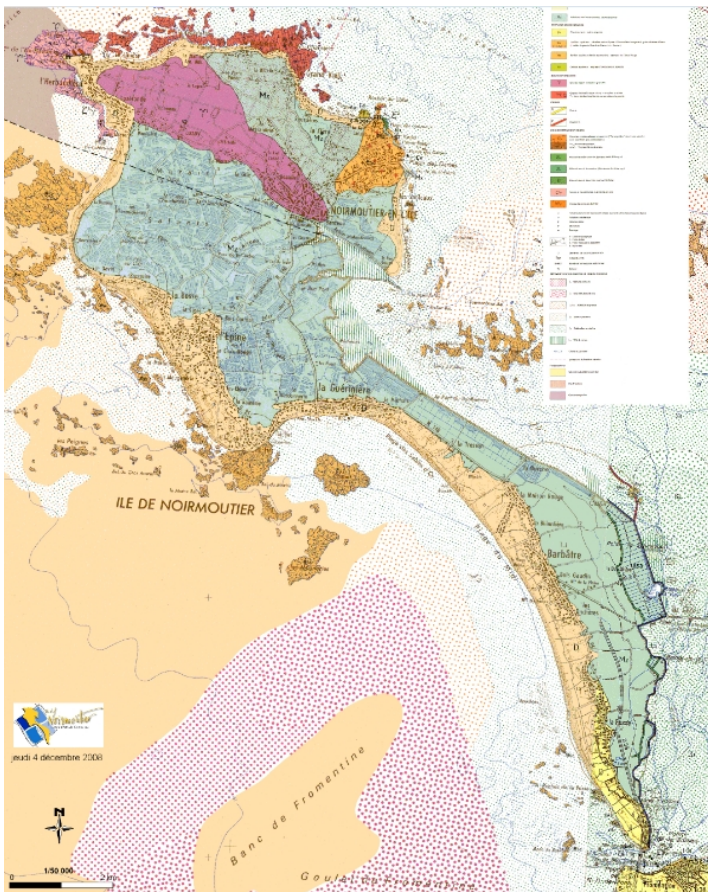
Je remercie tout les agents de la Communauté de Commune pour leur accueil, leur bienveillance et le temps qu'ils ont pu me consacrer dans le cadre de mon travail.

Je tiens enfin à remercier mes deux enseignants référents Anne Peltier et Jean-Marc Antoine, pour leurs conseils et remarques quant au rendu global de ce mémoire et pour leur suivi lors de ce stage .

Introduction :

L'île de Noirmoutier, orientée nord-ouest sud-est, est bordée par la baie de Bourgneuf à l'est et l'océan atlantique à l'ouest. Son extrémité sud est séparée du continent par le goulet de Fromentine, enjambé par un pont depuis 1971. avant cette date, l'unique accès à l'île se faisait par une chaussée submersible praticable uniquement à marée basse, le Gois.

Elle est constituée de trois natures de morphologies distinctes : au nord une masse rocheuse, partie la plus large, allant de l'Herbaudière à Noirmoutier-en-l'île et anciennement appelée « île d'Her », et sur laquelle est située la commune de Noirmoutier en l'île ; coté ouest, une bande littorale formé par un cordon dunaire surplombe de nombreux platiers rocheux et écueils, constituant des petits fonds ; coté est, à l'abri de ces formations, se sont déposées des vases qui constituent la troisième partie de l'île, et dont le niveau est à environ 2 mètres en contrebas des plus hautes marées. En effet la particularité de l'île réside dans le fait que les deux tiers de sa superficie, des sédiments marins, sont sous le niveau des plus hautes eaux.



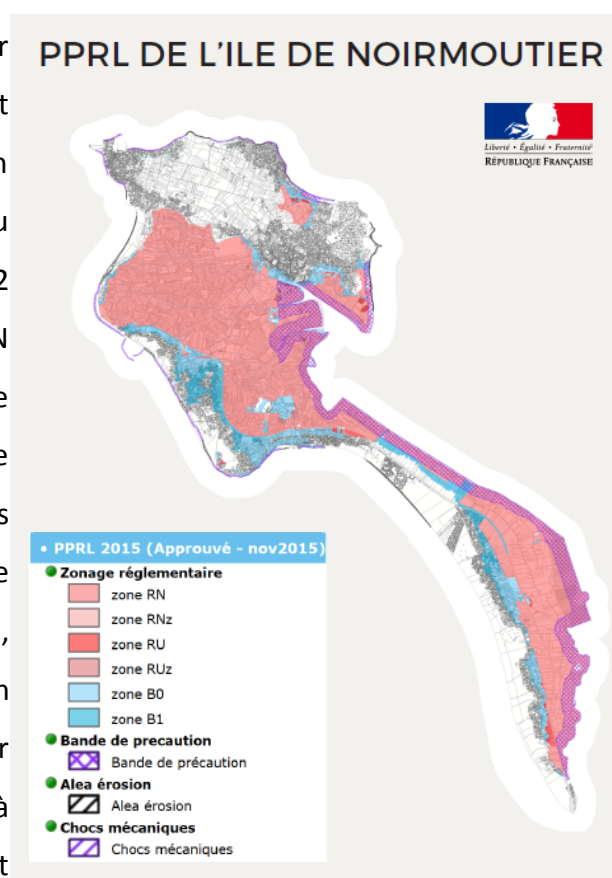
Les trois natures géologiques de l'île sont bien visibles ici. Les formations dunaires du quaternaire récent et actuel à l'ouest, les alluvions argileuses des slikkes et des shorres dans la zone marécageuse, les granites de Noirmoutier en rose (leucogranites à deux micas), du calcaire sableux du lutetien supérieur au niveau du Bois de la Chaise, et un cordon littoral pléistocène du Vieil à Noirmoutier, composé de graviers et de sables.

Terres fertiles, les habitants ont très tôt pu les valoriser en développant les polders, autrefois appelés des dessèchements. Il fallait dans le même temps se protéger des attaques de la mer coté ouest.

Ainsi, deux types de digues sont visibles à Noirmoutier. Les digues de conquêtes sont les anciennes digues entourant les terres prises sur la mer. Certaines sont encore visibles aujourd'hui et témoignent de l'assèchement progressif des polders. Sur la façade ouest se trouve les digues de défense, dont le rôle est uniquement de protéger des assaut de l'océan en arrêtant l'érosion de la dune ou en fermant les brèches. En effet, de la conservation du cordon littoral dépend l'existence de la majeure partie de l'île. c'est le cas à la pointe du Devin, où l'érosion de la dune a été pallié par la construction de plusieurs digues, formant un réseau dense de digue de première ligne et de digue de retrait. Secteur historiquement très attaqué, il est stratégique car une entrée d'eau par ce point inonderait tout les marais salants des communes de l'Épine et de Noirmoutier en l'île.

Si la défense face à la mer est ancrée depuis longtemps dans les populations insulaires, cela ne fait que freiner une vulnérabilité aux aléas marins bien présente et intrinsèquement liée à la faible altitude de l'île. De plus le contexte actuel de forte urbanisation et de réchauffement climatique a tendance à accentuer cette vulnérabilité.

La Communauté de commune de l'île de Noirmoutier porte la compétence de la défense des personnes et des biens face à la mer. Pour ce faire elle dispose d'un service de 5 agents dédié à la gestion du littoral et au suivi du trait de côte, pour un budget d'environ 2 millions d'euros d'investissement par an. Ainsi, la CCIN pilote la surveillance de l'ensemble des ouvrages de protection de l'île (digues, perrés, dunes...) lors de l'émission des événements tempétueux, annoncés notamment via les bulletins de vigilance vague submersion de la Préfecture. Cette surveillance, appelée veille littorale, a pour objectif de recueillir un maximum d'information en un minimum de temps sur l'état des ouvrages et les conditions météo marines à venir. Ces éléments sont alors analysés et permettent



de déclencher si besoin une intervention voire une évacuation en cas extrême (décision Préfet/Maire). Dans les faits, la CCIN assure la veille littorale et en cas d'alerte, en informe les communes qui doivent ensuite elle même faire les visites d'ouvrage via les agents communaux. Une astreinte a également été mise en place en dehors des jours ouvrables de la CCIN. Composée d'une personne, elle permet d'assurer la surveillance et le lien avec les élus, ainsi que la visite in situ des ouvrages. Cette astreinte est automatique au-delà du coefficient de marée de 70. Néanmoins des questions se posent, notamment le fait qu'il soit impossible de visiter l'ensemble du trait de côte entre deux marées hautes successives. Ci dessus la carte du PPRL de l'île, adopté en 2015

Les enjeux de prévision des tempêtes sont multiples sur ce territoire. La prise de conscience de la vulnérabilité du territoire n'est pas nouvelle, et l'histoire de l'île est marquée par l'aménagement d'ouvrages de défenses contre la mer et de maintien du trait de côte. La digue du Devin (aménagée en 1798) et la chaussée Jacobsen (aménagée en 1818) témoignent d'une implication ancienne des populations dans la défense face la mer. La vie sur l'île a été longtemps conditionnée par ces défenses, tant l'île a une faible altimétrie. Aujourd'hui la prévision des tempêtes porte surtout comme enjeux la sécurisation des populations et des biens face à la mer. En effet c'est un territoire dont les deux tiers sont sous le niveau de la mer et qui est de plus très touristique (capacité d'accueil de 18 000 lits). Enfin la faible altimétrie amène un phénomène problématique en cas d'inondation, c'est la stagnation des eaux qui peine à s'évacuer, surtout lors de grands coefficients de marée.

A la suite du travail de recensement des tempête du passé, comment utiliser ces données sur les tempêtes anciennes de manière à sensibiliser les populations aux risques littoraux, mais aussi comment passer d'une connaissance factuelle (historique) à une vision plus opérationnelle et localisée des prévisions météorologiques, dans le but de servir de support à la veille littorale ? Quel outil de prévision peut définir de manière claire la responsabilité de chaque acteur en cas d'alerte ?

1/ Mise en contexte, analyse de la demande

a) Présentation de la veille littorale et de la base de donnée, points de départ de la connaissance du territoire.

Après la tempête Xynthia de 2010, la CCIN a répondu à l'appel à projet de l'État afin de se doter d'un Programme d'Action et de Prévention des Inondations (PAPI), qui vise à promouvoir une gestion intégrée des risques inondation en vue de réduire les conséquences sur les biens, les personnes, les activités et l'environnement. Ce dispositif a été initié pour traiter le risque inondation de manière globale, à travers des actions alliant gestion de l'aléa (ouvrages de protections, surveillance météorologique), réduction de la vulnérabilité des personnes et des biens, et culture du risque (information préventive, démarches de mise en sûreté, repères de crues...). Élaboré entre novembre 2011 et avril 2012 et labellisé en juillet 2012 par la CCIN qui en assure la maîtrise d'ouvrage, le PAPI de l'île est décliné en 7 axes. L'axe 1 qui traite de l'amélioration de la connaissance et de la conscience du risque, l'axe 2 qui traite de la surveillance et de la prévision des crues et des inondations, l'axe 3 porté sur l'alerte et la gestion de crise, l'axe 4 autour de la prise en compte du risque inondation dans l'urbanisme, l'axe 5 qui traite de l'action de réduction de la vulnérabilité, et l'axe 7 qui est l'ensemble des travaux à réaliser (l'axe 6 ne concerne que les territoires fluviaux).

En parallèle, la CCIN a lancé l'élaboration de la SLGRI (Stratégie locale de Gestion du Risque Inondation), qui résulte de la directive inondation européenne, elle-même transposée en France par la loi « Grenelle 2 » du 12 juillet 2010. Amorcée en 2015 et copilotée par la CCIN et l'État, cette SLGRI s'applique à un TRI (territoire à risque important), lui-même défini préalablement dans le PGRI. Un TRI a été délimité, le TRI de Noirmoutier- Saint Jean de Mont.

La SLGRI débute par un diagnostic territorial qui décrit l'aléa de submersion, la vulnérabilité du territoire, les ouvrages aménagés et les procédures mises en œuvre pour gérer les risques littoraux. Au terme de ce diagnostic et après identification d'objectifs stratégiques, une concertation a été engagée avec les parties prenantes pour préfigurer un plan d'action opérationnel.

La SLGRI permet une liberté d'approche dans les procédures devant conduire à cette stratégie opérationnelle, cela dans le but de permettre les adaptations nécessaires aux spécificités

des territoires. Le PAPI de l'île est donc à ce titre complémentaire de la SLGRI, puisqu'il est un premier plan de gestion opérationnel du risque inondation, la SLGRI étant motrice de cohérence entre les dispositifs existants et futurs de gestion des risques littoraux.

L'expérience des événements tempétueux de 2014 et 2016 a montré la nécessité de développer une veille littorale en amont d'un épisode d'alerte et l'importance d'une présence soutenue sur le terrain. Le caractère évolutif des dégâts observés, qu'il s'agisse d'un recul dunaire ou d'une dégradation d'ouvrage s'avère un point essentiel des phénomènes.

Pour répondre à ce besoin d'identification, de partage et d'archivage de l'information, la CCIN a décidé d'utiliser sa propre plateforme webSIG. Celle-ci repose sur une base de données Postgis et le moteur cartographique Mapserver, à travers une interface « full web » développée par la société Géomatika (Isigéo). L'objectif global de l'outil est de pouvoir collecter les informations terrains et de les diffuser le plus rapidement possible à un ensemble de personnes (responsables CCIN, décideurs, partenaires, mairies, entreprises...). L'outil permet de localiser, collecter, centraliser, hiérarchiser et diffuser l'ensemble des observations de terrain faisant suite à un événement météo ou à un contrôle régulier. La localisation est indispensable, de manière à pouvoir disposer d'un tableau de bord à la fois cartographique et tabulaire. Dans un second temps, l'outil doit permettre de générer des rapports d'événements ou de visites de contrôle (.pdf) à partir de données renseignées selon un formatage bien précis.

La plupart du temps, les points de suivi font l'objet de plusieurs fiches d'observations qui se cumulent dans le temps, permettant de suivre l'évolution d'un impact, afin d'avoir un aspect chronologique des impacts et des observations. La base de données est donc de type : un objet géographique pour plusieurs fiches associées. Au niveau de la collecte d'information, il est possible de collecter des informations directement sur le terrain, via notamment une tablette, outil prioritaire de collecte d'observation de terrain. Pour saisir une fiche d'observation sur le terrain, il convient d'utiliser un maximum des fonctions de remplissage automatique d'informations (calcul du PK, noms du lieu dit, de l'ouvrage, coefficient de marée...). Mais suivant l'importance de l'événement, le nombre d'agents déployés, les conditions météorologiques, il faut envisager d'autres moyens d'accès à la plateforme :

- dans les locaux de la CCIN (suivant le niveau d'urgence, la saisie des fiches peut attendre le retour des agents)
- dans les mairies (en fonction de la localisation des dégâts)

- sur smartphone (professionnels ou personnels)
- au domicile personnel des agents, si cela permet une saisie et une diffusion plus rapide des observations (cas critiques)

Le service dispose d'un appareil photo numérique, de manière à documenter les fiches.

En constante évolution, cet outil webSIG doit permettre de consulter les informations sur une tempête passée de manière rapide et intuitive, de voir l'ensemble des impacts et des fiches d'observations auxquels il correspond. La saisie e fiches tempêtes et de fiches observation doit elle aussi être relativement rapide afin d'assurer une diffusion dans les plus brefs délais aux mairies et services concernés. Ainsi, un certains nombre de champs à renseigner dans les différentes fiches ont été automatisés afin de gagner du temps et de pouvoir interpréter les résultats de prévisions météorologiques. Par exemple, l'interface du webSIG permet lorsqu'un événement est annoncé, d'aller voir les premières données de prévisions météo. Les données du marégraphe de l'Herbaudière ont ainsi été rattachées à l'outil SIG. Il est donc possible de voir la courbe des hauteurs d'eau prédites et observées ainsi que les surcotes et de les enregistrer.

Par conséquent lors de la saisie d'une fiche événement tempétueux, un certains nombre de données météorologiques sont à saisir, telle que la hauteur d'eau prédite, celle observée, la surcote annoncée et observée, l'orientation du vent, etc. Ces champs peuvent donc être remplis automatiquement grâce à l'intégration de ces systèmes de collecte de donnée

VEILLE LITTORALE

Récupérer les données du marégraphe

Agenda marée

Courbe de marée des dernières 24 H

RECHERCHER

Marée du jour	3
Coefficient < 70	324
Coefficient > 70	374
Coefficient > 100	61

Marée d'un jour (1994-2034)

SAISIR

Un évènement météo

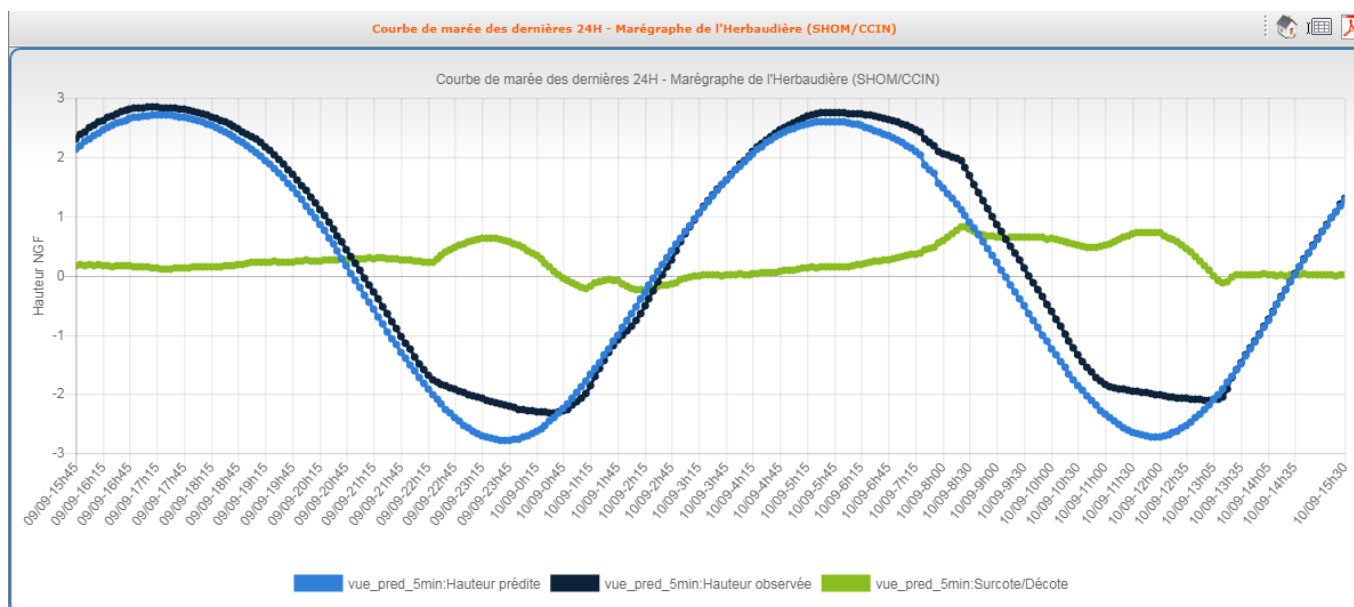
DOCUMENTATION

Marégraphe

Veille Littorale

Récemment, un bandeau latéral a été intégré à la page d'accueil du webSIG. Cette dernière permet de récupérer les observations du marégraphe de l'Herbaudière, et de voir l'ensemble des marées pour un coefficient prédéfini. Il est également possible de voir la hauteur de marée de 1994 jusqu'à 2034.

Enfin, des raccourcis permettent de gagner du temps afin de saisir une fiche tempête lors d'un événement météo (onglet « saisir »). Deux autres permettent d'aller voir le site du marégraphe (site du SHOM) et de consulter le protocole de veille littorale pour les agents lors d'alertes.



Voici le visuel des données de hauteur d'eau visibles lorsque l'on clique sur l'onglet « courbe de marées des dernières 24h » (cf bandeau ci-dessus) il est possible d'avoir la hauteur d'eau précise en m NGF en déplaçant le curseur sur les courbes.

C'est dans ce contexte réglementaire et technique que la CCIN souhaite améliorer sa connaissance des événements tempétueux du passé, afin de pouvoir anticiper les impacts futurs et améliorer sa veille littorale. En effet comme mentionné en introduction, la CCIN rencontre des difficultés de priorisation des ouvrages lors de la surveillance, du fait qu'il soit impossible de visiter l'ensemble du trait de côte entre deux marées hautes successives.

Afin de pallier à cet obstacle, la CCIN a commencé par réaliser un travail d'archivage des événements tempétueux anciens (J.Fondin, 2017). L'objectif de ce premier travail était d'analyser des événements tempétueux du passé ayant touchés l'île de Noirmoutier, afin d'alimenter la base SIG de la CCIN. Ce projet d'inventaire des tempêtes passées s'inscrit d'une part dans le cadre de la participation de la CCIN à l'Observatoire Régional des Risques Cotiers (OR2C, en particulier l'axe 3 – histoire des risques), et d'autre part dans l'action 2,7 du PAPI de la Communauté de Commune « mise en place d'un SIG enjeux et inondation »

Dans un premier temps, un travail de recherche d'événements dans les archives a été effectué. Les deux sources principales sont :

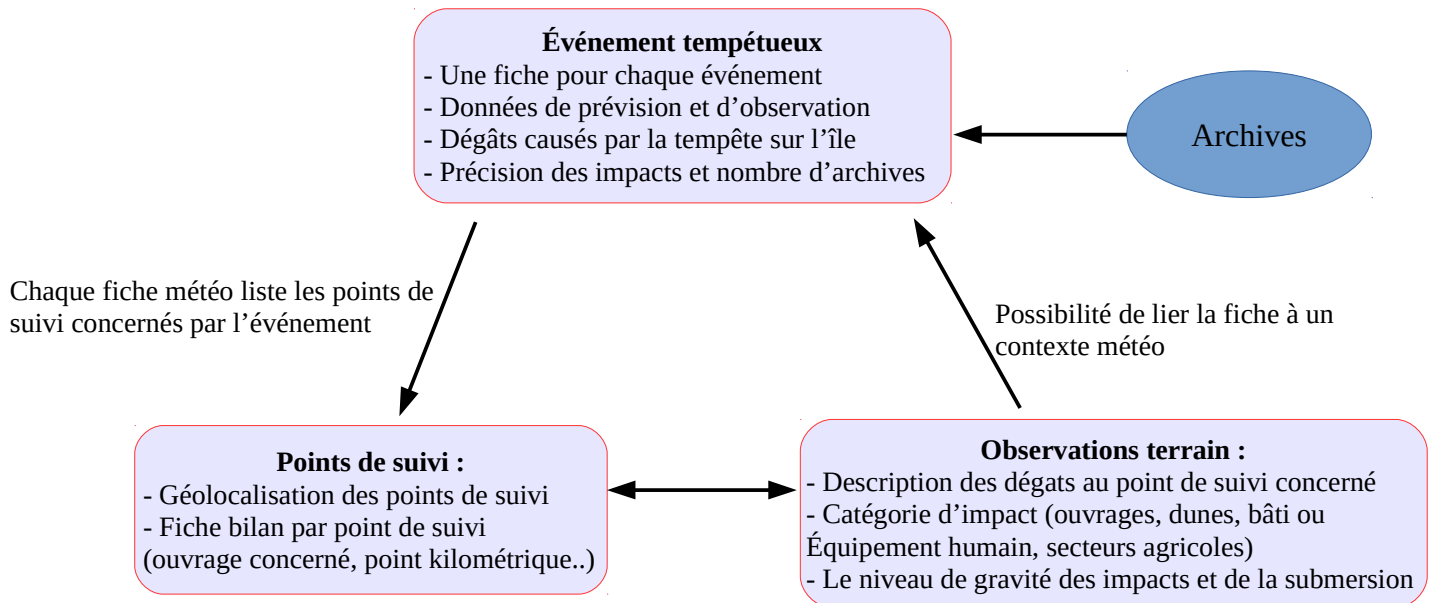
- un rapport réalisé par le bureau d'étude DHI pour le compte de l'État en septembre 2014, (« Annexe A : Fiches descriptives des événements significatifs survenus dans le passé » – *Réalisation d'une étude de l'aléa submersion marine sur l'île de Noirmoutier dans le département de la Vendée*)
- un recueil interne des mentions de vimers, tempêtes et ouragans dans les archives locales
- d'autres archives plus ponctuelles ont été glanées auprès d'associations de l'île et aux archives départementales

En tout, ce sont 173 événements qui ont été recensés. Cette base de donnée prend la forme d'un webSIG sur Isigéo, développé par Géomatika. Pour chaque événement, la base est déclinée en 4 fiches d'information mises en relations : les fiches archives, les fiches tempête, les fiches points et linéaires de suivi, et les fiches observations. Chaque fiche tempête a une ou plusieurs fiches archives associées. Les fiches archives et les fiches tempêtes ont été saisies simultanément, pour chaque événement ajouté dans la BD, les archives s'y rapportant ont été ajoutés. De la même façon, les nouveaux événements découverts ou des archives complémentaires peuvent être facilement ajoutés aux fiches. Ensuite les fiches points et linéaires de suivi ainsi que les Observations ont été saisies. La fiche point et linéaire de suivi est celle permettant de géolocaliser sur la carte les différents impacts, c'est la seule qui a des données géoréférencées.

Le géoréférencement avait été amorcé par J Fondin, mais la plupart des tempêtes n'avaient pas d'impacts localisés sur la carte du webSIG. Le recensement de ces événements prend en compte tout type d'aléa due à une tempête. Autrement dit il n'y a pas que de l'érosion marine ou de la submersion, mais également de l'érosion éolienne (traces de reculs dunaires importants pouvant engloutir des maisons), de fortes pluies, et mêmes des dégâts causés par le vent (effondrement de moulins...). Enfin la base de donnée recense toute les tempêtes, mêmes celles n'ayant pas fait de dégâts sur l'île.

Ces données articulées en 4 fiches permettent plusieurs lectures. Il est possible de s'intéresser à une tempête, de consulter la ou les archives se rattachant à cet événement, mais aussi de localiser tous les lieux de l'île ayant été impactés par la tempête, avec pour chaque lieu une fiche Observation qui décrit les dégâts occasionnés. Il est aussi possible d'observer la carte de l'île, de choisir un point, un ouvrage de défense, une dune, et d'avoir l'historique des dégâts sur ce point précis du trait de cote.

l'originalité de cette base consiste à relier les données météo-marines d'un événement tempétueux à des observations sur le terrain, ces observations étant elles mêmes attachées à un point géographique du territoire. Cette organisation est exposée sur la figure ci-dessous.



b) La perspective d'une typologie des tempêtes, d'une caractérisation des lieux sensibles et le développement d'un outil opérationnel pour la veille littorale

La base de donnée historique était bien renseignée au niveau des « fiches tempête » et des fiches archives. Ces deux fiches sont directement liées, la première décrivant l'événement (vimer, tempête, maline...) et la seconde citant les sources qui ont permis de l'identifier. Ainsi, les deux autres fiches « points et linaires de suivi » et « observation » sont tout aussi complémentaires. La première permet de rattacher les impacts de la fiche tempête sur un point ou un linéaire précis de l'île. De plus, différentes intensités de dégâts sur les ouvrages ont été renseignées. Ces intensités ont été mises en place de manière empirique par le service mer de la CCIN et sont au nombre de 5. Selon la nature de l'ouvrage, les critères diffèrent. Enfin la seconde est directement rattachée à la fiche « point et linéaire de suivi », elle renseigne sur le type de dégât qu'un ouvrage, une dune a subi, en fournissant des que possible des photographies pour les plus récentes.

Le stage intervient afin de consolider cette base de donnée. L'ajout de données météo-marines sur les tempêtes passées et la géolocalisation des impacts permet d'avoir une connaissance solide des conséquences des événements passés, à l'instar de la Base de Donnée Historique sur les Inondations (BDHI) L'objectif in fine est de pouvoir classer ces tempêtes en groupes homogènes dans leurs nature météorologique, et tant que faire ce peut dans leurs impacts sur l'île.

Après avoir rattaché tout les secteurs impactés pour chaque tempête jusqu'en 1352, il a été possible de générer une première carte du nombre d'impacts historique par secteur. Certains secteurs sont plus exposés que d'autres, c'est le cas notamment du secteur du Devin et des perrés de la Guérinière. Les résultats de cette analyse correspondent aux connaissances empiriques de la collectivité, puisque elle quantifie et confirme les orientations dominantes que sont les événements d'ouest, de sud et de sud-ouest. En effet la façade ouest de l'île est beaucoup plus touchée historiquement que la façade nord ou est, ce qui explique ses systèmes de défenses anciens. Si certains secteurs sont historiquement moins touchés que d'autre comme Luzérone ou Barbâtre, ces derniers ont parfois une orientation similaire aux secteurs les plus impactés (Barbâtre est orienté à l'ouest tout comme l'Épine ou le Devin). Il s'agit alors de voir si la faible fréquence des impacts sur ce secteur ne cache pas des niveaux de gravité important. Cela a pu être le cas, notamment pour l'événement de 1978-1979, qui a inondé toute la plaine de Barbâtre pendant plusieurs semaines. L'inondation provient d'une brèche dans la digue de Sébastopol coté est, or ce secteur n'a été impacté que 9 fois dans l'histoire, contre 55 fois pour le Devin et la Guérinière par exemple.

Une analyse météorologique des tempêtes frappant ces secteurs permettra d'en extraire une première typologie, qui permettra entre autre de voir s'il y a une homogénéité dans les phénomènes physiques ou au contraire si les conditions météo-marines sont hétérogènes pour un même secteur. En effet face à la faible topographie de l'île, certains secteurs peuvent être impactés par une tempête d'ouest alors même qu'ils sont sur une façade d'est. Enfin la fréquence des impacts par secteurs est à mettre en relation avec les enjeux qu'il y a derrière. A la Guérinière par exemple, la vulnérabilité est accentuée du fait des enjeux humains et matériels important se trouvant sur le trait de côte.

Une fois le recensement des secteurs impactés et des conditions météo-marines fait pour chaque événement tempétueux, il est possible de se lancer dans la confection d'une typologie d'événement en fonction des zones impactées. Cette dernière fait le lien entre une donnée géo-

historique brut et son interprétation dans le but de l'intégrer à une analyse plus opérationnelle de l'aléa.

Les résultats obtenus par le biais de la typologie de tempête permettront d'améliorer les connaissances sur la vulnérabilité des secteurs. Via l'analyse de la force et de l'orientation des tempêtes passées, il sera alors possible de savoir quels secteurs seront les plus sollicités par une tempête à venir. Au sein de cette classification, certains types de tempêtes risquent de toucher plus de secteurs que d'autres. Une caractérisation des secteurs les plus sensibles à la fréquence des tempêtes est alors possible. Il sera également possible de voir si les tempêtes les plus violentes sont homogènes ou hétérogènes dans leurs conditions météo-marines (toujours des tempêtes de sud-ouest ou non). Au vu des connaissances du passé, les agents de la Communauté de Commune pourront alors commencer à prioriser les secteurs à surveiller en fonction de leur sensibilité à la tempête annoncée. Cependant d'autres paramètres doivent être pris en compte lors d'une priorisation de visite d'ouvrage, comme les travaux en cours (l'ouvrage est alors prioritaire s'il risque d'être impacté par l'événement) et les enjeux inhérents au secteur.

Dans le prolongement de ce travail sur l'historique des tempêtes, un outil de veille littorale est envisagé. Celui-ci prévoit une anticipation des impacts à l'ouvrage, pour répondre pleinement à la compétence de sécurisation des personnes et des biens face à la mer. La Communauté de commune étant également gestionnaire des systèmes de défense face à la mer, il est important pour eux d'avoir ce genre d'outil, afin de surveiller les points sensibles et d'anticiper les potentiels travaux d'urgence.

L'objectif de cet outil est d'abord d'être une aide à la décision pour la surveillance du trait de côte, avec les objectifs suivants allant jusqu'à la gestion de crise opérée par les communes :

- La hiérarchisation des ouvrages à surveiller lors des visites (par l'état de l'ouvrage et les enjeux qu'il protège) ;
- Un gain de temps en intervenant directement à la fin de la pleine mer pour des travaux d'urgence ;
- L'anticipation de l'aléa et des zones d'impact afin d'améliorer la préparation à la gestion d'une crise potentielle.

2/ Déroulé du stage

a) *Le volet sensibilisation de la population*

Au commencement du stage à la mi-mars 2018, le service mer était en plein préparation d'une exposition sur les risques littoraux appelée « journée des risques littoraux ». Cette exposition faisait la lumière sur les travaux que réalisaient la Communauté de Commune en terme de gestion des risques littoraux de submersion et d'érosion. C'est dans le cadre de sa politique de gestion des risques que la Communauté de Commune a organisée un événement de sensibilisation à destination du grand public sur le thème des risques littoraux. Cet événement, entièrement gratuit et tout public, s'est déroulé sur 3 jours, les 20, 21 et 22 avril 2018. Cette période correspond à un temps de vacance scolaires pour les zones de Paris et Bordeaux et à un week-end pour la zone de Nantes dont fait partie l'île de Noirmoutier. Ces dates permettent ainsi de cibler à la fois les résidents à l'année, les résidents secondaires et les touristes.

L'événement s'est tenu dans le centre culturel Les Salorges situé sur le port de Noirmoutier-en-l'île. Des visites guidées ont également été proposées sur les 4 communes de l'île. Le service gestion du littoral de la Communauté de Communes, en lien avec la Commission « sécurisation des populations et des biens face à la mer » est à l'initiative de cet événement, il s'agit d'une première pour le territoire. Ce projet a été financé par le biais du Programme d'Action et de Prévention des Inondations (PAPI) en cours sur l'île (2012-2020) et par le biais de l'appel à projet « culture du risque face aux inondations » lancé par le ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer en 2016. L'événement a attiré au total 1420 personnes sur les 3 jours.

Au programme de ces trois jours plusieurs activités, ludiques et variées sont proposées aux visiteurs :

l'espace d'exposition : L'exposition était organisée en différents « espaces » dans une salle d'environ 130m².

l'espace technique « observatoire du littoral » dont l'idée était de présenter les moyens techniques utilisés par la collectivité pour observer l'évolution du trait de côte (observatoire local et régional, levés GPS et drone, marégraphe, profils de plages...). 4 posters explicatifs illustraient ces moyens techniques :

- Un poster sur l'OR2C (observatoire régional des risques côtiers en Pays de la Loire), qui présentait les missions de l'observatoire

- Un poster « la technologie au service de l'observation », présentation des matériels utilisés par la Communauté de Communes (GPS, drones, marégraphes)
- Un poster « l'observation du trait de côte, pour une meilleure protection des zones vulnérables » présentation du travail de suivi du trait de côte de l'observatoire, à travers des comparaisons annuelles, des profils de plages, des bilans sédimentaires...
- Un poster « plan général des ouvrages » qui est une carte de l'ensemble des ouvrages de protection existants sur l'île de Noirmoutier.

Le quad du service, utilisé pour certains levés GPS, était disposé à l'extérieur de la salle, devant les portes d'entrée. Enfin, la salle d'exposition ayant été inondée lors de la tempête Xynthia, le niveau d'eau de la tempête était reporté à l'aide d'un repère de crue papier (environ 40 cm au dessus du sol).



L'espace photo, « cultiver la mémoire du littoral » : une série de 10 photo-montages « avant/ maintenant » présentait l'évolution de certains secteurs de l'île

50 photos en pèle mêle présentaient des ouvrages, des travaux, des tempêtes sur les 4 communes à des saisons différentes, et 4 citations extraites d'archives témoignaient de tempêtes plus anciennes.



Espace jeunesse : cet espace présentait des travaux réalisés par les scolaires (élèves de CM1-CM2 et de 5ème) suite aux interventions de sensibilisation faites par la Communauté de Commune pendant l'année. l'idée était de montrer un autre angle de vue de la perception et de la compréhension des risques littoraux, tout en mettant en valeur les travaux des élèves. En effet parfois certains adultes sont peu sensibles à ces problématiques de risques naturels, la perception de ces derniers par les enfants peut être un bon moyen de faire changer leur perception de ces risques. L'espace se composait de 12 posters et 5 lapbooks (livres interactifs) réalisés par les élèves et un poster réalisé en interne pour présenter les actions faites dans les écoles et collèges.

L'espace bons réflexes : La Communauté de Communes avait mandaté l'entreprise Calyxis pour animer un stand interactif sur les bons réflexes à avoir en cas de tempête ainsi que les aménagements préventifs à réaliser chez soi. Il s'agit de l'outil « La maison inondée », déjà présenté dans les écoles primaires en novembre 2017. le principe était une maquette de maison qui subissait une inondation, il fallait alors réaliser les bons gestes pour sécuriser les personnes et les biens.



l'espace relief et PPRL : cet espace présentait deux cartes : le zonage réglementaire du PPRL et le relief de l'île. Entre les cartes était placé une échelle NGF et deux macarons : un pour le niveau d'eau atteint lors de la tempête Xynthia (4,20m NGF), et un pour la stratégie de protection en cours (5m NGF) l'idée était de faire un parallèle entre la vulnérabilité et l'altimétrie du territoire, et de donner du sens à l'unité NGF. Cet espace a permis de répondre à de nombreuses interrogations au sujet du PPRL et de donner du sens à sa cartographie, souvent mal comprise et méconnue.



l'Espace histoire et action du territoire : cet espace présentait 9 panneaux de type roll'up réalisés par l'agence Mayane pour le compte de la CCIN. l'objectif était d'avoir une vision d'ensemble du territoire vis à vis des risques littoraux en traitant de l'ensemble des thématiques liées (géographie, histoire, changement climatique, acteurs impliqués, observatoire du littoral, moyens de protection).



l'espace simulateur : Deux simulateurs propriété de l'État étaient mis à disposition du public. l'un présentait une portière de voiture et l'autre une porte de garage souterrain. Dans les 2 cas, la simulation consistait à essayer d'ouvrir la porte en fonction de la pression exercée par l'eau (différents niveaux à tester, variant de 0 à 40 cm). Cela a permis de rendre les impacts des inondations plus concrètes et de favoriser les bons réflexes en cas d'inondation. Ces outils ont joué un rôle pédagogique important durant l'événement.



Les photos avant maintenant ont été réalisées en début de stage. Après avoir récupéré auprès de particuliers mais aussi via des sources internet en accès libre des cartes postales anciennes du littoral noirmoutrin, il a fallu les numériser afin de les intégrer au webSIG Isigéo. Ce web SIG très complet est un outil important pour le service gestion du littoral. Il regroupe de nombreuses informations, réparties en deux bases de données : la BD mer et la BD veille littorale. On peut y trouver notamment l'ensemble des ouvrages du front de mer, l'avancée ou le recul du trait de côte à différentes années (1999, 2014, 2016, 2017) en fonction des différentes campagnes de relevé du trait de côte effectué par l'agent de la CCIN des photographies des dégâts sur ouvrages lors de tempêtes, etc.

Ainsi la base de photographies anciennes a été intégrée à la BD veille littorale. Pour chacune de ces photos, une fiche renseignant la date (quand elle était mentionnée), l'éditeur et le lieu était générée. Ensuite un travail de terrain a permis de reprendre le même cliché aujourd'hui, depuis un angle de vue identique à celui des cartes postales anciennes. Pour les besoins de l'exposition les prises de vue se sont limitées à 10 photos, mais à l'avenir de nombreuses autres pourront être faites. Ces photographies traduisent de l'évolution du littoral, qu'elle soit « positive » ou « négative ». Certaines montraient par exemple un secteur dunaire autrefois en bonne santé et aujourd'hui en forte érosion, d'autres traduisaient des aménagements de défenses mis en place à travers la pose d'enrochements ou de systèmes d'endiguement, ou encore certaines montraient des aménagements urbains tels que l'émergence du port de l'Herbaudière aujourd'hui fortement aménagé pour la pêche et la plaisance, la ou il n'y avait que quelques bateaux de pêcheurs et très peu d'activité touristique autrefois.

Plage des Lutins, Noirmoutier-en-l'île

Avant (date inconnue)



Crédit : collection Delcampe, web

Maintenant



Crédit : CCIN, service SIG

Ici on observe le recul de la plage en bas à gauche de la photo ancienne, à force d'érosion. Des protections ont été mises en place afin de parer la récente création d'une micro-falaise sur la dune en arrière plan (photo récente).

b) L'affinage de la BD historique (renseignement et localisation des impacts) et les premiers résultats

Lors d'un stage durant l'été 2017, Julien Fondin a élaboré une base de donnée des tempêtes passées. c'est lui qui a développé le système de fiches tempêtes, archives, points et linéaires de suivi, et observations. Après un long travail de recherche dans les archives, il avait compléter toute les fiches tempêtes et les fiches archives de la base de donnée. Il a engagé la géolocalisation des impacts selon les archives (fiches points et linéaires de suivi) mais n'a pas pu finir ce travail pendant la durée de son stage. 60 fiches linéaires de suivi et 86 fiches observations ont été saisies.

Par ailleurs il a rédigé un protocole pour chaque rédaction de fiche et ajout de donnée sur le webSIG Isigéo. Il a été possible, en suivant ce protocole de continuer et de finir ce travail.

La fiche « point et linéaire de suivi » fonctionne comme un identifiant qui renseigne sur la nature et le contexte du dégât. Les fiches observations y sont d'ailleurs rattachées et permettent d'être très précis sur les impacts observés. La fiche points et linéaire est rattachée à un figuré sur la carte du webSIG isigéo. Ainsi, lorsque l'on clique sur ce figuré, la fiche apparaît, accompagnée d'un onglet observation, correspondant aux observations faites in situ pour les plus récentes, et dans les archives pour les plus anciennes. Un niveau de gravité est à compléter sur la fiche du point ou du linéaire. Cette graduation de la gravité a été faite par le service gestion du littoral à partir de connaissances empiriques de dégâts sur ouvrages. Les critères ne sont d'ailleurs pas les mêmes selon la nature de l'ouvrage.

Pour saisir les points et linéaires de suivi des tempêtes anciennes (et donc à partir d'archives), il faut localiser le dégât à partir de sources écrites, dessinées (cartographie), photographiées. Or pour les plus anciennes des archives, les dégâts étaient plus ou moins bien localisés. Ainsi, 4 niveaux de précisions ont été instaurés : la précision au PK (point kilométrique), à l'ouvrage, au lieu-dit, à la commune et à l'île . Ces 4 niveaux se réfèrent à la précision des archives. Certaines ne citent que des lieux dit (« le puits rouillé »), d'autres sont précis au bâti prêt (« villa bicoque aux Sableaux ») ou d'autres ne parlent que de « volements de sables à l'Épine » ce qui reste relativement vague puisqu'à l'échelle de la commune. Enfin pour la précision au PK, une échelle kilométrique a été réalisée par les agents du service Mer tout autour de l'île. Cette dernière est matérialisée par des clous tout les 25m et 50m. Elle a été reproduite sur la carte interactive du websig, ce qui permet une bonne précision lors de la saisie de points.

Les impacts n'étant pas tous suffisamment détaillés pour les localiser précisément sur l'île, certains sont donc rattachés aux ouvrages, mais d'autres impacts n'ont pu être localisés qu'au lieu dit, à la commune, ou à l'île. Par conséquent, la représentation des différents impacts ne se fera pas de la même façon :

Pour les dégâts précis au « PK ou équivalent », le linéaire correspond exactement aux dégâts causés sur les ouvrages. Si les dégâts sont localisés en un point bien précis, une ligne très courte a été créée , elle est alors vue comme un point à une échelle plus large.

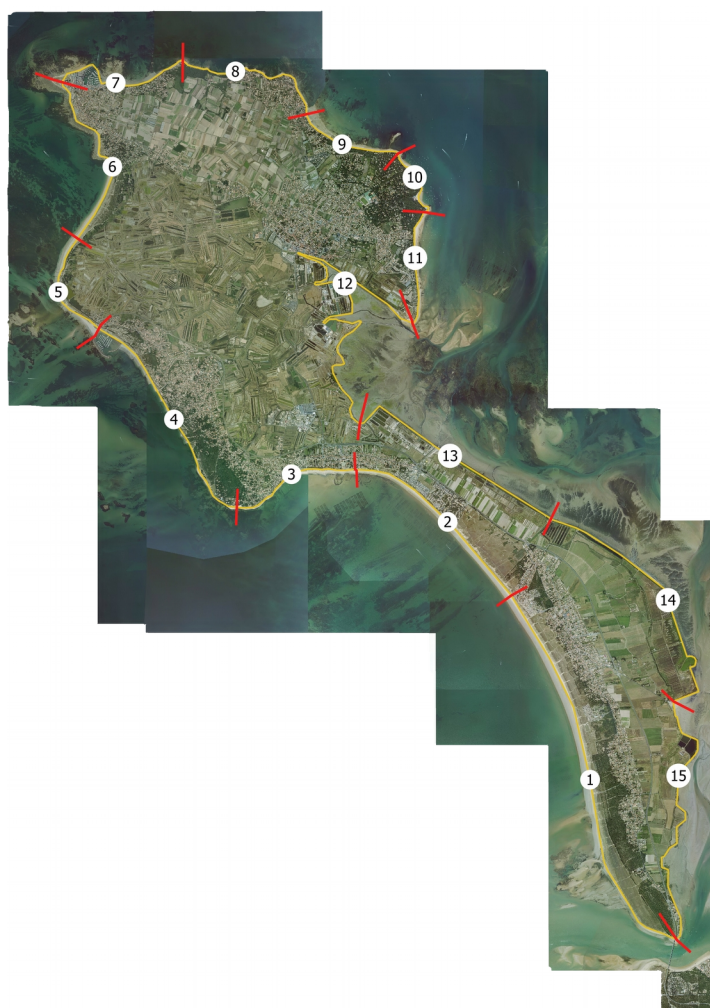
Si la précision est à l'ouvrage, comme une digue, une dune, un épi, un linéaire a été créé le long de l'ouvrage. Ainsi, un seul linéaire est créé, et toutes les tempêtes ayant impactées l'ouvrage sont renseignés et rattaché à ce dernier.

Pour la précision au lieu dit et à la commune : comme les dégâts ne peuvent être localisés précisément, une forme est créée sur un lieu neutre au centre de chacune des communes. Les observations sont alors toutes rattachées à cette forme.

Par conséquent, un linéaire peut faire le lien entre plusieurs fiches observations. Et de la même façon, une tempête peut se traduire sur la carte par plusieurs points de suivi.

Afin de faciliter le travail de localisation des impacts des tempêtes passées, il a été décidé de découper le littoral de l'île en secteurs homogènes dans leur expositions aux phénomènes météorologiques marins. Une logique d'homogénéité dans les natures d'ouvrages et de morphologie a aussi été respectée. Ce découpage peut être également un appui à la surveillance en cas d'événement tempétueux. En tout 15 secteurs ont vu le jour.

numérotation	secteurs
1	Barbâtre ouest
2	Tresson SO
3	perrés la Guérinière
4	Eloux l'Epine
5	le Devin
6	Luzéronde
7	la Linière
8	le Vieil
9	la Clère
10	Bois de la Chaise
11	le Sableaux
12	port NO
13	Nouvelle Brille
14	Sebastopol
15	sud Gois



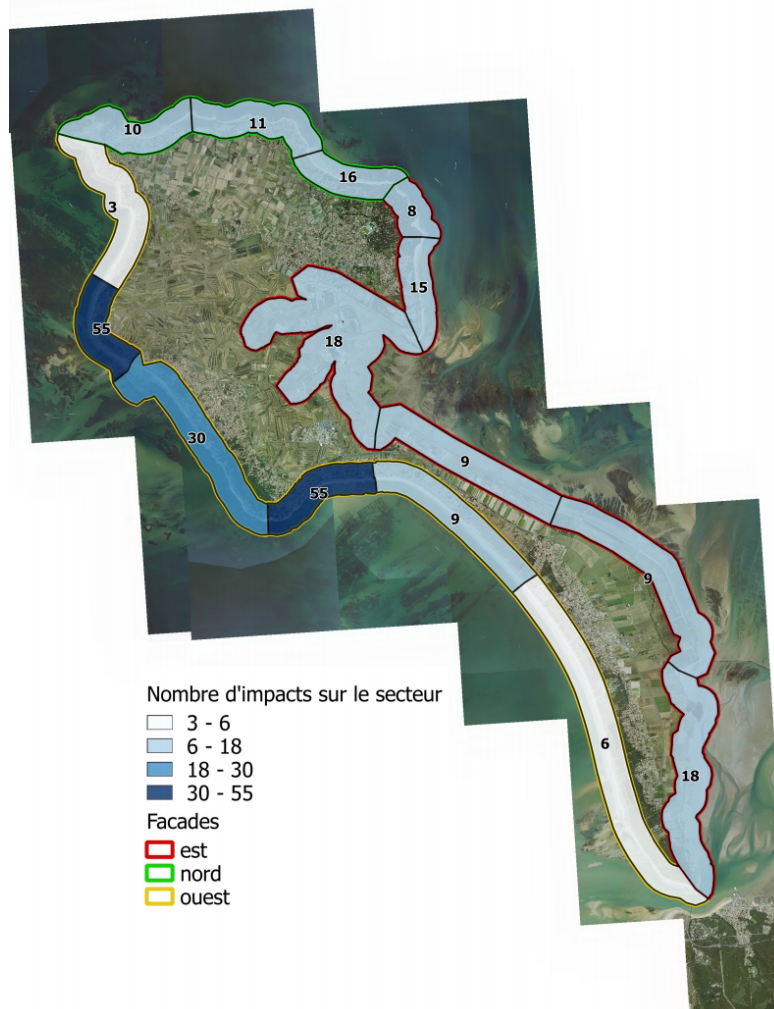
Ce découpage est utile à plusieurs niveaux. Tout d'abord il permet de déterminer, suite à l'étude sur les conditions météo des tempêtes passées, les types de tempêtes à risque pour chaque secteur. Il

permet de faciliter le traitement statistique des données historiques, en rattachant une tempête à un secteur (sachant qu'une tempête à pu frapper plusieurs secteurs) et ainsi de faire des statistiques en fonction des secteurs, ou en fonction des tempêtes.

Enfin il permet également lors d'une alerte de faire ressortir les secteurs prioritaires, en fonction de la connaissance des tempêtes passées et de « l'historique du secteur ». Il est alors possible de les hiérarchiser en fonction de leurs degré d'exposition et de vulnérabilité. La visite d'ouvrages peut s'organiser ensuite en fonction de cette hiérarchie. Ainsi la veille littorale peut se concentrer sur certains points précis plutôt que de surveiller de grandes portions de trait de côte. Néanmoins cette visite d'ouvrage tient également compte des portions d'ouvrages en travaux (qui sont prioritaires s'ils sont exposés à la tempête annoncée) et des enjeux inhérents au secteur.

Suite à ce découpage, il a été possible de renseigner le ou les secteurs touchés lors de chaque événements tempétueux. Le principe était le même que pour la saisie des fiches »points et linéaires de suivi », à la seule différence que c'est une saisie en base de donnée sans cartographie, ce qui permet donc d'en extraire des fichiers excel et ainsi de générer des statistiques. C'est le point de départ de la typologie.

Nombre d'impact des tempêtes historiques par secteur de trait de côte



Une fois tous les secteurs impactés renseignés, une carte montrant tous les impacts historiques par secteur a pu être générée. Elle prend en compte tous les impacts depuis 1352, date de la tempête la plus ancienne recensée dans la base de données. Il y a logiquement plus d'impacts que d'événements, une tempête pouvant avoir fait plusieurs impacts sur l'île. Même si les secteurs les plus impactés étaient déjà identifiés par les agents de la Communauté de Communes, cette carte permet de se faire une idée quantitative des impacts des tempêtes passées. Les secteurs du Devin et de la Guérinière sont les plus touchés, mais on remarque qu'en consultant les archives, la défense face à la mer est très ancienne, avec des ouvrages mis en place dès le 17-18^e siècle.

Parallèlement à ce travail, la Communauté de Communes a répondu à un appel à communication de la SHF (Société Hydrotechnique de France) concernant son colloque à Avignon du 14 au 16 novembre 2018, intitulé « De la prévision des crues à la gestion de crise ». La SHF a en effet demandé aux organismes d'états en charge de la sécurité civile, aux collectivités chargées de la sauvegarde de la population, aux différents gestionnaires de réseaux, mais également aux scientifiques d'envoyer des résumés d'articles afin qu'ils soient étudiés et peut être sélectionnés dans le but d'être présentés lors du colloque. Or Les trois résumés d'article envoyés ont reçu des réponses favorables. Un article intitulé « De l'analyse des tempêtes passées à la surveillance de la côte. Le cas de l'île de Noirmoutier face au risque de submersion » a donc été rédigé puis envoyé à la SHF. Une dernière sélection est prévue afin d'affiner les articles présentés durant le colloque.

Les articles devaient traiter d'un des deux sujets suivants :

- Avancées scientifiques et opérationnelles sur la prévision des crues et inondations
- De la préparation à la gestion de crise

c) La caractérisation météorologique des tempêtes passées et la collecte de données

Une fois la géolocalisation des impacts et leur intégration à la base faite, la consolidation de cette base de données se poursuit avec la caractérisation des conditions météo-marines des tempêtes passées. En effet pour pouvoir générer une typologie d'événements en fonction des zones impactées, il faut connaître les conditions météo d'un événement passé, afin de les croiser avec les secteurs impactés par cette tempête. Ainsi il sera possible de rattacher des conditions météorologiques à un ou plusieurs secteurs sur l'île, par traitement statistique notamment.

À la suite de réunions avec les agents du service mer, les paramètres météo-marins à renseigner ont été déterminés, afin de caractériser la nature de l'aléa. La volonté de départ était de prendre

en compte un maximum de données météo, tout en sachant qu'il y aura forcément quelques limites temporelles et techniques à leurs acquisitions. Cette volonté est surtout due au fait que ce genre de recherche de données devra se faire pour les tempêtes à venir, afin d'alimenter la base de données des tempêtes en temps réel. Or pour une tempête actuelle toutes les données sont disponibles, contrairement aux tempêtes passées où la recherche de données dépend beaucoup de leur recensement, pas toujours fiable/acceptable à l'époque. Les conditions météo-marines étudiées pour chaque événement tempétueux passé sont les suivantes :

- le vent : vent moyen, vitesse max, orientation, vent durant la pleine mer
- la houle : houles H1/3, période, direction au large et à la côte
- la marée : hauteur de pleine mer, hauteur max pleine mer + surcote, coefficients
- la surcote : à pleine mer et maximale
- la pluviométrie : sur 24h et 6 jours
- la pression atmosphérique : pression min et pression pendant la pleine mer

Il faut faire attention, lors de la recherche de données météo, à la nuance entre « données observées » et « données prédites ». Pour le travail de renseignement des conditions météo-marines des tempêtes passées, nous nous intéresserons aux données observées, c'est à dire réelles, puisque mesurées par des outils de calcul. Néanmoins pour le renseignement de données d'une tempête à venir généré lors d'une alerte VVS, il faudra se fier à des données prédites, c'est à dire qui contiennent une part d'incertitude. En effet la CCIN souhaite mettre en place le même exercice lors d'une alerte tempête. Il sera alors possible à partir de ces données sur les conditions de l'événement d'anticiper les secteurs à risque, en se reportant à l'étude de la typologie des événements passés.

Un protocole de recherche de la donnée sur des sources principalement numériques a été réalisé . Il vaut pour la recherche de données observées et prédites, les deux étant souvent accessibles sur les mêmes sites.

Voici les sites utilisés pour renseigner les caractéristiques météorologiques des événements passés :

- Pour le vent :

Windguru: Données de prévisions heure par heure du vent moyen, des rafales, de sa vitesse pendant la pleine mer et de sa direction pour les 10 jours à venir. Pour les prévisions de vents, le site propose des données WRF (Weather Research and Forecasting), qui est le plus récent modèle informatique de prévision numérique du temps pour effectuer des prévisions météorologiques. Les

données sont à l'échelle locale puisque 3 stations sont répertoriées sur l'île. Ce site a l'avantage de contenir toute les données de vent souhaitées pour la prévision.

data.shom.fr : Données d'observation et de prévisions du vent moyen et de sa direction, pour les 15 jours passés et les 24 heures à venir. Prévision tout les 3 heures. Cette source est intéressante car elle propose une cartographie qui permet d'être précis sur la localisation. Néanmoins ce sont plus des données d'observations compte tenu du pas de temps réduit (24h) de la prévision.

Météo france: Données de prévisions tout les 6 heures et pour les 4 jours à venir du vent moyen, de sa direction et de sa force sur l'échelle de Beaufort. Ces données sont moins précises, puisque les prévisions sont à l'échelle de la Vendée.

Météo france pro (compte interne à la CCIN): Données d'observation à l'heure du vent moyen, des rafales, et de sa direction. Les données sont disponibles pour les 4 jours passés. Bon niveau de précision, à l'échelle de l'île.

- Pour la houle :

marc.ifremer.fr: Données de prévisions et d'observations des houles H1/3, de la période et des directions au large et sur la cote. Les données sont archivées depuis janvier 2013, et les prévisions vont jusqu'à 5 jours, heure par heure. Une liste déroulante en haut à droite permet d'accéder aux différentes données. L'onglet « hauteur significative des vagues » correspond aux houles H1/3. L'intérêt de ce site est d'avoir une cartographie précise du secteur de Noirmoutier

data.shom.fr : Données de prévision et d'observation de la houle H1/3, de sa période et de sa direction au large et à la cote. Les données sont consultables pour les 16 jours passés et les 2 jours à venir, toute les 3 heures. Tout comme le site marc.ifremer.fr, celui ci propose une cartographie sur laquelle les hauteurs et les directions de houle sont visibles. Les prévisions vont cependant moins loin dans le temps (5 jours sur le site de l'ifremer).

windguru: Données de prévisions des houles H1/3, de la période et des directions à la cote. Les prévisions vont jusqu'à 10 jours, toute les 3 heures.

- Pour la marée :

maree.shom.fr : Prévisions et observations de la pleine mer et des coefficients. Les données sont archivées jusqu'à 1300, et les prévisions vont jusqu'à mai 2019. les hauteurs d'eau sont référencées par rapport au zéro hydrographique. Soustraire 3,10 m pour avoir la cote NGF.

data.shom.fr : Données de prévision de la pleine mer et de la hauteur maximale (PM + surcote). Pour la pleine mer, les prévisions vont jusqu'à 20 jours, mais pour la hauteur maximale, les prévisions vont jusqu'à 4 jours car les données de surcote ne sont pas prévisibles à plus long terme.

- Pour la surcote :

data.shom.fr : Données de prévision et d'observation de la surcote pendant la pleine mer et de la surcote maximale. Elles sont observables depuis le 13 juin 2014 et prévisible sur 24 heures. Le graphique de surcote – décote indique la surcote prédite (en rouge) et la surcote observée (en marron).

marc.ifremer.fr : Données de prévision et d'observation de la surcote pendant la pleine mer et de la surcote maximale. Elles sont observables depuis mai 2013 et prévisibles jusqu'à 3 jours, tout les quarts d'heure. Afin de visualiser quand à lieu la surcote maximale, une animation sur 8, 12 ou 24 h est possible, ce qui permet d'inclure un cycle de marée semi-diurne. On peut ainsi voir si la surcote maximale correspond ou non à la pleine mer, mais aussi voir quelle est la surcote lors de la pleine mer.

- Pour la pluie :

pro.meteofrance.com : Données des précipitations observées sur 24h et sur 6 jours. 3 possibilités : observer les précipitations heure par heure pendant 24h, observer les précipitation moyenne sur 24h pendant 6 jours, ou observer les précipitations heure par heure des 4 derniers jours.

- Pour la pression atmosphérique :

data.shom.fr : données de prévision et d'observation de la pression pendant la pleine mer et de la pression minimum. Elles sont observables des 15 jours passés jusqu'aux 24h à venir.

www.allosurf.net : Données de prévisions de la pression pendant la pleine mer et de la pression minimum toute les 3 heures, sur 10 jours. L'inconvénient de ce site est qu'il manque de précision, puisque les données sont à l'échelle de l'Atlantique Nord Ouest. En revanche il permet de bien voir la formation des dépressions océaniques pouvant frapper le littoral français.

Il a été décidé, suite aux échanges avec les agents du service mer, de baser la future typologie des tempête sur un pas de temps d'au moins 100 ans. Il fallait donc des données météo-marines pouvant remonter jusqu'à 1910-1920. Or c'est la que les première contraintes apparaissent. Les données observées de vent, de houles et de surcotes ne remontaient que jusqu'en 1969 pour les plus anciennes, sur des instruments de mesures délimités par l'île d'Yeu au sud et St Nazaire au nord.

Les données de pression atmosphériques et de pluviométrie étaient également limitées dans le temps. De manière générale, il est très difficile d'avoir des données météorologiques observées avant 1970.

Parallèlement à cette recherche de données sur le web, plusieurs organismes susceptibles de posséder des données de mesure météorologiques ont été contactés. Certains ont été contactés non pas dans le but de récupérer de la donnée mais pour avoir des informations sur quelques tempêtes passées, ou encore des précisions sur des outils de prévision de tempête. Les structures contactées sont le CEREMA, Météo France, la communauté d'agglomération de la Rochelle, le bureau d'étude DHI et une doctorante de l'université de Nantes (intitulé de thèse : dérèglements du temps et sociétés dans les provinces de la façade occidentale du Royaume de France, début XIVE-fin XVIe siècle). Certaines de ces structures travaillent ponctuellement avec la CCIN sur des projets communs (comme la communauté d'agglomération rochelaise), ou dans le cadre d'études techniques sur le territoire (DHI).

Dans un premier temps le contact a été pris avec Mr Franck Baraere de Météo France. Il a notamment participé à l'élaboration du projet VIMER (étude sur les tempêtes passées ayant affectées le littoral breton). Il évoque le long travail de recherche de données météo-marines inhérent à ce projet. Lorsque est abordé le besoin en données de la CCIN, il cite la publithèque, qui est un espace de données météo publique de Météo France accessible sur internet. Les données sont variées, allant des mesures de houles à l'évapo-transpiration du couvert végétal, le tout à des pas de temps quotidiens, hebdomadaires, mensuels. Cependant en se rendant sur le site on constate un pas de temps assez restreint, puisque les données marines ne remontent que jusqu'en 1996. De plus les données sont payantes, à raison de 0,04€ la donnée (force du vent à une station à une heure précise par exemple).

Toujours à propos de la recherche de données météo anciennes, il cite les réanalyses de la NAO, qui sont des observations météorologiques plus généralisées (à l'échelle de l'atlantique nord-est), mais gratuites et remontant loin dans le temps.

Cette fois-ci c'est à propos des données de houles que le CEREMA a été contacté. En effet cet organisme est le gestionnaire de nombreuses bouées de mesure de houles, il a également participer au projet VIMER, en fournissant les données de ses bouées. Un mail a donc été envoyé à Mr Xavier Kergadallan, directeur d'étude au CEREMA, en lui demandant s'il serait possible d'avoir accès à des données de houles pour une liste d'événements préalablement sélectionnés. Il renvoie une série de rapports recensant les événements tempétueux sur la région, mais il n'a travaillé que sur les mesures disponibles, donc qui ne remontent pas très loin dans le temps. De plus, il n'y a pas de données disponibles pour chacune des dates qui intéressent la CCIN, les données de hauteurs

de houles sont très ponctuelles (17 tempêtes renseignées sur 83). Il est donc compliqué de les intégrer à la base de donnée, leurs ponctualité les rendant peu significatives.

Enfin, le bureau d'étude DHI a été contacté pour répondre aux deux demandes que sont la recherche de données météo anciennes et la prospection d'outils de prévision des tempêtes. Au sujet des données météo anciennes, Fabrice Gouaud, responsable département littoral et offshore, nous indique que DHI a développé un site d'accès aux données appelé Metocéan. Mais ce dernier contient également de la donnée de mesure de vents et de houles payante.

Finalement, ces entretiens sont presque infructueux. Presque car c'est Mr Baraere de Météo France qui mentionne les réanalyses de la NAO. Or en y regardant de plus près, ces réanalyses sont intéressantes en plusieurs points. Tout d'abord pour comprendre ce qu'est une réanalyse météorologique, il faut s'intéresser à ce qu'est une analyse météorologique.

Afin de produire des prévisions météorologiques de qualité, le modèle de prévision doit connaître l'état de l'atmosphère et de la surface au moment identifié comme étant le temps initial de la prévision à produire. Pour ce faire, des observations de diverses sources et régions du globe sont intégrées dans le modèle de prévision par le biais d'une procédure appelée le cycle d'assimilation des données. Ces observations proviennent de radiosondage aérologiques, de stations météorologiques de surface, de satellites, de radars, etc. L'assimilation de données observées repose sur des techniques mathématiques sophistiquées qui doivent composer avec le fait que les observations sont effectuées à des temps différents, qu'elles contiennent des erreurs ou sont incomplètes. Ces données peuvent aussi provenir de sources et d'instruments variés ayant diverses couvertures spatiales et temporelles. Elles peuvent même être inexistantes pour certaines variables du modèle, comme par exemple le contenu en eau du sol.

A l'instar des modèles de climat, les modèles de prévision météorologiques sont aussi des modèles physiques basés sur les équations de la mécanique des fluides. Ces équations leur procurent la capacité de produire de nombreuses variables cohérents entre elles dans l'espace et dans le temps. Une fois son cycle d'assimilation complété, le modèle de prévision établit le portrait le plus fidèle possible de l'atmosphère au temps initial pour plusieurs dizaines de variables cohérentes, incluant les variables qui ne sont pas mesurées : c'est ce qu'on appelle une *analyse*. Autrement dit, les analyses comprennent donc deux types de variables : 1) celles pour lesquelles le modèle a pu tenir compte des observations et 2) celles qui sont de purs produits du modèles car aucune

observation n'est disponible. Lorsque l'analyse est prête, le modèle l'utilise pour initialiser la simulation qui lui permettra de produire les prévisions météorologiques du temps à venir. Les analyses sont produites entre 2 et 4 fois par jours et sont conservées par les différents centres de prévision météorologiques dans le monde.

Les analyses météorologiques produites depuis plusieurs décennies sont précieuses, car de cette série de portraits de l'atmosphère réelle, il est possible d'en dériver les caractéristiques du climat réel pour un grand nombre de variables climatiques. Cette tâche peut s'avérer ardue car à travers les années, les modèles de prévisions météorologiques de plus en plus performants se sont succédé, leur résolution horizontale et verticale s'est affinée, certaines variables ont disparues alors que d'autres ont été introduites. Ce manque d'homogénéité fait en sorte que les analyses sont des produits difficiles à utiliser, particulièrement lorsque l'on veut analyser le climat sur une longue période.

Pour remédier à ce problème, certains centres de prévisions ont choisi de revisiter leurs archives afin de produire des *réanalyses*. Pour ce faire, ces centres choisissent la version la plus récente de leur modèle de prévision météorologique ainsi que leur algorithme d'assimilation de données, et fixent ensuite une résolution horizontale et verticale qui demeurera uniforme pour toute la période revisitée. De nouvelles sources d'observations peuvent être intégrées à la procédure ce qui permet d'améliorer la représentation du climat. C'est pour cela que ce travail est généralement fait pour des périodes où les réseaux d'observation sont variés, denses et fiables. Les réanalyses couvrent plusieurs décennies.

La production de réanalyses demande un effort colossal en terme de ressources financières et techniques qui ne sont à la portée que de quelques grands centres de prévision. Les plus connues sont le National Center of Environmental Prediction (NCEP) ou le European Center for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF)

Même si les réanalyses intègrent des données observées et qu'elles offrent un portrait de la réalité, on peut remarquer des différences importantes selon les bases de données de réanalyses, surtout dans les régions où les observations sont rares. De plus, les diverses réanalyses sont issues de modèles de prévisions différents qui n'utilisent pas les mêmes schémas d'assimilation. Leur résolution et la sélection d'observation varient également. Les variables pour lesquelles il n'existe pas d'observation présentent potentiellement les plus grandes disparités car elles sont déterminées uniquement par le modèle de prévision. En dépit de ces incertitudes, les réanalyses représentent

un outil précieux et indispensable pour l'étude du climat car elles permettent de faire l'analyse climatique présente et passée de nombreuses variables et de leurs interactions.

Nous verrons par la suite comment ont été utilisés les réanalyses NAO. Suite à ce travail de recherche de données météo-marines, des disparités d'accès aux données ont été décelées. Si les données de hauteur d'eau et d'orientation du vent sont bien recensées historiquement, celles de houle, de précipitation et de force du vent sont en revanche plus rares et remontent moins loin dans le temps. Au vu des données disponibles, il a donc été décidé de réduire le nombre de paramètres météo à :

- l'orientation du vent
- la hauteur d'eau maximale avec surcote

Les plus anciennes données d'orientation du vent observé dans une même base de donnée (site web infoclimat) remontaient jusqu'en 1973 pour la station de l'île d'Yeu-St Sauveur, soit environ un tiers de la période souhaitée d'un siècle. C'est ici que les réanalyses NAO interviennent. Toujours sur le site infoclimat, quelques variables calculées à partir de réanalyses sont disponibles, comme les précipitations, la température, les courants-jet et les vents de surface. Ces réanalyses sont celles du NCEP, et elles sont visibles sur une carte de la zone atlantique nord est. Cette zone est composée d'un maillage d'outils et de stations de mesures observées dense. C'est pourquoi ces réanalyses remontent jusqu'en 1871, ce qui correspond aux attentes de la CCIN quant à la période d'étude des conditions météorologiques des tempêtes passées. La variable prise en compte ici est le vent de surface. Ainsi, il est possible de rentrer la date de survenance de l'événement passé et de voir quel était la direction et la force moyenne du vent, même si ce n'est que la direction qui a un intérêt pour l'étude.

Après avoir renseigné toute les orientations de vent pour un maximum de tempêtes de la base de donnée, l'événement le plus ancien remonte au 1^{er} janvier 1877. la Typologie se fera donc à partir de 83 tempêtes réparties sur 141 ans (1877-2018).

(la force moyenne du vent est une variable bien renseignée puisque calculée à partir des réanalyses, mais il a été décidé de ne pas la prendre en compte car elle est peu significative. En effet, il est plus intéressant d'avoir une donnée de vent en rafale voir d'avoir une force de vent concomitante à la pleine mer, mais une moyenne du vent calculé sur 24h n'a que peu d'intérêt pour différencier des tempêtes)

La hauteur d'eau a quant à elle été déterminée à partir de données du marégraphe de Saint Nazaire. En effet, un marégraphe est présent sur l'île mais seulement depuis 2014. Les mesures de hauteurs d'eau les plus proches sont donc celles du marégraphe de Saint Nazaire. Ces données ont été acquises par la CCIN suite à une demande auprès du SHOM. La CCIN avait préalablement envoyé une liste de tempête pour lesquelles elle souhaitait avoir des données de hauteurs d'eau, remontant jusqu'en 1863. Les mesures remontent jusqu'en 1863 et sont à des pas de temps variables de 5 min, 1/4 d'heure et une heure. Selon la période, les données proviennent de registres renumérisés, de marégrammes digitalisés, ou directement du site data.shom pour les plus récentes. Elles ont été ensuite compilées de manière à avoir un document complet. Ces hauteurs d'eau sont des mesures observées, donc elles prennent en compte les surcotes et décotes. Afin d'avoir la hauteur de surcote, il a fallu soustraire les données observées du marégraphe de St Nazaire aux hauteurs de marée sans surcotes à la même date et à la même heure, observables sur le site maree.shom.fr.

À la fin de ce travail de récolte de données et de caractérisation météorologique des tempêtes passées, une base de 83 tempêtes a vu le jour auxquelles ont été rattachés les données suivantes :

- Direction du vent
- surcote
- hauteurs d'eau à St Nazaire

ainsi que quelques données complémentaires comme la présence ou non d'une submersion lors de l'événement et le détail des secteurs impactés par l'événement.

d) La construction de la typologie de tempêtes

Suite à la géolocalisation des impacts, au découpage en secteurs et à la caractérisation météorologique des tempêtes passées, la définition d'une typologie peut être mise en place afin de déterminer les types de tempête à risque pour chaque secteur.

Les 83 événements tempétueux ont été répartis selon les deux variables orientation du vent et hauteur d'eau observée. Ces variables ont été réparties de la façon suivante.

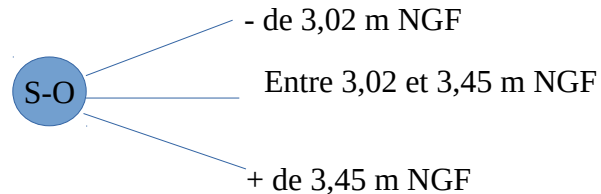
Pour l'orientation du vent, les tempêtes ont été réparties en 8 orientations soit :

- nord
- nord-est
- est

- sud-est
- sud
- sud-ouest
- ouest
- nord ouest

Les hauteurs d'eau ont été traitées de manière à rassembler les tempêtes en 3 seuils de hauteur d'eau. Le marégraphe de l'Herbaudière n'étant opérationnel que depuis avril 2014, les hauteurs d'eau ont été prises au marégraphe de St Nazaire. Afin de générer les 3 seuils, un découpage en quartile de la série de hauteur d'eau a été fait. La plus petite hauteur est 1,71 m NGF, la plus grande 4,20. Ainsi les quartiles sont les suivants : Q1 = 2,56, Q2 = 3,02, Q3 = 3,45. Il a été décidé de faire un seuil à 3,02 m (Q2), car un seuil à 2,56 m (Q1) n'aurait pas été significatif. Les 3 seuils sont les suivants :

- moins de 3,02 m NGF
- entre 3,02 et 3,45 m NGF
- plus de 3,45 m NGF



Logiquement, l'analyse selon l'orientation du vent et les seuils de hauteurs d'eau devrait donc faire apparaître 24 types de tempêtes, soit 8x3. Cependant, pour certaines combinaisons, aucun événement n'a impacté l'île de Noirmoutier, ce qui ramène le résultat à **21 types de tempêtes**.

Le tableau ci-après présentent l'ensemble des typologies ainsi que le nombre de tempêtes qui y sont associées. On remarque que les types de tempêtes identifiés sont loin d'être équiprobables. Les tempêtes d'ouest, de sud-ouest et de sud représentent à elles seules 78 % des 83 tempêtes globales. A l'inverse certaines tempêtes ne touchent que rarement l'île historiquement, on observe seulement 2 tempêtes de nord et de sud-est.

Orientation	nombre de tempêtes	seuils de hauteur d'eau	nombre de tempêtes
S	14	S1	6
		S2	3
		S3	5
SO	30	SO1	14
		SO2	6
		SO3	10
O	21	O1	12
		O2	6
		O3	3
NO	5	NO1	3
		NO2	1
		NO3	1
N	2	N1	1
		N2	1
NE	6	NE1	3
		NE2	1
		NE3	2
E	3	E1	1
		E2	2
SE	2	SE2	1
		SE3	1

La suite du travail est maintenant d'analyser quels ont été les secteurs impactés par chaque type de tempête, afin de voir si ces types de tempête frappent toujours les mêmes secteurs ou si les impacts sont hétérogènes sur l'île pour un même type d'événement. Néanmoins après une première analyse par type de tempête, il s'avère que les secteurs impactés sont justement relativement hétérogènes ce qui ne donne pas de résultats très concluants. Il a donc été décidé de partir des secteurs et d'étudier les types de tempêtes qui l'ont impacté, plutôt que de faire l'inverse.

Ainsi une série d'analyse statistique ont été menées, afin d'identifier les types de tempête à risque pour chaque secteur. Les résultats de ces analyses sont à retrouver en annexe.

- Statistique des types de tempête les plus fréquents sur chaque secteurs (en valeur relative)
- Répartition des impacts pour l'ensemble des tempêtes passées d'une même orientation de vent par secteur géographique (sans prise en compte des hauteurs d'eau)
- Direction des vents des tempêtes passées par secteur géographique (en valeur relatives)
- Bilan de l'orientation des tempêtes ayant impactées chaque secteur (en valeur réelles)
- Distribution des tempêtes passées par secteur géographiques selon leur seuil de hauteur d'eau

Afin de limiter les erreurs d'interprétations, certains de ces traitements ont été réalisés sans tenir compte de la fréquence des événements. Sinon, les résultats concentreraient majoritairement les dégâts des tempêtes les plus fréquentes, occultant alors les dégâts des tempêtes de type différents mais moins fréquentes. Il a alors été décidé de calculer non plus le nombre de tempêtes de chaque

type par secteur, mais la proportion de tempêtes de chaque type par rapport au nombre total de tempête de ce type. C'est la différence entre les statistiques en valeur réelles et celles en relatives. Ainsi cela nous donne la fréquence des tempêtes proportionnellement à la fréquence globale de toute la classe de tempête dans le passé.

Un secteur comme les Sableaux par exemple, orienté plein est, est frappé par 9 tempêtes historiquement. Elles sont réparties ainsi : 3 tempêtes d'ouest, 3 de sud, une de nord-est, une de sud-est et une d'est. On peut alors penser que ce secteur est plus sensible aux deux premières orientations, mais c'est uniquement parce qu'il y a plus fréquemment eu par le passé des tempêtes de ce type. Avec ce nouveau calcul, les 3 tempêtes de sud ne représentent que 21 % de l'ensemble des tempêtes de sud (3 sur 14 historiquement), alors que l'unique tempête d'est représente 33% de l'ensemble des tempêtes d'est (une sur 3 historiquement). Précisons ici que pour l'exemple les hauteurs d'eau n'ont pas été prises en compte (cf nombre de tempête par orientation de vent dans tableau). Ainsi si les tempêtes de sud sont plus fréquentes du fait de leurs récurrence historique, les tempêtes d'est ont une plus forte probabilité d'occurrence (= probabilité pour qu'un événement de ce type touche le secteur) et sont donc tout autant, voir plus à risque.

Une fois les types de tempêtes identifiés et les secteurs du trait de côte définis, un premier recoupement permet d'analyser le nombre de dégâts (et leur localisation) engendrés par une tempête selon ses caractéristiques météo-marines. Cette analyse donne lieu à deux lectures :

- On peut partir d'un secteur afin de définir les paramètres météo-marins auxquels il est le plus sensibles
- ou partir d'un type de tempête et identifier les secteurs qu'il est susceptible d'endommager.

Ces analyses doivent être nuancées, car elles s'appuient sur les dégâts historiques observés sur le territoire, sans en préciser le niveau de gravité et sans tenir compte d'éventuels travaux et ouvrages mis en place depuis.

e) Perspectives de développement d'un outil de prévision

Outre l'amélioration des connaissances des événements du passé, la CCIN souhaite pouvoir développer à terme un outil capable de définir les ouvrages de défense susceptibles d'être frappés par une tempête annoncée. Cet outil interviendrait comme une aide à la décision pour la

surveillance d'ouvrage, et permettrait « d'afficher » les secteurs et ouvrages à visiter en priorité selon les conditions météo-marines annoncées. Ainsi il permettrait de concentrer la veille littorale sur certains points précis plutôt que de surveiller de grandes portions du trait de côte.

Cet outil s'inspirerait des outils existants développés par la Communauté d'Agglomération de La Rochelle. Cette dernière a développé une matrice excel regroupant l'ensemble des ouvrages de défense présent sur son trait de cote. Pour chacun, un certain nombre d'informations sont recensées comme la nature de l'ouvrage, sa cote NGF, son état général, sa cote de sûreté (pas de risque, 1 m en dessous de la cote NGF de l'ouvrage), sa cote d'alerte (risque, 50 cm en dessous de la cote NGF de l'ouvrage), ainsi que son exposition aux vents et aux houles. Ensuite à l'aide d'une fonction macro excel, il suffit de renseigner la cote NGF de hauteur d'eau attendue ainsi que l'orientation du vent dans le tableur, et en fonction des informations sur chaque ouvrage (sensible aux vents d'ouest, de nord-ouest, cote d'alerte à 6 m...), ces derniers « s'allumeront » selon un code couleur, du plus vulnérable au moins vulnérable. La visite d'ouvrage pourra alors s'effectuer en prenant en compte les résultats de cet outil.

Dans le but de prospecter sur le développement d'outils de ce genre et sur sa mise en application concrète pour une possible mise en place sur le territoire de l'île, un échange téléphonique a eu lieu avec Mathieu Dupont de la Communauté d'Agglomération de la Rochelle qui a développé ce type d'aide à la décision. La première chose à faire pour développer ce genre de dispositif est la détermination des points bas sur les ouvrages (souvent au niveau des cales), utile au calcul de sa cote NGF. Il indique que la détermination de la sensibilité aux orientations de vents des ouvrage s'est faite par retour d'expérience, par les connaissances empiriques de la Communauté d'Agglomération, cela est donc à compléter autant que faire se peut par des modélisations afin de voir comment réagit l'ouvrage face à différentes orientations de tempêtes. Dans la phase analyse de la situation qui vient en amont du lancement de la macro excel, la Communauté d'agglomération a investi dans un outil extranet de Météo France. Ce dernier prend la forme d'un site internet regroupant toutes les informations météo-marines de prévision et d'observation sur les communes souhaitées, un prévisionniste est à disposition 4 fois par jour pour apporter des prévisions sur l'évolution des conditions, des formations pour les agents communaux et les élus en climatologie sont prévues, et un bulletin de Vigilance Vague Submersion(VVS, alerte lancée par météo France) localisé peut être édité.

Enfin, M Dupont indique que cet outil est efficace mais qu'il demande à être validé par les élus locaux. Pour améliorer l'outil, il prévoit d'y ajouter une cartographie de l'ensemble des ouvrages avec leur niveau de priorisation lors de tempêtes. Cette cartographie pourra être transmise aux élus, et c'est un support plus parlant pour eux.

Il faut cependant faire attention aux conclusions qui découlent de ce genre d'outil. En effet que se passe-t-il si un ouvrage qui est non prioritaire du fait d'un niveau d'eau annoncé sous sa cote de sûreté est endommagé ? Cela pose alors une question de responsabilité. c'est pour cela que ces outils doivent toujours être perçus comme de l'aide à la décision et non une vérité absolue. La machine comme l'humain peut avoir une défaillance, et c'est en associant les deux que l'on peut arriver à une bonne analyse de la situation. La hiérarchisation doit aussi se faire en fonction d'autres critères tels que les enjeux que protégés par l'ouvrage, son état, les travaux récents...

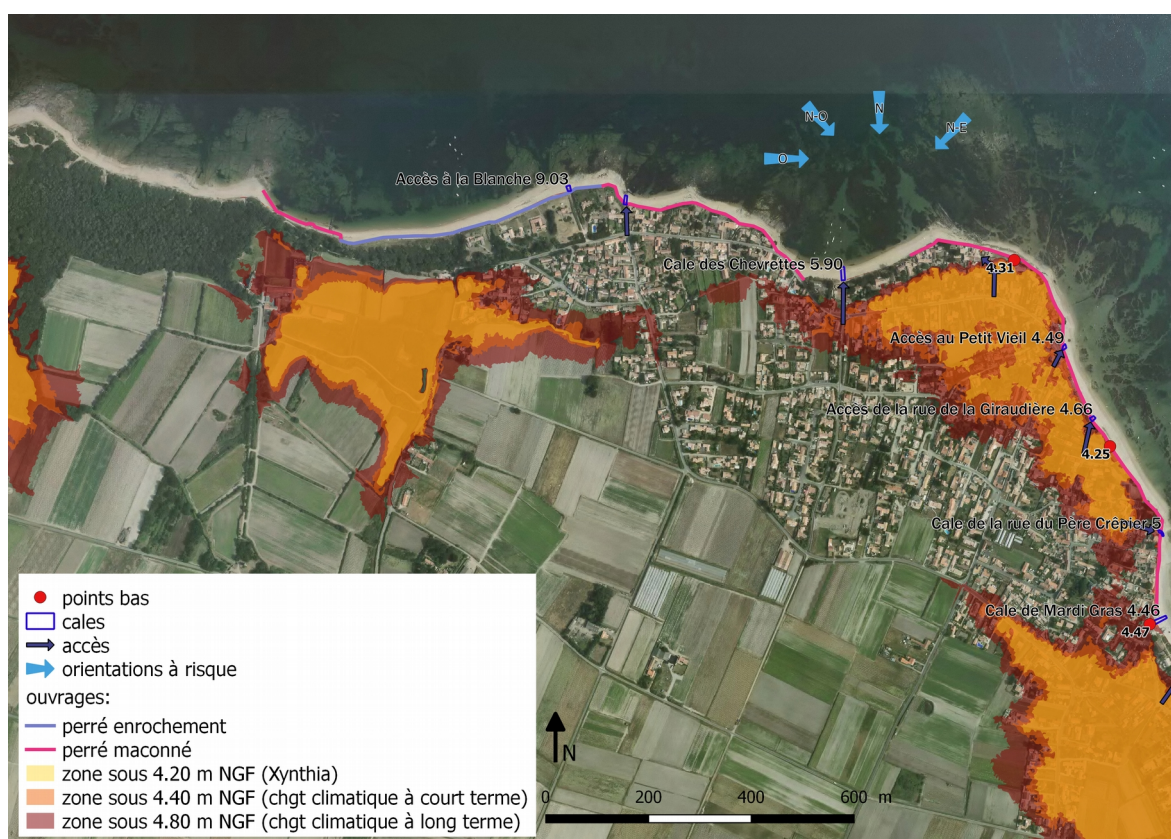
En l'état actuel des choses, un certain nombre d'informations manquent encore au développement de cet outil sur l'île de Noirmoutier. Il faudra notamment définir des seuils critiques de hauteur d'eau pour chaque ouvrage. Cela est prévu dans les études de danger à venir qui se feront dans la définition des systèmes d'endiguement mise en place lors de la GEMAPI. La détermination des points bas des ouvrages pourra également être utile au développement d'un tel outil (un premier recensement des points bas a été fait selon le LIDAR de L'île, mais des visites de terrain permettraient d'affiner leur précision, grâce à une mesure au DGPS). Ce manque d'information primordiale dans ce travail ne permet pas le démarrage d'un tel dispositif de prévision sur la durée du stage.

Dans l'idée d'un outil d'aide à la décision et afin de localiser les visites d'ouvrage en cas de survenance d'événement tempétueux, un système de fiches synthétiques par secteur regroupant les informations utiles à la veille littorale a été mis en place.

Ces dernières rassemblent toutes les informations utiles à la veille littorale au moment d'un événement tempétueux, à raison de deux fiches par secteur.

- Une première fiche est composée d'une carte sur laquelle sont visibles : les ouvrages et leurs nature, les points bas relevés d'après le LIDAR, les accès 4 roues utiles lors de la surveillance, les points du cordon dunaire à surveiller car vulnérables à l'érosion, les cales et leurs cote et l'orientation des tempêtes à risque. Enfin sur ces cartes apparaissent trois zonages qui correspondent à trois cotes altimétriques : une à 4,20 m NGF correspondant à

la cote de Xynthia sur l'île, une à 4,40 m NGF correspondant à Xynthia plus le changement climatique (hausse du niveau marin) à court terme (environ 50 ans), et une à 4,80 correspondant à Xynthia plus le changement climatique à long terme (environ 100 ans). Ces zonages ne correspondent pas à celui du PPRL qui a été réalisé à partir de simulation de brèches, et de modélisations d'événements, il ne s'agit ici que des zones à moins de 4,20 m, 4,40 m et 4,80 m. ces zonages ont été fait suite à une demande des communes lors d'un exercice PCS, ces dernières souhaitant avoir cette information pour mieux se rendre compte des enjeux inclus sous ces cotes.



à la suite de cette carte quelques précisions sont apportées à propose des points bas, des ouvrages, des accès, des aléas et enjeux (avec notamment le nombre d'habitations à moins de 25 m du front de mer), et des travaux récents et en cours. Enfin, le seuil de débordement (soit le point le plus bas) et les orientations à risques pour le secteur sont indiquées.

- Une seconde fiche indique la sensibilité historique du secteur, et regroupe l'ensemble des analyse statistiques faites sur le secteur. On y retrouve le diagramme des types de tempêtes auxquels le secteur est sensible, les orientations les plus probables, la sensibilité de la zone

aux trois seuils de hauteurs d'eau, ainsi que le tableau récapitulatif de tout les événements tempétueux ayant frappés le secteur par le passé. Ce bilan permet de voir à quels types de tempête le secteur est vulnérable. c'est finalement une fiche qui permet d'avoir un historique météo.

La première fiche est à visée plus opérationnelle, quand la seconde est ici à titre d'information sur le secteur .

Ces fiches de synthèse permettent d'avoir à disposition toutes les informations utiles à la visite en cas de vigilance et à l'intervention pour d'éventuels travaux d'urgence. Leur analyse permet également d'identifier les secteurs les plus vulnérables à une tempête annoncée. Il suffira de regarder l'orientation du vent et la hauteur d'eau pour savoir, d'après les orientations à risque et le seuil de débordement, si le secteur est sensible à ces conditions ou non. Ensuite si plusieurs secteurs sont concernés, le contenu de la fiche permettra de les hiérarchiser en analysant pour chacun les travaux récents et en cours, les enjeux, les seuils de débordements, la sensibilité historique.

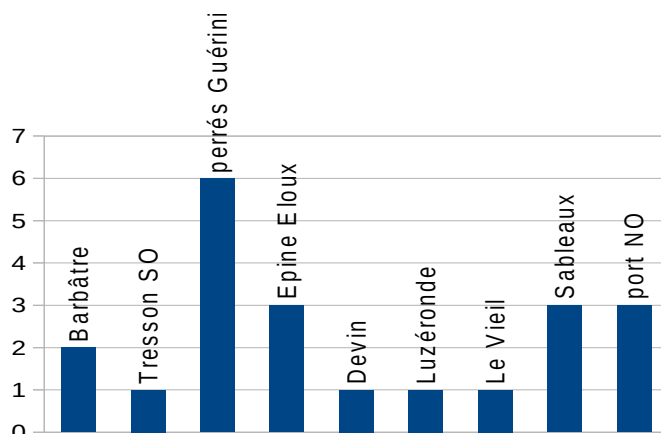
3/ Résultats et discussions

a) Résultats des traitements statistiques : Une typologie des tempêtes passées permettant une meilleure connaissance des événements historiques et une meilleure lecture des impacts à venir en cas d'alerte.

Les premiers résultats de ces analyses de recoupage des données météorologiques anciennes avec les impacts des tempêtes a permis la réalisation de deux documents récapitulatifs, se destinant uniquement aux agents du service gestion du littoral de la CCIN et détaillant de manière précise les résultats du classement en typologie des 83 tempêtes.

Le premier document dresse une typologie des tempêtes passées selon les conditions météo-marines (orientation du vent et hauteur d'eau) pour les 8 orientation de vent, elles mêmes recoupées en 3 hauteurs d'eau. À titre indicatif un tableau de tout les événements tempétueux d'une même orientation est présenté, dans lequel les variables météo (vent moyen, direction vent, surcote, hauteur d'eau à St Nazaire) ainsi que quelques informations complémentaires sont visibles (présence ou non d'une submersion et les secteurs impactés). Un premier bilan des secteurs

impactés uniquement par l'orientation du vent est dressé. Ensuite un autre bilan des secteurs impactés est précisé pour chaque hauteur d'eau « à l'intérieur » d'une même orientation. Cela nous donne donc 21 bilan des secteurs impactés en fonction des conditions météo-marines, les secteurs étant eux mêmes hiérarchisés du plus fréquemment touché au moins fréquemment.



Secteurs touchés par les tempêtes de sud de plus de 3,45 m NGF

Tempêtes	Vent moyen	Direction NAO	Surcote	Heau St Naz	Submersion	Secteurs impactés
Herta 03/02/1990	64	S		1,71	non	2
Ana 11/12/2017	97	S	0,44	1,96	non	99
24 mai 1925	46	S		2,15	non	5
20-21 novembre 1881	55	S	0,12	2,64	non	2,3
26 février 1925	64	S		2,66	non	5
3-4 avril 1897	55	S		2,73	non	100
2 septembre 1883	55	S	0,74	3,15	non	3,3
28 mars 1888	46	S		3,16	non	3
9-11 mars 1884	46	S	0,72	3,4	non	3
7-8/04/1985	35	S	0,31	3,51	non	1, 2, 3, 4, 6, 12
7-10 février 1883	46	S	0,32	3,53	non	3, 3, 3
27 octobre 1882	46	S	0,82	3,7	oui	1, 3, 11, 12
2-3 février 1904	46	S	0,57	3,71	oui	3, 4, 5, 11
1 ^{er} janvier 1877	46	S	1,34	4,07	oui	4, 8, 11, 12

Tableau des événements tempétueux orientés sud

Il est à noter que face à la disparité de répartition des 83 tempêtes dans les orientations, l'interprétation des secteurs impactés par les tempêtes de nord et de sud-est est difficile, car leurs faibles occurrence par le passé (seulement deux tempêtes pour chacune de ces orientations) ne permet pas d'affirmer qu'elles sont à risque pour les secteurs touchés, même si elles sont à prendre en compte dans la sensibilité du secteur.

Le second document dresse une typologie des tempêtes passées par secteur du trait de côte, selon les 15 secteurs géographiques déterminés préalablement. Pour chaque secteur, un tableau (comme celui ci-dessous) de l'ensemble des tempêtes ayant frappées le secteur est présenté, toujours en précisant les conditions météo-marines, la présence ou non de submersion (lors de la tempête, donc pas nécessairement sur le secteur) et l'ensemble des secteurs impactés.

tempêtes	vent (moyen)	Direction NAO	surcote	Heau St Naz	Submersion	secteurs impactés
11-12/01/1978	64	N		2,99	non	2 , 3, 4, 8, 9, 13
28/12/1999	64	NO	0,29	2,35	non	2, 4, 4, 5, 10, 13
Herta 03/02/1990	64	S		1,71	non	2
20 au 21 novembre 1881	55	S	0,12	2,64	non	2,3
7-8/04/1985	35	S	0,31	3,51	non	1, 2, 3, 4, 6, 12
06/09/1881	46	SO	0,42	3,04	non	2,3
14-18/12/1989	83	SO	1,03	3,28	non	2, 10, 12
23-24/10/1999	35	SO	1,12	3,72	non	2, 4, 4, 5, 13

Tableau de l'ensemble des tempêtes ayant frappées le secteur n° 2 de la Tresson le Sables d'Or

Un code couleur est appliqué à ce tableau, il correspond aux trois seuils de hauteur d'eau tel que :

- jaune = moins de 3.02 m NGF
- orange = entre 3.02 et 3.45 m NGF
- rouge = plus de 3.45 m NGF

Un diagramme montrant l'orientation des vents dominants est visible, ainsi qu'un diagramme de la proportion des types de tempêtes impactantes sur le secteur. Il est ainsi possible de voir quels ont été les types de tempêtes ayant frappés le secteur par le passé.

Ces deux documents traduisent les résultats bruts du traitement statistique. Ils permettent d'avoir une connaissance factuelle des événements tempétueux du passé. Cependant ils restent en donnée réelles, ce qui veut dire que les disparités de répartition des tempêtes dans les orientations de vent entraînent une déformation de la sensibilité des secteurs aux types de tempête.

Si l'on prend l'exemple du secteur n°13 de la Nouvelle Brille Tresson dans la typologie des tempêtes passées par secteur, on voit qu'il est touché par trois tempêtes de sud-ouest et deux de nord (cf annexe 4). Si l'on interprète ces résultats tel quel, on peut penser que le secteur est plus sensible aux tempêtes de sud ouest. Il faut néanmoins ramener ces résultats au nombre total de tempêtes de sud-ouest et de nord, on voit alors que les 3 tempêtes de sud-ouest représentent 10 % des tempêtes de sud-ouest (3 sur 30), alors que les deux tempêtes de nord représentent 100 % des tempêtes de nord (2 sur 2). le secteur de la Nouvelle Brille Tresson est donc plus sensible aux

tempêtes de nord qu'à celles de sud-ouest, celles de nord sont juste moins fréquentes. C'est en cela que ces deux premiers documents montrent les résultats brutes du traitement statistique. Une seconde analyse rapportant le nombre de tempête par secteur au nombre total de tempête du même type permettra d'être plus proche de la réalité du secteur quant à sa sensibilité aux différents types de tempête. Les résultats de cette seconde analyse vont être présentés maintenant.

Suite au traitement statistique des données météorologiques anciennes sur les tempêtes croisées avec la localisation de leurs impacts, un certain nombre d'analyses ont pu être générées. Les deux variables météorologiques principales que sont l'orientation du vent et la hauteur d'eau avec surcote ont été manipulées de différentes manières, mais toujours croisées avec les impacts rattachés aux tempêtes. Les analyses ont soit pris en compte les deux variables, soit pris en compte une seule des deux, afin de voir si les résultats obtenus différaient d'une analyse à l'autre.

- 1 : La proportion des types de tempêtes impactantes par secteur

Ce traitement statistique est celui qui permet d'avoir l'information la plus précise quant aux types de tempêtes frappant chaque secteur.

Ces statistiques montrent la proportion des tempêtes impactantes par secteur en fonction du nombre total de tempêtes de chaque type. Ce ne sont pas les tempêtes les plus fréquentes sur le secteur, puisque à l'échelle de l'île et sur la majorité des secteurs, les plus fréquentes sont celles de sud, de sud-ouest et d'ouest. Autrement dit, tout dépend du nombre total de tempête par type. Même si un secteur n'a été touché que par une tempête d'un certain type, la probabilité que ce type d'événement ait frappé le secteur peut être de 50 % s'il n'y a eu que 2 tempêtes de ce type dans le passé.

Exemple de lecture de ces graphiques avec le secteur n°14, Sebastopol :

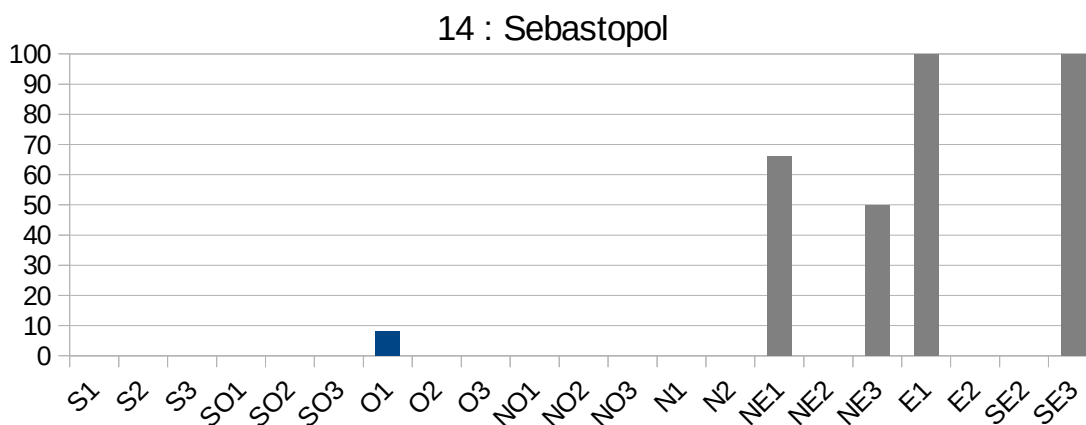
E1 : un impact, pour un total d'une seule tempête de ce type, soit un degré de sensibilité de 100 %

NE1 : deux impacts, pour un total de 3 tempêtes de ce type, soit un degré de sensibilité de 66 %

NE3 : un impact, pour un total de deux tempêtes de ce type, soit un degré de sensibilité de 50 %

O1 : un impact, pour un total de 12 tempêtes de ce type, soit un degré de sensibilité de 8 %

SE3 : un impact, pour un total d'une seule tempête de ce type, soit un degré de sensibilité de 100 %



Ces graphiques permettent d’avoir pour chaque tempête annoncée, la sensibilité historique de chaque secteur. Si une tempête de sud avec un niveau d’eau de 3,48 m est annoncée, on saura que c’est une tempête de type S3. Il faudra alors regarder parmi les graphiques quels secteurs est le plus fréquemment touché par ce type d’événement, en l’occurrence La Guérinière, mais aussi l’Épine et le port de Noirmoutier.

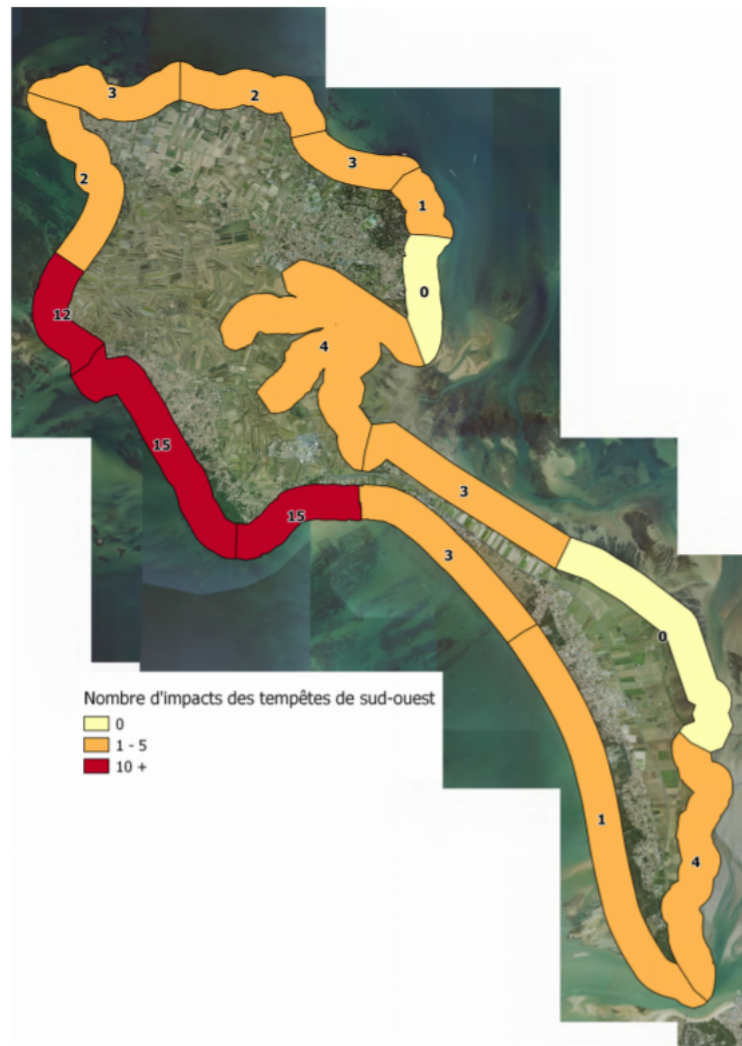
Ces graphiques ont été générés en calculant le pourcentage du nombre de tempête d’un même type par rapport au nombre total de tempête de ce type, il est donc en valeur relative. Il permet donc d’analyser la sensibilité du secteur à chaque type de tempête. Il a été décidé d’appliquer cette méthode suite aux résultats tronqués par le nombre important des tempêtes aux orientations les plus fréquentes.

- 2 : Les secteurs impactés et le nombre d’impact sur chaque secteur selon l’orientation

Ces cartes permettent de voir les secteurs les plus fréquemment touchés pour chaque orientation de vent, mais également ceux qui ne le sont pas. Il est à noter que ces cartes ne prennent pas en compte les hauteurs d’eau.

Le nombre d’impact est ici recensé uniquement à partir des archives de la base de donnée. Il n’y a aucune notion de gravité des impacts dans ces cartes, et le code couleur n’est qu’en fonction du nombre d’impacts par secteur, autrement dit la fréquence des impacts et non leurs intensité. Il faut donc nuancer, un secteur n’a pu être touché qu’une fois, mais avec un niveau de gravité bien plus important qu’un secteur touché 5 fois par une tempête de même orientation. Cela est due à des facteurs comme la topographie et les points bas du secteur, le nombre d’enjeux à proximité, la présence d’étiers...

Néanmoins cela induit une certaine hiérarchisation entre les secteurs pour une même orientation, qui croisée avec l'étude de la gravité des impacts, des points bas, des enjeux et des hauteurs d'eau permet d'en dégager une priorisation dans la surveillance. Il est prévu d'intégrer ces cartes aux webSIG afin d'avoir un visuel des impacts du passé, rendant plus parlant les dégâts historiques.



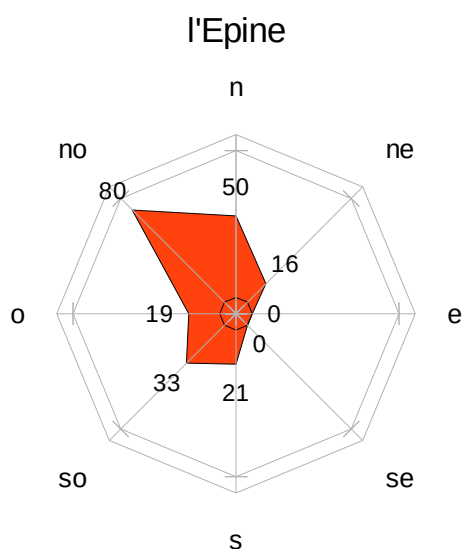
- 3 : Diagramme en étoile des orientation par secteur et de la distribution/proportion des tempêtes passées selon leurs orientation par secteur

En relatif : Ce graphique se rapproche plus de la sensibilité réelle des secteurs aux types de tempêtes puisque chaque nombre de tempête par orientation est ramené en % par rapport au nombre total de tempête de cette même orientation. Le principe de calcul statistique est le même que pour l'analyse n°1 mais sans prendre en compte la hauteur d'eau. Donc le total de chaque type de tempête ne tient compte que du total par orientation de vent. Le choix du diagramme en étoile a été fait afin d'avoir quelque chose de visuel rapporté aux points cardinaux.

Si on prend l'exemple de Sebastopol, on voit que ce secteur est touché par 50 % des tempêtes de nord-est. Cela signifie qu'historiquement il a été touché par la moitié des tempêtes de nord-est (soit 3 sur 6). Il y aura donc une forte probabilité qu'il soit de nouveau touché en cas de tempête de nord-est annoncée. Toujours à Sebastopol, 33 % des tempêtes d'est ont touchées le secteur, soit un tiers.

Ces graphiques permettent de voir la probabilité d'occurrence de chaque orientation en fonction des tempêtes passées. on a ici les tempêtes les plus fréquentes proportionnellement à la probabilité d'occurrence de chaque orientation de tempête dans le passé.

Dans la perspective d'une tempête à venir, il suffit de comparer l'orientation des vents prédits et ceux observés dans ces graphiques. Si c'est une tempête de nord-ouest par exemple, on sait qu'elle risque de frapper la Tresson, le Devin, la Linière, le Bois de la Chaise ou encore la nouvelle Brille, mais on sait aussi que c'est le secteur l'Épine qu'elle à le plus de chance de toucher. En effet ce dernier à été impacté par 80 % des tempêtes de nord-ouest (4 sur 5), ce qui en fait le secteur à prioriser en cas d'alerte.



En réels : Ces graphiques représentent en pourcentage le nombre de tempêtes ayant frappé chaque secteur par orientation, le total faisant 100 %, ils sont donc en nombre d'impacts réels, et ne sont pas rapportés au nombre total de tempête de chaque type. Seulement le nombre de tempête par orientation n'est pas le même, ce qui entraîne forcément des disparités de répartition.

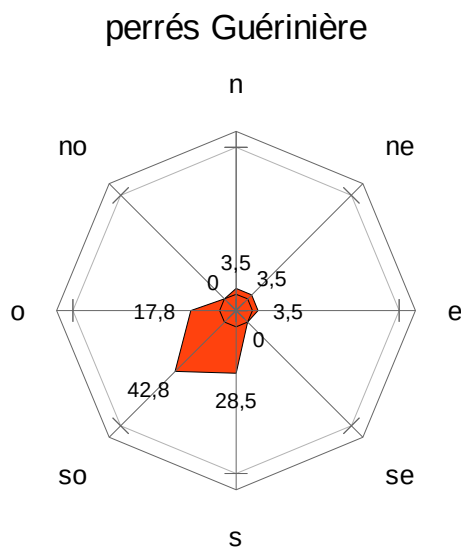
Par exemple aux Sableaux on compte 9 tempêtes en tout. Parmi elles 3 sont d'ouest, ce qui représente 33 % des événements du secteur, donc une part relativement importante. Parmi ces 9

tempêtes on en trouve une seule de sud-est (pourtant une orientation correspondante à l'exposition de ce secteur), représentant ainsi une part moins importante que les tempêtes d'ouest, soit 11 %.

Seulement rapporté au nombre total de tempête par orientation et non au nombre total par secteur, les résultats sont différents. Sur les 21 tempêtes d'ouest, les 3 des Sableaux ne représentent que 14%, alors que l'unique tempête de sud-est représente 50 % des deux tempêtes de sud-est

Ainsi si la fréquence est plus élevée pour les tempêtes d'ouest sur la période étudiée (21 tempêtes d'ouest sur les 141 ans contre 2 de sud-est), c'est normal qu'elles touchent plus souvent des secteurs, même ceux d'une orientation opposée.

Cependant lors de la survenance d'une tempête de sud-est, les Sableaux auront plus de chance d'être frappés par celle ci, puisque la probabilité d'occurrence pour qu'elle frappe ce secteur est plus élevé (50 % contre 14%).



- 4 : Fiches détaillées par secteur reprenant les cartes d'isolignes avec les cotes Xynthia + changement climatique, carte générale des ouvrages de défenses et des points bas...

Un atlas de 30 fiches synthétiques (2 par secteurs) dressant le bilan des connaissances historiques et techniques pour les 15 secteurs du trait de côte de l'île a été créé. La première fiche est à vocation opérationnelle, quand la seconde est à vocation informative sur la sensibilité du secteur aux événements tempétueux historiques. La première fiche servira d'aide à la décision en cas d'alerte. Le fait d'avoir renseigné le seuil de débordement ainsi que les orientations à risque

permet d'avoir une idée de la vulnérabilité du secteur par rapport à des conditions météorologiques annoncées. La cartographie permet d'avoir tout les renseignements utiles à la visite d'ouvrage, que ce soit pour les agents de la communauté de commune ou bien les agents des communes directement, censés mettre en place la surveillance d'ouvrage. Ces derniers pourront alors localiser leurs surveillance. Les informations complémentaires contenues dans la première fiche permettront notamment de hiérarchiser les secteurs à visiter, les deux critères principaux nécessaires à cette hiérarchisation étant la nature et le nombre d'enjeux et les travaux récents, en cours ou prévus sur les ouvrages du secteur, un secteur en travaux étant automatiquement prioritaire car plus vulnérable.

- 5 : Diagramme de hauteurs d'eau par seuils

Ces chiffres sont les pourcentage du nombre réel de tempêtes par seuil, pour chaque secteur géographique. Ils permettent alors de voir la répartition des tempêtes sur les secteurs selon leurs seuils de hauteur d'eau, par rapport au nombre total de tempête par seuil.

Exemple : l'Épine-Eloux a été historiquement touché par 12 tempêtes de seuil 3, ces dernières étant au nombre de 21 au total. Ces 12 tempêtes représentent donc 57,1 % des événements de seuil 3.

Ainsi on peut dire que depuis 1877, les tempêtes supérieures à 3,45 m ont touchées plus d'une fois sur deux le secteur de l'Épine-Eloux.

Cela peut être utile à la détermination de secteurs prioritaires. En cas de niveau d'eau annoncé élevé, l'Épine est un secteur prioritaire puisque touché une fois sur 2. S'il est aussi annoncé un vent de nord-ouest, les probabilités d'impacts sur ce secteur augmentent, ce qui en fait donc un secteur à prioriser. Il faut ainsi croiser ces diagrammes de sensibilité aux hauteurs d'eau avec ceux de la carte 1 de l'orientation des tempêtes impactantes par secteur, ou encore avec la carte 2 sur la répartition des impacts en fonction de l'orientation, afin de hiérarchiser les secteurs à risque.

Ainsi, bien que la connaissance du territoire et de sa sensibilité aux événements tempétueux ai nettement avancé, deux études supplémentaires permettraient d'améliorer la connaissance des événements tempétueux du passé et d'affiner l'analyse des impacts en fonction de leurs condition. Cela peut notamment se traduire par une caractérisation des dommages constatés lors des tempêtes passés, autrement dit une échelle de gravité des dégâts. En effet les dommages observés par le passé ne sont pas tous de même intensité, cela va d'un léger affouillement en pied d'ouvrage

à un recul dunaire de dix mètres en une seule marée. Il en va de même pour les submersions, elles peuvent se traduire par quelques débordements par paquets de mer au dessus d'un ouvrage à une brèche sur une digue inondant plusieurs hectares. De plus les ouvrages ne réagissent pas tous pareils à un événement selon leurs nature. Une échelle de gravité des dégâts doit donc être faite pour chaque type d'ouvrage (épis, dunes, digues, perrés en enrochement, maçonnés, bétonnés...). Cette caractérisation des dommages constatés permettrait d'affiner l'analyse des impacts en associant des gravités d'impacts aux tempêtes. Certains types de tempêtes seraient alors reconnus comme plus à risque que d'autres. Cela est tout de même à nuancer car il faut replacer la gravité de l'impact dans le contexte de l'époque (l'ouvrage a pu céder car il était mal entretenu, ou en travaux par exemple). Ce contexte temporel est parfois porté à connaissance via les archives. Enfin l'analyse des enjeux présents sur chaque secteurs permettrait une meilleure hiérarchisation des secteurs à visiter lors d'une alerte. L'altimétrie et l'urbanisation notamment, entraînent une vulnérabilité plus ou moins grande des enjeux. Certains secteur comme la Guérinière, le Vieil ou le port de Noirmoutier, fortement urbanisés, comptent de nombreuses habitations à moins de 25 m du trait de côte. Parfois il est à noter la présence d'établissements recevant du public (écoles, EHPAD...) très proche du littoral et sous la cote Xynthia de 4,20 m NGF. Un travail d'identification et de quantification de ces enjeux permettrait une meilleure priorisation des secteurs à visiter. Une cartographie de ces enjeux pourrait être intégrée aux cartes des fiches synthétiques.

b) Des données météo anciennes limitées, malgré un réel intérêt pour la sensibilisation du public

Une grande partie du travail durant ce stage a consisté en la recherche de données météo anciennes, à travers des archives de données climatiques. Afin d'avoir une caractérisation météorologique la plus précise possible permettant de bien différencier les tempêtes passées, un maximum de variables a été recherché. Comme expliqué précédemment, les variables présélectionnées ont été les suivantes :

- le vent : vent moyen, vitesse max, orientation, vent durant la pleine mer
- la houle : houles H1/3, période, direction au large et à la côte
- la marée : hauteur de pleine mer, hauteur max pleine mer + surcote, coefficients
- la surcote : à pleine mer et maximale
- la pluviométrie : sur 24h et 6 jours
- la pression atmosphérique : pression min et pression pendant la pleine mer

Après le travail de recherche de ces données (cf c) partie 2) force a été de constater une grande disparité dans l'archivage de ces données. Tout d'abord, une partie de ces variables n'étaient que des données de prévision de l'époque, elles n'étaient donc pas représentatives de la réalité. Afin de s'approcher au maximum des conditions climatiques pendant un événement tempétueux passé, il fallait des données observées pour limiter la marge d'erreur entre la prévision et la réalité.

Face à ce premier constat un tri par pertinence des données s'est effectué. Ainsi, la pluviométrie et la pression atmosphérique ont été écartées. Bien qu'intéressantes pour comprendre les phénomènes passés, elles sont moins importantes que les autres variables pour comprendre la dynamique des tempêtes sur les ouvrages de défense. De plus même si la pression atmosphérique a une incidence sur la surcote, il est plus facile de rechercher directement la surcote.

Le tri dans ces variables s'est poursuivi plus en détail. Dans les données de vents, les variables vent moyen et vent durant la pleine mer ont été écartées. En effet le vent moyen n'a que peu d'intérêt ici puisqu'il correspond à une moyenne de la vitesse du vent durant une période relativement longue, alors qu'il est plus intéressant dans ce travail d'avoir la vitesse du vent concomitante avec le moment où la marée est la plus haute. Justement, la variable vent durant la pleine mer a été écartée car trop difficile à trouver et trop éparse dans les archives météo. Il est à noter que la vitesse du vent moyen n'a pas été totalement écartée et a pu être calculée à partir des réanalyses de la NAO et intégrées à la base de données à titre indicatif, mais elles n'ont pas été prises en compte dans les traitements statistiques.

Enfin, la variable vitesse maximale (ou rafale) a elle aussi fini par être écartée, alors que c'était une des plus intéressantes. En effet la vitesse des rafales renseigne sur la force dégagée par la tempête, et cette donnée aurait pu être mise en relation avec les hauteurs des houles, et même certains dégâts observés due au vent. La raison est encore une fois le manque d'archives météo recensant cette donnée.

Les données de houles n'ont malheureusement pas pu être assez bien renseignées pour être intégrées aux traitements statistiques et à la typologie. Les données de houle h1/3 (moyenne des hauteurs mesurées entre crête et creux, du tiers des plus fortes vagues) n'étaient que des données de prévision, tout comme les données de période et de direction. Toutes étaient regroupées sur le site marc.ifremer.fr, mais quoi qu'il en soit elles n'étaient disponibles que jusqu'en 1969.

Même après avoir pris contact avec le CEREMA, pourtant gestionnaire du réseau de bouées de mesure de houle Candhis, les données n'ont pas pu être renseignées. Eux même nous ont signaler la difficulté de trouver des données de houles observées anciennes.

Ce manque de données est à mettre en relation avec la relative récente mise en place de bouées de mesures (depuis les années 70), d'autant plus que les premières bouées étaient assez souvent mal réglées et tombaient souvent en panne, notamment lors de tempêtes justement.

Les données de houles sont sans doute celles qu'il aurait été le plus intéressant à avoir. En effet les houles jouent un rôle important sur les dégâts à la côte et sur l'intensité de ces dégâts. Que ce soit lors de dégâts sur ouvrages, lors d'érosion ou lors de submersion, cette variable permet notamment de rattacher une intensité aux événements tempétueux. De plus elle aurait permis une caractérisation et une différenciation plus fine des tempêtes, et aurait pu être comparée avec l'orientation du vent (les deux variables ont en règle générale la même orientation mais pas toujours, les cas de tempêtes avec une orientation de vent et de houle différente auraient été intéressants, notamment dans l'étude des impacts)

Les données de hauteurs d'eau étaient quand à elles disponibles presque sans limite temporelles sur les sites du SHOM, mais il s'agissait de données de prévision calculées à partir des coefficients, autrement dit la surcote n'était pas prise en compte. De plus le marégraphe de l'Herbaudière étant récent, on parle ici des données du marégraphe de Saint Nazaire.

Le document transmis par Yann Ferret du SHOM avec les hauteurs d'eau observées fut donc essentiel à la détermination de la hauteur d'eau à l'heure de la pleine mer.

Les surcotes ont quant à elles été calculées en soustrayant les hauteurs d'eau observées du dossier transmis par le SHOM aux données de hauteur de marée prédites du site internet data.shom.

Finalement ce sont deux variables qui ont permis de différencier les 83 tempêtes : l'orientation du vent et la hauteur d'eau observée avec surcote. Il est à signaler l'importance des réanalyses de la NAO dans ce travail, qui ont permis de travailler sur un pas de temps assez long (141 ans) pour avoir une typologie des tempêtes passées significative.

Dès la prise de contact avec Mr Baraere de Météo France, ce dernier nous avait prévenu. Lors de l'élaboration du projet VIMER, la phase de caractérisation météorologique des événements tempétueux passés fut très difficile, même pour les gros organismes que sont Météo France ou le CEREMA. Ils sont eux même très dépendants des outils de mesure et de l'archivage qui a pu être fait de leurs données, archivage qui est, selon les régions, les observatoires et stations très

variable. Il est d'autant plus difficile d'avoir des données météo anciennes lorsque l'échelle géographique est grande.

La difficile recherche de données météo ancienne est à nuancer. Le pas de temps de 141 ans et la prise en compte de 83 tempêtes permet tout de même de générer une typologie intéressante, notamment d'un point de vue sensibilisation du public. En effet Même si la globalité du travail réalisé durant ce stage a vocation à être utile en interne aux agents de la CCIN, le service gestion du littoral intègre ces connaissances historiques dans des actions de sensibilisation et d'information du grand public. Un certain nombre de travaux réalisés durant ce stage traduisent cette volonté. C'est le cas du panneau roll-up sur l'historique des tempêtes sur l'île agrémenté de témoignages et d'articles de presse, ou de l'exposition photo témoignant de la présence ancienne d'actions de protection du trait de côte face aux tempêtes. C'est ce coté ancien de la survenance d'événements tempétueux d'une part, et de la mise en place de protection d'autre part, sur lequel il est important de communiquer, cela dans le but de montrer que les tempêtes ne sont pas des phénomènes ponctuels (au moins un événement tempétueux par hiver) et récents.

c) Discussions autour de l'outil de prévision : une délicate application sur le territoire en l'état actuel des choses

Afin de développer une surveillance du trait de côte complète en cas d'alerte, un outil de prévision serait complémentaire de la typologie des tempêtes passées. Nous avons vu le modèle rochelais dont la typologie des tempêtes passées pourrait corriger les incertitudes ou les erreurs de jugement (si l'outil dit qu'un ouvrage n'est pas sensible à telle orientation mais que la typologie indique qu'il a déjà subi des dégâts suite à des événements de même type que celui annoncé, il est peut être plus prudent de le surveiller). Autrement dit l'outil renseigne sur le comportement probable d'un ouvrage face à différentes conditions météo, quand la typologie correspond aux connaissances empiriques observées sur cet ouvrages. Les deux sont donc complémentaires.

L'application de l'outil de prévision développé par la Communauté d'agglomération de la Rochelle au territoire noirmoutrin est cependant soumis à quelques contraintes.

En effet la façade littorale prise en compte sur le territoire rochelais na pas d'exposition est, aucun ouvrage de défense n'est exposé à l'est. Or sur le territoire de l'île de Noirmoutier il y a bien des secteurs et des ouvrages exposés à l'est. Ces dernier ont pu être par le passé touchés par des

événements tempétueux pourtant orientés ouest. Se pose alors la question de quelle orientation à risque renseigner dans le tableur pour ces ouvrages, sachant qu'ils peuvent aussi bien être endommagés par des tempêtes d'est que d'ouest. Cela générerait des ouvrages vulnérables à presque toutes les orientations de tempête, ce qui ne serait pas viable d'un point de vue veille littorale. En effet cela impliquerait que l'ouvrage en question « s'allumerait » en rouge à de nombreux événements, il faudrait alors l'inclure dans la visite, alors même qu'il n'est peut être pas menacé. Par conséquent ce type d'outil s'applique bien à des territoires côtiers continentaux mais il est plus difficile à mettre en place sur des territoires insulaires qui concentrent des façades maritimes exposées à toutes les orientations.

Une autre question se pose. Combien de temps avant faut-il générer le tableau d'aide à la décision pour la visite d'ouvrage ? Si le tableau est généré longtemps avant la survenance de l'événement tempétueux, l'alerte aura bien le temps d'être transmise aux communes et les éventuelles évacuations et les visites d'ouvrages pourront s'enclencher relativement en amont de l'événement. Cependant plus l'alerte est donnée tôt, plus les conditions météorologiques de l'événement sont susceptibles d'évoluer et de ne plus correspondre à la prévision. Au mieux elles évoluent de manière à être plus faibles que les prévisions initiales auquel cas c'est une sur-réaction à l'événement ce qui risque d'émousser la préparation de la population aux alertes, au pire les conditions météo s'aggravent par rapport aux prévisions initiales, ce qui peut entraîner une sous-estimation de l'aléa et causer de graves dégâts.

À l'inverse, un tableau d'aide à la décision généré peu de temps avant la survenance de l'événement permet certes d'être plus précis dans les prévisions et d'avoir des conditions annoncées et des impacts probables se rapprochant plus de la réalité, mais cela réduit le temps de mise en place de l'alerte. Il faut transférer l'alerte aux communes, organiser la surveillance avec les agents communaux et les agents d'astreinte de la Communauté de Commune, et si besoin déclencher les plans communaux de sauvegarde. Or la précipitation de la réalisation de ces actions peut entraîner une aggravation des risques.

Pour répondre à cette problématique du moment d'édition du tableau d'aide à la décision pour la visite d'ouvrage, il est possible d'imaginer un système de mise à jour des données météorologiques. Le tableau, édité relativement en amont de la survenance de l'événement afin d'anticiper les éventuelles visites et évacuations, pourrait au fur et à mesure de l'évolution de l'événement, être mis à jour en fonction des nouvelles conditions météo-marines et transmis en

temps réel aux acteurs concernés. Cela permettrait d'anticiper l'aléa tout en suivant son évolution afin de ne pas sous estimer ou sur estimer le risque.

Enfin pour développer un tel outil de prévision et d'aide à la décision, la CCIN doit connaître l'altimétrie et les points les plus bas des ouvrages de défense afin de définir leurs cotes de sécurité et leurs cotes d'alerte face à une hauteur d'eau annoncée. Ces données sont indispensables pour pouvoir développer un tel outil, puisque c'est elle qui, croisée à la hauteur d'eau annoncée, va permettre de déterminer si l'ouvrage est potentiellement à risque ou pas.

La définition des seuils critiques de hauteurs d'eau par ouvrage de défense est prévue via les études de danger (EDD). Les EDD s'articule autour de l'analyse des fonctions de l'ensemble des éléments du système d'endiguement, des défaillances possibles de ces fonctions, du recensement des phénomènes dangereux possibles, de l'évaluation de leurs conséquences et de leur probabilité d'occurrence. Les digues sont en effet réorganisées en systèmes d'endiguement, notion introduite par le « décret digue » du 12 mai 2015. Un système d'endiguement est donc composé des digues en elles même, des infrastructures routières et ferroviaires, des vannes, des écluses et des aménagements hydrauliques spécifiques. Les systèmes d'endiguement doivent être définis avant le 1^{er} janvier 2019 pour les collectivités qui portent la compétence GEMAPI, ce qui est le cas de la CCIN. Ainsi les EDD à venir permettront de définir des seuils critiques de hauteur d'eau et donc de déterminer une cote de sécurité et une cote d'alerte par ouvrage. Avec ces informations, il sera alors possible de relancer le travail sur le développement d'un outil de prévision.

d) Les problématiques de responsabilité et de partage des tâches.

Le développement d'un tel outil de prévision sous forme de tableau d'aide à la décision pour la visite d'ouvrage pose des questions, notamment concernant la responsabilité en cas de dégâts sur l'ouvrage ou de submersion. Lors de la mise en place à venir de la GEMAPI portée par la CCIN, une série de mesures viseront à définir des systèmes d'endiguement, des niveaux de protection afférent (= les niveaux de service d'ouvrage) et des zones protégées sur lesquelles la Communauté de commune engage sa responsabilité.

En théorie l'agent d'astreinte de la CCIN n'assure que le relais entre les observations terrain faites par les agents municipaux « de garde » et le niveau décisionnel, de manière à décrypter la gravité des impacts observés et proposer des solutions adaptées. Avec le développement d'un nouvel

outil, il conviendra de préciser alors les responsabilités de chaque acteur de la surveillance et de l'alerte.

De plus le développement de cet outil pose la question suivante : Dans le cas où un ouvrage ne sera pas identifié comme prioritaire par l'outil d'aide à la décision, et que l'événement tempétueux sollicite cet ouvrage jusqu'à une brèche, avec l'inondation possible d'enjeux matériels et la mise en danger de la population, quelle responsabilité pour la CCIN ? Il va de soit que sa responsabilité est ici engagée car c'est elle même qui a décidé de ne pas surveiller l'ouvrage. Voilà pourquoi ce genre d'outil d'aide à la décision doit être pris en compte, mais les résultats qu'il donne doivent toujours être recoupés avec les connaissances empiriques sur les impacts des tempêtes passées et sur la connaissance du territoire des agents de la communauté de commune. Comme indiqué précédemment dans ce mémoire, les résultats techniques donnés par la machine et les connaissances humaines du territoire sont complémentaires et l'une ne doit pas prendre le pas sur l'autre, au risque de générer des conséquences graves.

C'est la définition des niveaux de protection qui va être importante. En effet, si l'ouvrage cède alors que le niveau de service d'ouvrage n'est pas atteint, le gestionnaire, donc la collectivité, est responsable des dégâts occasionnés par l'inondation. Elle doit alors indemniser les personnes morales et physiques touchées ayant subi des dégâts.

autrement dit si l'ouvrage est conçu, exploité et entretenu selon les règles du décret digue applicable aux ouvrages de protection et aménagements hydrauliques, l'autorité compétente en matière de GEMAPI ne peut voir sa responsabilité engagée, en vertu de l'article L.562-86-1 du code de l'environnement. Or une obligation réglementaire du décret est justement de définir un niveau de protection de telle façon que la zone protégée ne soit pas inondée par débordement, contournement ou rupture des ouvrages quant l'inondation provient directement de la mer. Si la digue cède alors que le niveau de protection n'est pas atteint, le gestionnaire est responsable et l'exemption de l'article précédent ne s'applique donc pas. En revanche, au cas où la digue cède pour un niveau supérieur au niveau de protection et où les règles aptes à assurer l'efficacité et la sûreté de l'ouvrage ont été respectées, la responsabilité de l'autorité compétente, en l'occurrence la CCIN, ne peut être engagée en vertu de l'article L562-86-1

la détermination du niveau de protection doit se faire par l'autorité compétente bénéficiaire de l'autorisation du système d'endiguement (EPCI à FP, syndicat mixte). Il n'est donc pas exclu que la

responsabilité de l'autorité compétente soit recherchée sur le fondement de la faute si elle détermine un niveau de protection insuffisant au regard du risque auquel sont exposés les personnes et les biens. À ce titre, le préfet peut exercer ses prérogatives de police.

la protection apportée pour un territoire par un système d'endiguement dépend de deux paramètres : le niveau de protection et la zone protégée. Le niveau de protection qui détermine l'emprise de la zone protégée est déterminé par un aller-retour constant entre les caractéristiques techniques de l'ouvrage données dans l'étude de dangers et la volonté des élus locaux selon les enjeux à protéger derrière l'ouvrage. Ce dialogue entre capacité techniques de l'ouvrage et volonté politique est essentiel, car le niveau de protection déterminé entraîne des conséquences juridiques pour l'autorité compétente en matière de prévention des inondations.

Conclusion :

Suite à ce stage, la connaissance sur les événements tempétueux du passé a nettement avancée. La caractérisation de leurs conditions météorologiques a permis une bonne localisation des dégâts en fonction de ces conditions, et il est désormais possible de s'inspirer de la connaissance des événements du passé pour anticiper les impacts à venir. La création de fiches de synthèses sur chaque secteur est une première réponse à l'utilisation de données historiques dans une vision plus opérationnelle. Il convient de poursuivre ce travail à la suite de la mise en place de la GEMAPI et de la définition des seuils critiques de hauteurs d'eau par ouvrage, pour un outil de prévision à une échelle plus fine.

La base de donnée des événements tempétueux peut quant à elle être utilisée pour sensibiliser les populations aux risques littoraux, comme c'est déjà le cas dans l'exposition sur les risques littoraux à travers le panneau roll-up sur l'historique des tempêtes ou l'exposition photo.

Enfin les nouvelles problématiques de hausse du niveau marin induites par le réchauffement climatique accentuent la nécessité de mieux connaître le territoire et son comportement face à une tempête, et l'importance d'avoir un outil d'aide à la décision permettant de gagner du temps et de localiser la surveillance. Bien que les systèmes de défenses soient rehaussés, ces problématiques sont néanmoins importantes sur ce territoire qui compte de grandes zones sous le niveau des plus hautes eaux.

Bibliographie :

Centre Européen de Prévention du Risque d'Inondation (2016) – *Les guide du CEPRI, Les collectivités territoriales face aux risques littoraux*

Centre Européen de Prévention du Risque d'Inondation (2017) – *Les guides du CEPRI – Les ouvrages de protection contre les inondations, s'organiser pour exercer la compétence GEMAPI et répondre aux exigences de la réglementation issue du décret du 12 mai 2015*

Communauté de Communes de l'île de Noirmoutier (2018) – *Stratégie Locale des Gestion des Risques d'Inondations (Diagnostic, Stratégie et Programme d'actions)*

Communauté de Communes de l'île de Noirmoutier (2016) – *Rapport d'instruction de l'étude de danger des digues classe B de l'île de Noirmoutier*

Communauté de Communes de l'île de Noirmoutier (2012) – *Plan d'Action et de Prévention des Inondations*

J. Fondin (2017) – *Rapport de stage - Culture du risque et événements tempétueux du passé*

Météo France, SHOM, CEREMA, DREAL Bretagne (2013) – *Rapport Vimers 0, Études des tempêtes menaçant le littoral breton*

Météo France, SHOM, CEREMA, DREAL Bretagne (2014) – *Rapport Vimer 1, Études des tempêtes menaçant le littoral breton*

Ouranos.ca – *FAQ6 que sont les réanalyses ? - Helene Coté*

Annexes :

Annexe 1 : Poster réalisé pour l'exposition des journées des risques littoraux

L'observation du trait de côte, pour une meilleure protection des zones vulnérables



La plage du Morin

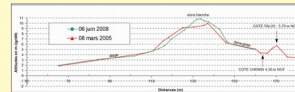


La Plage nord du port de Morin n'existait pas il y a 30 ans. Suite à la création du port, le sable, transitant du nord vers le sud à cet endroit est venu se bloquer contre le jetée créant une plage et une dune qui protège l'extrémité sud de la digue du Devin. Cette plage constitue un gisement de sable intéressant pour alimenter les plages en érosion (L'Hommée, la Martinière...).

4 On aperçoit en arrière de la dune le feu de Morin. Au premier plan, la ligne de ganivelle est su le point d'être recouverte.



La dune de L'Hommée, un site sensible historique !



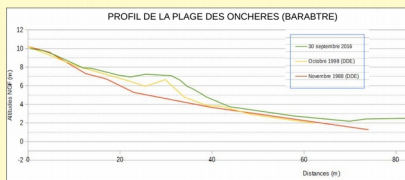
Située en limite nord de la digue du Devin (ouvrage structurant de la côte ouest de l'île), le site de l'Hommée est un point sensible historique ou le cordon dunaire est étroit (30m). Les travaux de défenses douces (clôtures, branchage, rechargements périodiques) permettent de stabiliser le site.

Revers de la dune en février 2005 : cette photo illustre bien la dynamique observées sur la période (2004-2008), avant que la CCIN et l'ONF n'entreprennent la restauration du cordon dunaire.

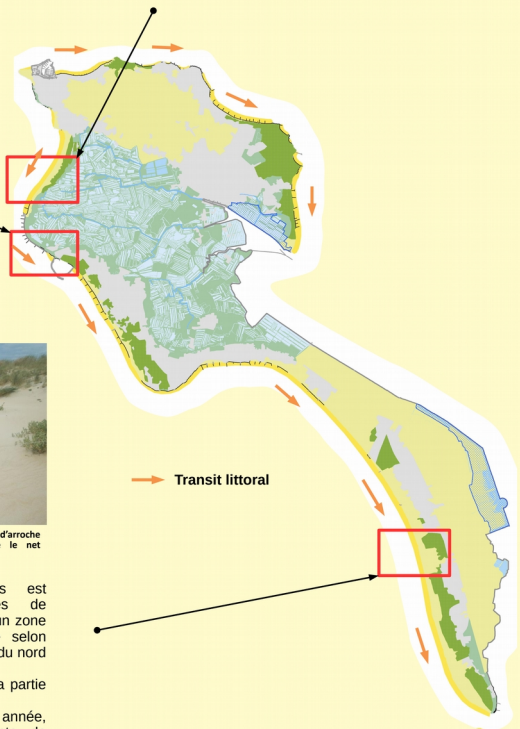
Les dunes de Barbâtre (Les Onchères)



La dune pionnière, constituée ici de pieds d'arçonne des sables et de caillie. On remarque le net ensablement de la clôture. (CCIN, 2017)



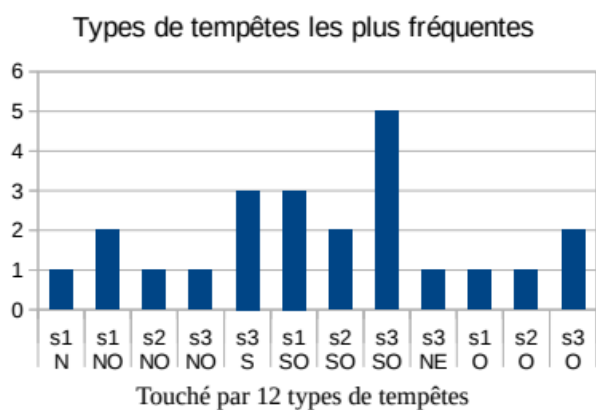
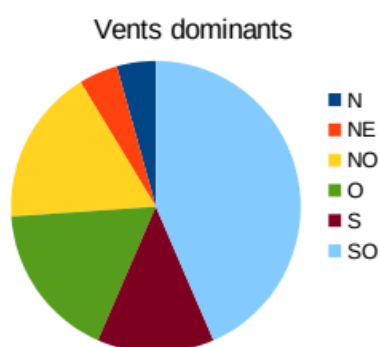
La Plage des Onchères est caractéristique des plages de Barbâtre. Elle correspond à un zone d'atterrissement sédimentaire selon une flèche littorale qui s'étire du nord vers la pointe de la Fosse. Géologiquement, il s'agit de la partie la plus récente de l'île. La dune progresse chaque année, pour une surface équivalente de presque 2 terrains de football en moyenne.



Annexe 2 : Exemple de la typologie des tempêtes passées par secteurs

Secteur de l'Épine et des Eloux (4)

tempêtes	vent (moyen)	Direction NAO	surcote	Heau St Naz	Submersion	secteurs impactés
11-12/01/1978	64	N		2,99	non	2, 3, 4, 8, 9, 13
30-01/01/1979	55	NE	0,59	3,58	oui	1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 14, 15
3-9/12/1966	46	NO		2,21	non	4
Lothar, Martin 25-28/12/1999	64	NO	0,29	2,35	non	2, 4, 4, 5, 10, 13
07/02/1996	64	NO	0,58	3,12	non	4,7
Godehard 3-6/11/2013	52	NO	0,78	3,63	non	4
13/02/1974	46	O	0,33	2,07	non	3, 3, 4, 7, 11
15-16/03/1976	20	O		3,09	non	4,5
Christina 2-4/03/2014	52	O	0,36	3,63	non	4,4
Xynthia 27-28 fev 2010	74	O	1,17	4,18	oui	4, 4, 4, 8, 9, 11, 12, 12, 14, 15
7-8/04/1985	35	S	0,31	3,51	non	1, 2, 3, 4, 6, 12
2 au 3 février 1904	46	S	0,57	3,71	oui	3, 4, 5, 11
1 ^{er} janvier 1877	46	S	1,34	4,07	oui	4, 8, 11, 12
8-9/12/1954	55	SO		2,32	non	4,4
20/11/1926	37	SO		2,56	oui	4
2-4/11/2005	46	SO	0,27	2,96	non	4
13/01/2009	marée	SO	0,73	3,14	non	4
26-30/01/1975	30	SO	0,15	3,32	non	4, 4, 4
22-23/11/1984	74	SO	0,68	3,52	non	1, 3, 4, 9
Hercule 30-07/01/2014	61	SO	0,43	3,52	non	4, 5, 15
Petra 31-04/02/2014	81	SO	0,3	3,6	non	4, 5, 7, 15
23-24/10/1999	35	SO	1,12	3,72	non	2, 4, 4, 5, 13
10/03/2008	92	SO	0,63	3,83	non	3, 4, 4, 6



Même si ce secteur est orienté ouest sud ouest, il reste sensible aux vents et houles arrivant du nord ouest. Les tempêtes les plus fréquentes sont donc celles de nord ouest, d'ouest et de sud ouest (78 % des tempêtes sur ce secteur). Évidemment très exposé aux événements de sud ouest (5 impacts), les tempêtes de sud sont aussi à risque, d'autant plus qu'elles sont toutes ici de catégorie 3. N'est pas touché par les tempêtes de SE, de N s2, de S s1 et s2, de NE s1 et s2, et d'E
 Surcote max : 1,34

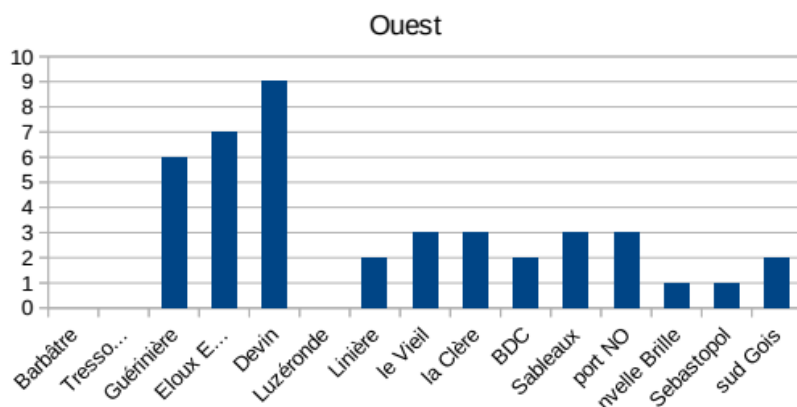
Annexe 3 : Exemple de la typologie des tempêtes passées par orientation de vent

Les tempêtes orientées Ouest :

Tableau de l'ensemble des tempêtes d'ouest. Orientation dominante, Elles représentent 25 % des 83 tempêtes depuis 1877. Ce type d'événement est caractérisé par Xynthia, épisode pendant lequel on a observé le plus haut niveau d'eau sur la période étudiée.

Tempêtes	Vent moyen	Direction NAO	Surcote	Heau St NaSub	Secteurs impactés	
13/02/1974	46	O	0,33	2,07	non	3, 3, 4, 7, 11
18-22/01/1971	55	O	0,21	2,12	non	3,5
21 au 22 novembre 1904	46	O	-0,04	2,45	non	99
3 au 5 avril 1947	55	O		2,47	non	5
9 au 10 janvier 1924	64	O		2,52	oui	3, 8, 10
17/10/07	46	O	0,42	2,58	non	99
9 au 11 novembre 1931	64	O		2,59	non	99
13 au 14 février 1900	64	O	0,3	2,6	non	99
1 au 2 janvier 1899	55	O	0,6	2,76	non	99
28/12/1959	55	O	0,29	2,85	non	5, 5, 5, 5
05/12/1884	37	O	-0,01	2,89	non	3
Eleanor 04/01/2018	32	O		3	non	99
05/02/1988	46	O	0,66	3,07	non	9, 10, 11, 12
15-16/03/1976	20	O		3,09	non	4,5
Joachim 16/12/2011	92	O	1,46	3,24	non	3
11 au 16 janvier 1899	64	O	0,19	3,3	non	99
15/02/1957	55	O	0,31	3,4	non	5, 7, 13, 15
05/04/1962	55	O	0,14	3,45	non	8,9
26-1er octobre 1882	37	O	0,31	3,52	non	5
Christina 2-4/03/2014	52	O	0,36	3,63	non	4,4
Xynthia 27-28 fev 2010	74	O	1,17	4,18	oui	4, 4, 4, 8, 9, 11, 12, 12, 14, 15

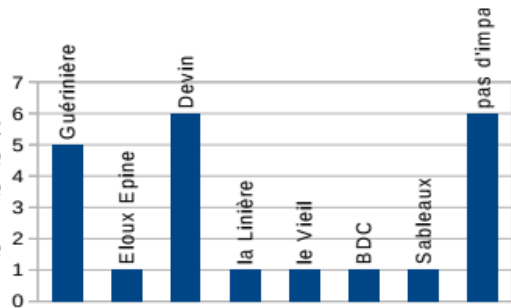
Les secteurs impactés : Ce sont globalement les mêmes secteurs touchés que pour des tempêtes de sud-ouest. Les perrés de la Guérinière ainsi que l'Epine sont très vulnérables à ce type de tempête, mais la plus grande exposition correspond au Devin, secteur orienté plein ouest.



Tempêtes avec moins de 3,02 m :

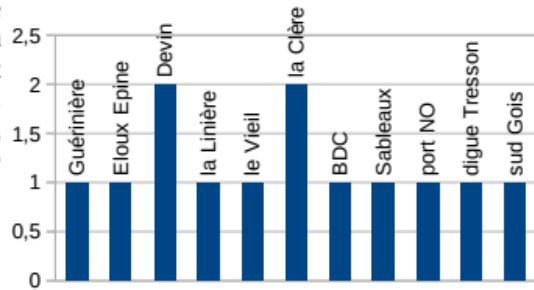
Les deux secteurs majoritairement touchés sont le Devin et les perrés de la Guérinière. La cote nord nord-est est aussi impactée de manière ponctuelle.

Touche 7 secteurs sur 15, dont 3 de façade ouest, 2 de façade nord et 2 de façade est.



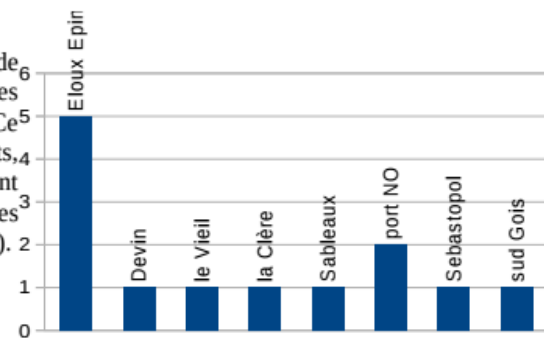
Tempêtes entre 3,02 et 3,45 m :

Ce type de tempête touche le territoire de manière hétérogène, sans distinction d'exposition. Les 11 secteurs touchés sont présents sur les 3 grandes façades de l'île. Tous n'ont occasionnés qu'un seul désordre, sauf au Devin et à la Clère, où l'on compte deux impacts.



Tempêtes de plus de 3,45 m :

Ces événements impactent surtout le secteur de l'Epine. En effet lors de Xynthia et des tempêtes de 2014 les dunes ont souffert sur cette côte. Ce type de tempête ne représente que 3 événements, donc beaucoup des secteurs avec un impact sont le résultat de Xynthia (car les deux autres tempêtes n'ont touchés que le Devin et l'Epine).



Annexe 4 : Orientation des tempêtes impactantes par secteurs

Orientation des tempêtes impactantes par secteur

Pourcentage des type de tempête par secteur, par rapport au nombre total de tempête par typologie.

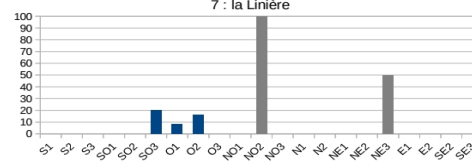
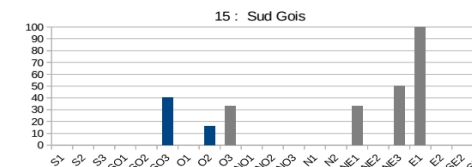
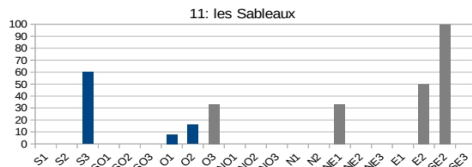
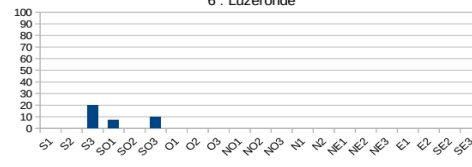
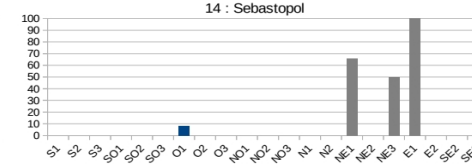
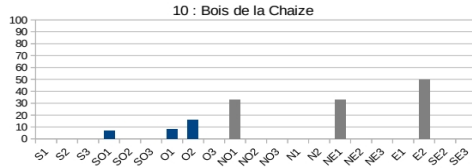
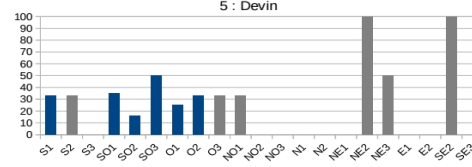
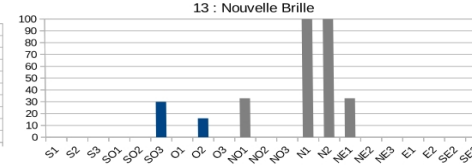
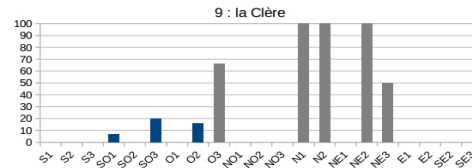
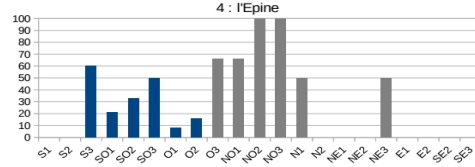
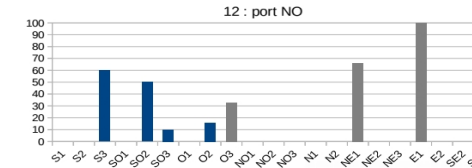
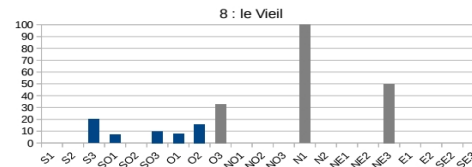
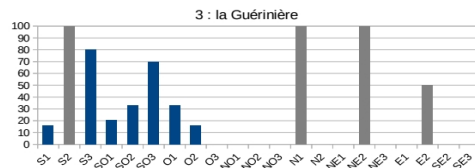
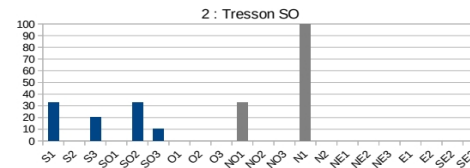
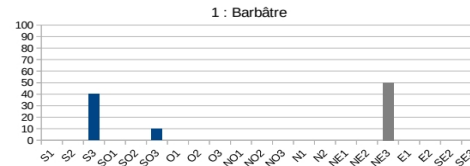
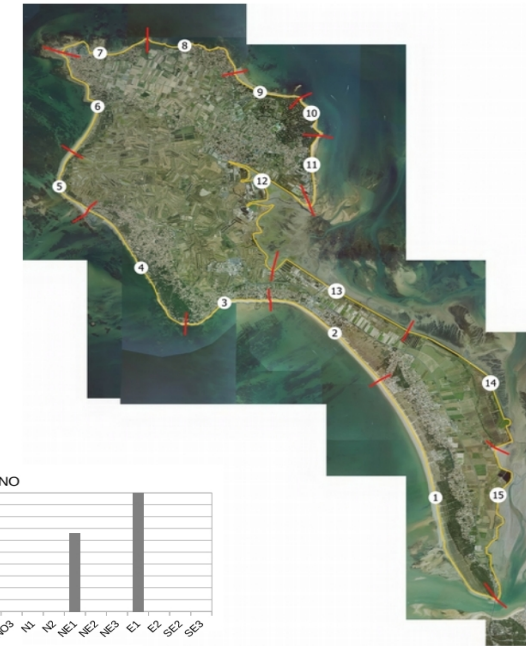
La typologie a été faite en classant les tempêtes par orientation de vent, puis par hauteur d'eau. Les hauteurs d'eau sont définies ainsi :

- Seuil 1 moins de 3,02 m NGF
- Seuil 2 entre 3,02 et 3,45 m NGF
- Seuil 3 plus de 3,45 m NGF

On obtient en tout 21 types de tempêtes, abrégées de telle sorte que NE2 = tempêtes de Nord-Est de seuil 2.

Exemple sur le secteur de Sebastopol, frappé par 5 types de tempêtes :

- E1 un impact, pour un total d'une seule tempête de ce type = 100 %
- NE1 deux impacts, pour un total de 3 tempêtes de ce type = 66 %
- NE3 un impact, pour un total de 2 tempêtes de ce type = 50 %
- O3 un impact, pour un total de 12 tempêtes de ce type = 8 %
- SE3 un impact, pour un total d'une seule tempête de ce type = 100 %



Orientation	nombre de tempêtes	seuils de hauteur d'eau		
		S1	S2	S3
S	14	S1	6	
		S2	3	
		S3	5	
SO	30	SO1	14	
		SO2	6	
		SO3	10	
		O1	12	
		O2	6	
		O3	3	
NO	5	NO1	3	
		NO2	1	
		NO3	1	
N	2	N1	1	
		N2	1	
		NE1	3	
NE	6	NE2	1	
		NE3	2	
		E1	1	
E	3	E2	2	
		SE2	1	
SE	2	SE3	1	

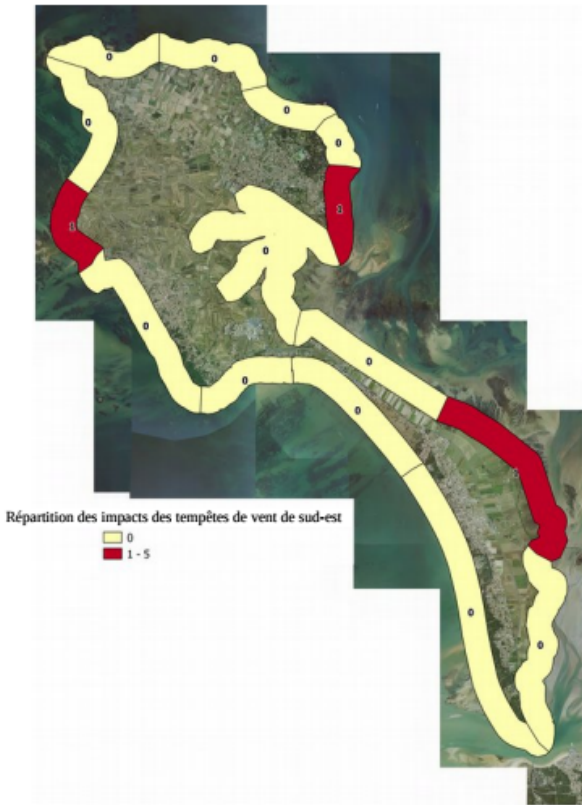
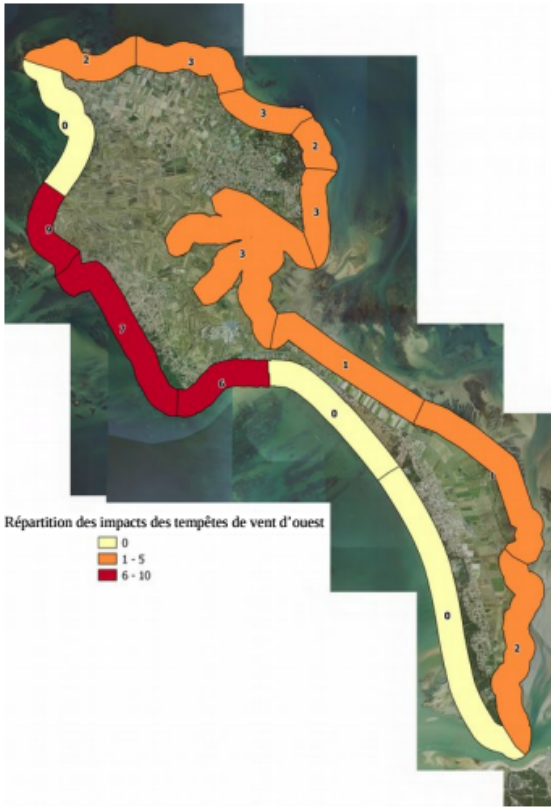
Répartition en 21 typologies des 83 tempêtes étudiées

Les colonnes grisées correspondent aux typologies de tempêtes de moins de 3 événements.

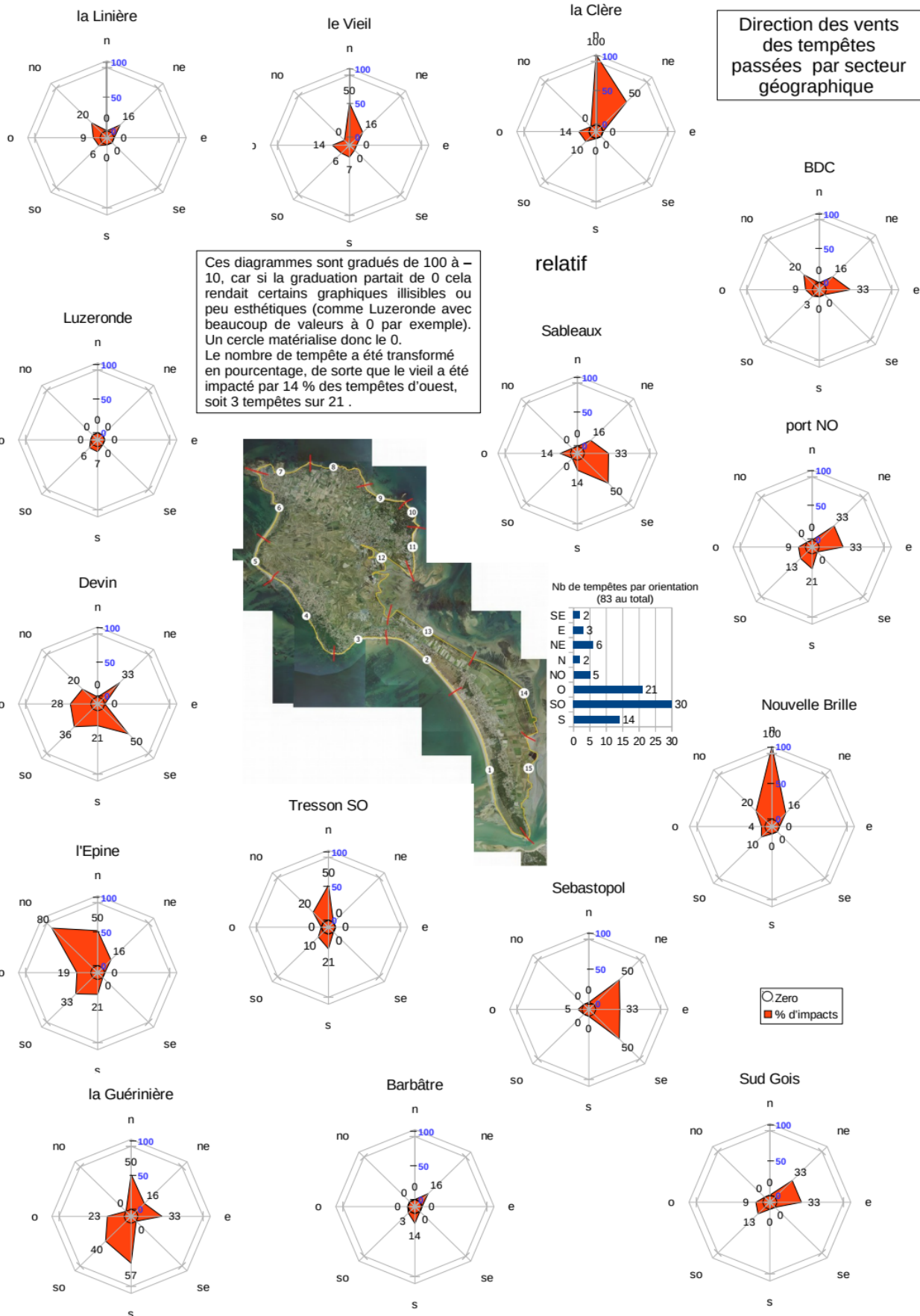
Annexe 5 : Répartition des impacts pour l'ensemble des tempêtes passées d'une même orientation de vent de vent

Répartition des impacts pour l'ensemble des tempêtes passées d'une même orientation de vent par secteur géographique (sur la période 1877-2018)

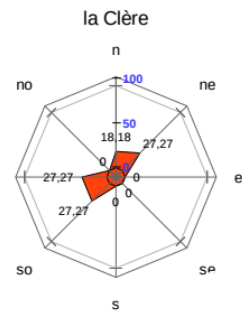
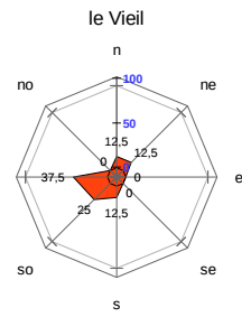
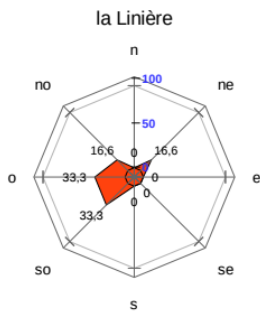




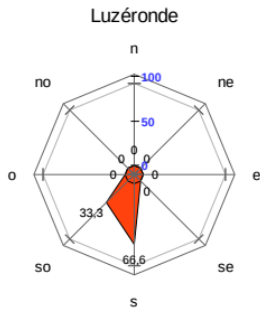
Annexe 6 : Direction des vents des tempêtes passées par secteur géographique (valeurs relatives)



Annexe 7 : Bilan de l'orientation des tempêtes ayant impactées chaque secteurs (valeurs réelles)

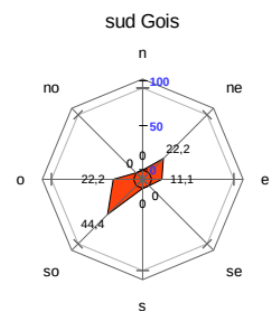
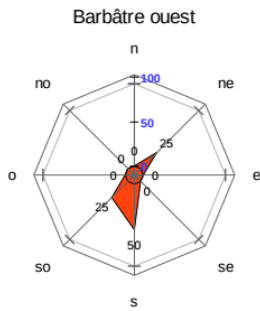
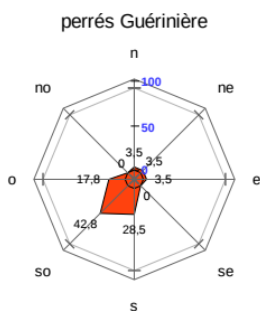
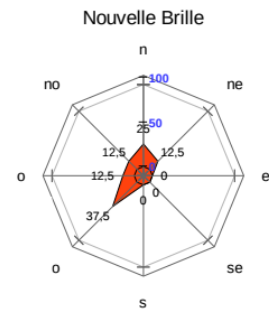
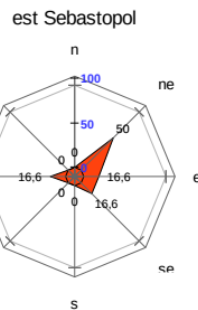
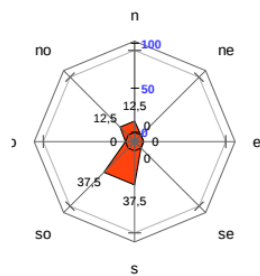
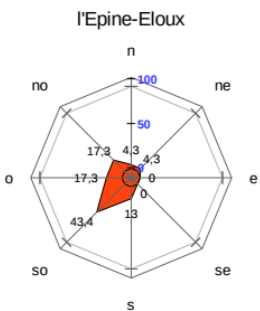
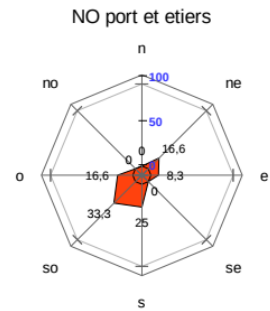
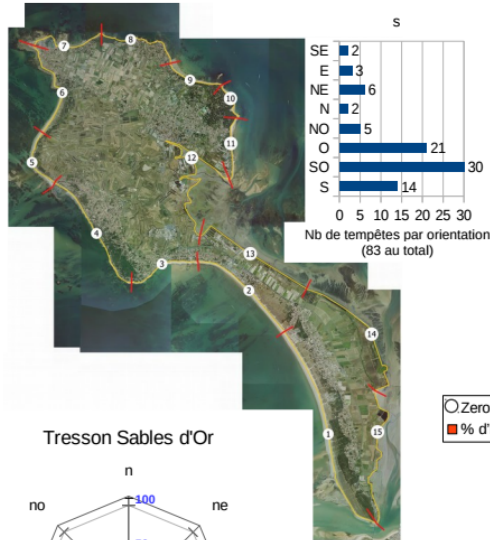
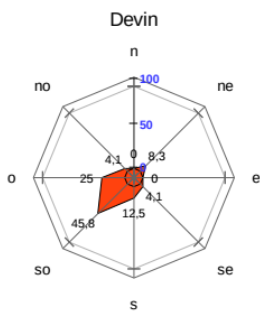
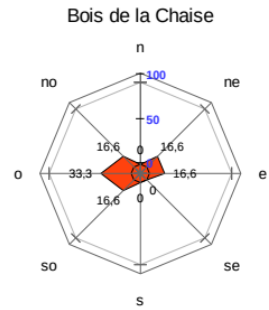
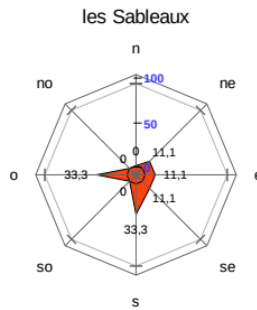


Bilan de l'orientation des tempêtes ayant impactées chaque secteur (réel)



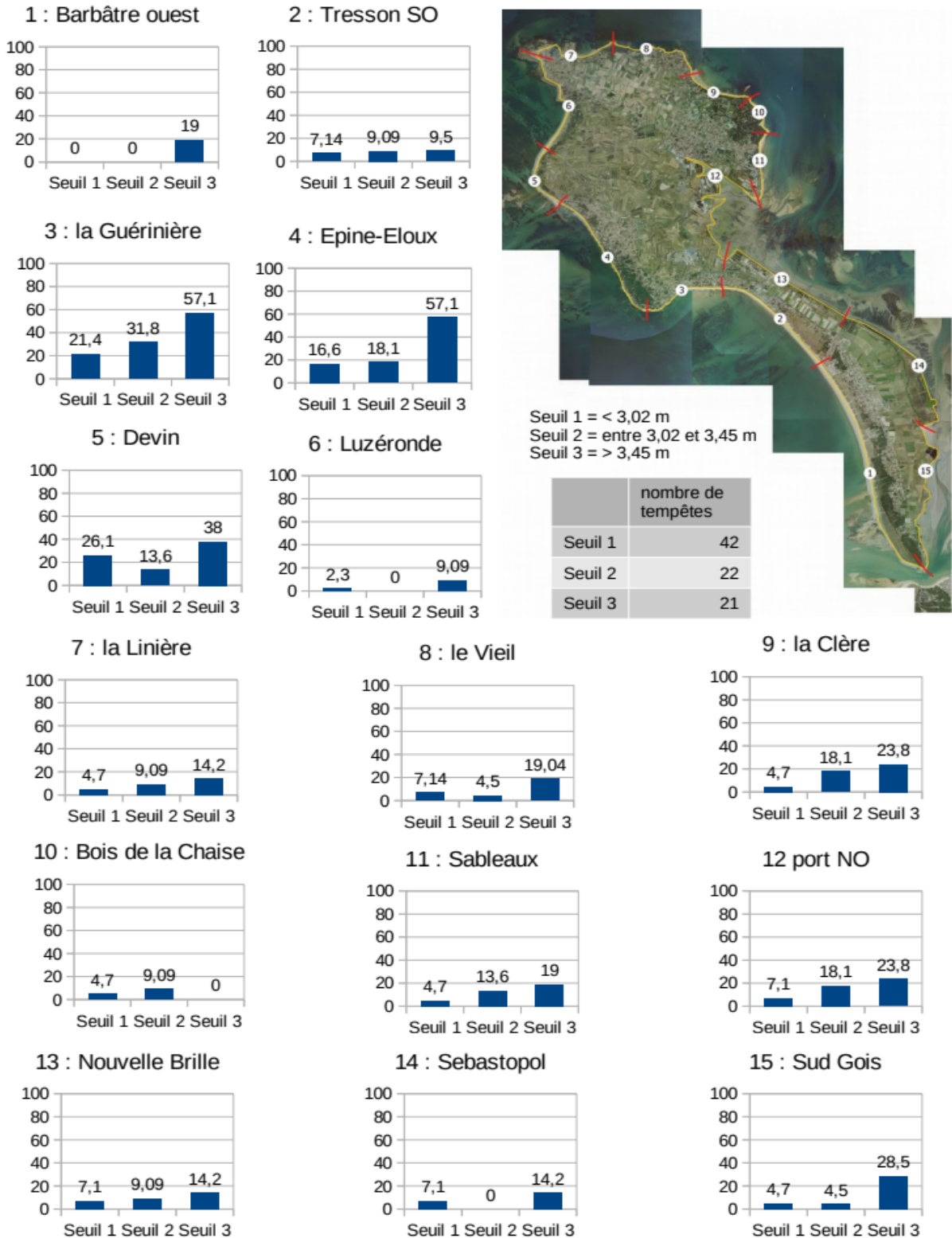
Ces diagrammes sont gradués de 100 à -10, car si la graduation partait de 0 cela rendait certains graphiques illisibles ou peu esthétiques (comme Luzérondo avec beaucoup de valeurs à 0 par exemple). Un cercle matérialise donc le 0.

Le nombre de tempêtes a été transformé en pourcentage, de sorte que la somme de ceux-ci fait 100 % soit le total des tempêtes ayant touchées le secteur

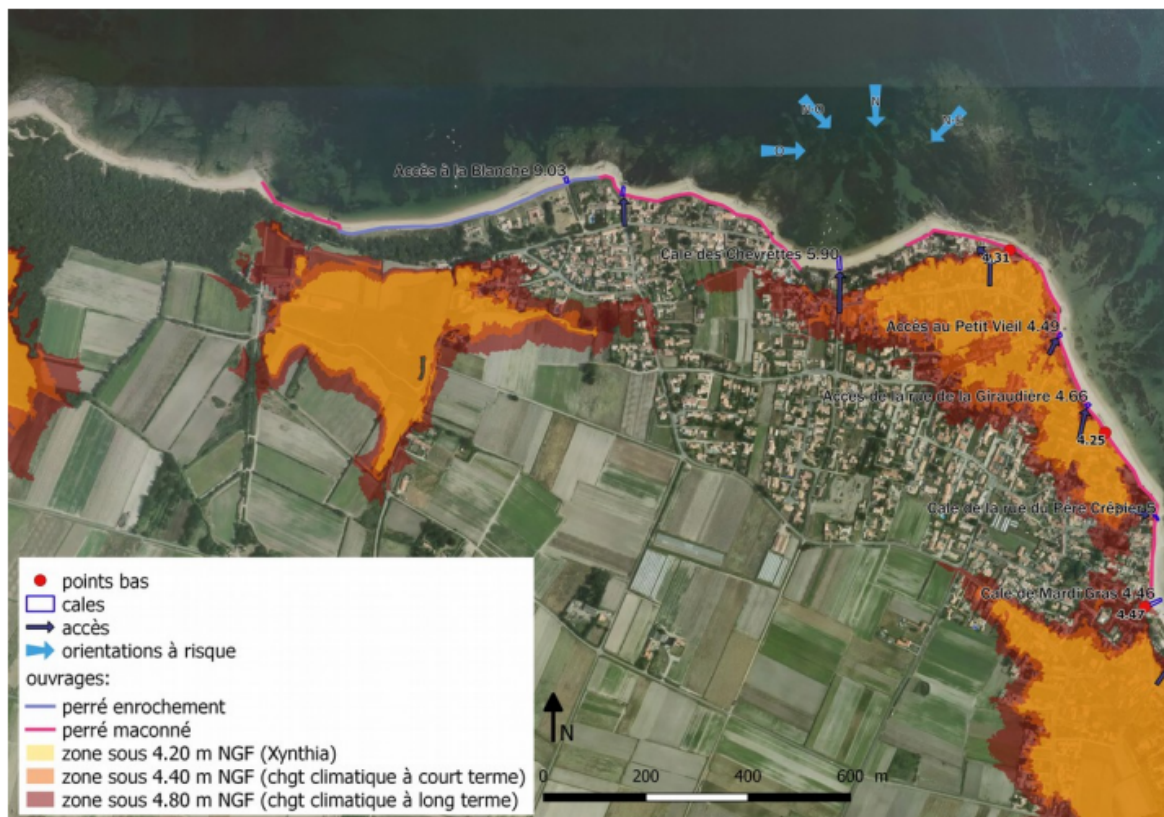


Annexes 8 : Distribution des tempêtes passées par secteur selon les seuils de hauteurs d'eau

Distribution des tempêtes passées par secteur géographique (selon leur hauteurs d'eau)



Secteur n°8 : Le Vieil



Seuil de débordement/inondation : 4,25 m NGF

Orientations à risque : N, NE, O, NO

Ouvrages: Ce secteur va de la pointe de la Gradette à la cale de Mardi Gras. À l'ouest, la défense du trait de côte est assuré par le mur de la Blanche, un perré maçonné. Se succèdent ensuite une alternance de perrés et de murs privés, montés par les riverains. Un mince cordon dunaire résiduel est encore présent à l'est de la cale des Chevrettes, il est cependant fragilisé à chaque grande marée en saison hivernale.

Points bas: En plus de certaines cales ne dépassant pas les 5 m NGF, trois points bas sont à surveiller. Le premier au niveau de la pointe des Charrier à 4,31 m, ou la seule défense est assurée par un mur maçonné donnant directement sur une zone urbanisée sous la cote Xynthia de 4,20 m NGF. Le second, à 4,25 m est dans la même configuration, un mur qui protège la même zone basse urbanisée. Enfin le dernier correspond à la cale de mardi gras. Légèrement plus élevé (4,47 m), il se trouve au niveau d'une grande zone basse au sud

Accès : 7 accès sont présents ici, soit d'ouest en est : la rue de la résistance, la rue des Chevrettes, l'impasse du petit Vieil, la rue Mgr Sobeaux, la rue de la Giraudière, la rue du père Crépière et la cale de Mardi Gras

Aléas : Ce secteur est sensible à l'érosion et à la submersion. À chaque saison, de nombreux murs privés sont régulièrement rénovés quand d'autres menacent de s'effondrer. La petite portion dunaire de la plage de la Madeleine est elle aussi érodée chaque hiver. À chaque grande tempête (1937, 1979, 2010), des franchissements ont eu lieu au niveau des plages (Madeleine et Petit Vieil), soit due à des débordements aux cales, soit due à des brèches dans les ouvrages

Enjeux : Ce secteur est un de ceux qui concentre le plus d'enjeux sur son trait de côte. Hormis le bois de la Blanche, tout le front de mer est urbanisé. De plus une importante partie du village est sous la cote Xynthia de 4,20 m NGF. On compte environ 71 maisons à moins de 25 m du front de mer.

Travaux récents, en cours, prévus :

Historique du secteur

Ce secteur est historiquement plus sensible aux tempêtes de N1 et de NE3. Cependant leur occurrence est faible puisqu'elles n'ont frappées respectivement que une et deux fois l'île sur la période 1877-2018 (=colonnes grisées), ce qui rend délicat une analyse statistique des dégâts. Quoiqu'il en soit ces types de tempête restent à risque pour ce secteur. On remarque enfin une légère sensibilité, vérifiée historiquement cette fois ci, aux tempêtes d'ouest et de sud ouest. 5 submersions (sur 8 tempêtes) sont à signaler, dont celle de 1924 qui survient lors d'une tempête de hauteur d'eau de seuil 1. Ce secteur est donc à surveiller même en cas d'événement à faible hauteur d'eau annoncée.

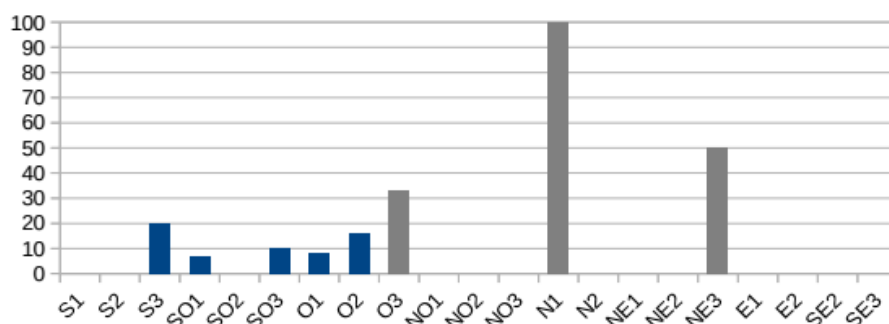


Figure 1 : Proportion des tempêtes impactantes sur ce secteur.



Figure 2 : Orientation des tempêtes par secteur, en pourcentage par rapport au nombre total de tempête d'une même orientation (sans prise en compte de la hauteur d'eau). Ainsi la probabilité pour que les tempêtes de N frappent le secteur est élevée, et la probabilité pour que les tempêtes de NE, O, SO et S le frappe est faible

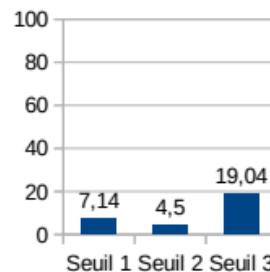


Figure 3 : Proportion des seuils de hauteurs d'eau ayant touchés le secteur, en fonction du total de tempête par seuil. Malgré des pourcentages faibles, le Vieil peut être inondé lors de tempêtes de seuil 1

tempêtes	Direction vent	Surcote	Hauteur d'eau St Nazaire	Submersion	Secteurs impactés
du 20 au 24 janvier 1939	SO		2,26	non	6, 8, 9
9 au 10 janvier 1924	O		2,52	oui	3, 8, 10
11-12/01/1978	N		2,99	non	2, 3, 4, 8, 9, 13
05/04/62	O	0,14	3,45	non	8,9
30-01/01/1979	NE	0,59	3,58	oui	1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 14, 15
du 13 au 14 mars 1937	SO	0,84	4,06	oui	3, 5, 7, 8, 9, 13, 15
1 ^{er} janvier 1877	S	1,34	4,07	oui	4, 8, 11, 12
Xynthia 27-28 fev 2010	O	1,17	4,18	oui	4, 4, 4, 8, 9, 11, 12, 12, 14, 15

Ensemble des tempêtes ayant impactées la Linière (1877-2018, 83 événements).

Les couleurs correspondent aux 3 seuils de hauteur d'eau soit :

- Jaune = moins de 3,02 m
- Orange = entre 3,02 et 3,45 m
- Rouge = plus de 3,45