



HAL
open science

Submersions marines sur le littoral atlantique français : 700 ans d'archives sociétales et environnementales pour une meilleure connaissance et gestion du risque

Mohamed Maanan, Emmanuelle Athimon, Pierre Pouzet

► To cite this version:

Mohamed Maanan, Emmanuelle Athimon, Pierre Pouzet. Submersions marines sur le littoral atlantique français : 700 ans d'archives sociétales et environnementales pour une meilleure connaissance et gestion du risque. Bulletin de l'Association de géographes français, 2022, Les risques littoraux, 98 (3/4), pp.366-384. 10.4000/bagf.8226 . hal-03588619

HAL Id: hal-03588619

<https://hal.science/hal-03588619>

Submitted on 25 Feb 2022

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

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

Submersions marines sur le littoral atlantique français : 700 ans d'archives sociétales et environnementales pour une meilleure connaissance et gestion du risque

(MARINE FLOODS ON THE FRENCH ATLANTIC COAST: 700 YEARS OF SOCIETAL AND ENVIRONMENTAL ARCHIVES FOR A BETTER KNOWLEDGE AND MANAGEMENT OF RISK)

Mohamed MAANAN* , Emmanuelle ATHIMON & Pierre POUZET*****

RÉSUMÉ – Cette recherche, financée par la Fondation de France, avait pour objectifs : 1) de retracer l'histoire des submersions marines dans l'ouest de la France à l'aide d'approches pluridisciplinaires, 2) d'évaluer les impacts quantitatifs et qualitatifs de ces événements sur les sociétés littorales, et 3) de définir la notion de « résilience sociétale » sous le prisme historique. La méthodologie repose sur une approche interdisciplinaire intégrant la sédimentologie (21 carottes sédimentaires ont été prélevées) et l'histoire du climat (19 691 documents historiques ont été dépouillés et analysés). Le cadre spatio-temporel de l'étude sur la façade atlantique française et couvre une période allant du XIV^e siècle à nos jours. Le couplage des données sédimentologiques avec les archives historiques a permis de caractériser quinze tempêtes avec submersions marines. Les résultats de cette recherche témoignent de l'adaptabilité des populations et de leur tolérance au risque de submersion marine à travers l'histoire. Ces différentes approches permettent d'accroître la connaissance des aléas côtiers, de contribuer à leur prévention et de proposer des outils prospectifs pour la gestion des risques littoraux.

Mots-clés : Submersions marines - ouest de la France - adaptation sociale

* Maître de Conférences HDR à l'Université de Nantes (IGARUN) rattaché à l'UMR CNRS 6554 Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG), Chemin de la Censive du Tertre, 44300 Nantes – Courriel : mohamed.maanan@univ-nantes.fr

** Chercheuse post-doctorante au Laboratoire d'Hydraulique Saint-Venant (ENPC, EDF, CEREMA), École Nationale des Ponts ParisTech, 6 quai Wattier, bâtiment I, 78146 Chatou, Courriel : emmanuelle.athimon@enpc.fr

*** Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche à l'Université de Nantes (IGARUN) rattaché à l'UMR CNRS 6554 Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG), Chemin de la Censive du Tertre, 44300 Nantes – Courriel : pierre.pouzet@univ-nantes.fr

ABSTRACT – *This research, funded by La Fondation de France, aims to: 1) retrace the history of marine submersion in western France using multidisciplinary approaches, 2) assess the quantitative and qualitative impacts of these events on coastal societies, and 3) define the notion of “societal resilience” through the historical prism. The methodology is based on an interdisciplinary approach integrating sedimentology (21 sedimentary cores were taken) and climate history (19 691 unpublished historical documents were examined and analyzed). The spatial and temporal framework of the study is the French Atlantic coast, and it covers a period ranging from the 14th century to the present day. The coupling of sedimentological data with historical archives has made it possible to characterize fifteen storms with marine submersions. The results of this research bear witness to the adaptability of populations and their tolerance to the risk of marine submersion throughout history. These different approaches make it possible to increase knowledge of coastal hazards, to contribute to their prevention and to propose prospective tools for the management of coastal risks.*

Key words : *Marine submersions - western France - social adaptation*

Introduction

Avec l'augmentation récente de la population mondiale et des infrastructures littorales, les submersions marines (dites « vimers » ou « vimaires » dans le passé) sont devenues un des risques majeurs à l'échelle globale [Garnier & al. 2012, 2018, Sarrazin 2012, Desarthe 2014, Noël 2014, Péret & Sauzeau 2014, Athimon & al. 2016, Athimon & Maanan 2018, Pouzet & Maanan 2020a]. La connaissance de ces événements et de leurs impacts dans le passé présente plusieurs intérêts majeurs : elle éclaire le débat actuel sur le changement climatique, ses possibles manifestations et retentissements ; elle contribue à repérer et exposer les zones à risques, participant ainsi à la prévention et à la sensibilisation des communautés ; elle permet de recréer du lien avec les territoires, en particulier à travers la (re)construction d'une mémoire efficiente de ces phénomènes ; elle aide à orienter les choix futurs des autorités en matière d'adaptation, de gestion et d'aménagement des espaces [Athimon & al. 2016, Creach & al. 2020].

S'il apparaît nécessaire d'anticiper ces changements et les risques associés pour un développement social et économique équitable des territoires, tout en préservant les espaces naturels indispensables à l'équilibre environnemental, le mode opératoire pour atteindre ces objectifs demeure largement à définir. Ceci implique en effet la mise en place d'une gestion appropriée, prenant en compte aussi bien des aspects environnementaux (liés au cadre physique et climatique du territoire notamment), sociaux (populations, représentations, cultures) et économiques (activités, ressources, finances). De plus, la gestion des territoires (et les processus décisionnels associés) se pratique dans un cadre régional ou local, avec des échelles de temps plus courtes (décennales) que la vitesse d'évolution des phénomènes globaux [Coquet & al. 2019, Mercier & al. 2019, Doue & al. 2020]. Sur la façade atlantique française, de récentes

préoccupations et sollicitations concernant l'érosion littorale, les risques côtiers, la gestion de ces milieux, ont émergé au sein des collectivités territoriales, chez les acteurs économiques locaux, les touristes et les citoyens en général, qu'ils vivent, ou non, à proximité de la mer.

Transdisciplinaire, cette recherche mobilise des compétences et méthodes complémentaires relatives à la géomorphologie, l'histoire, la sédimentologie, la géomatique, l'archéologie. Notre démarche a pour objectif de reconstituer ces tempêtes du passé à partir d'archives sédimentaires (paléotempestologie) et de documents historiques primaires. L'intérêt majeur de la paléotempestologie [Liu & Fearn 1993, 2000] est de pouvoir offrir une vision générale des grandes phases de forte activité des aléas météo-marins à des échelles de temps long. L'objectif de cette recherche est double : (i) de développer, par des approches intégrées, des indicateurs pertinents pour évaluer le temps de restauration et le type de réponse des écosystèmes aux perturbations d'une part ; mais aussi d'appréhender, d'autre part, les réactions, perceptions et, à travers elles, les adaptations et capacités de résilience des sociétés ; et (ii) d'évaluer l'évolution de ce risque au regard des changements climatiques passés.

1. Développement méthodologique

Le cadre temporel, depuis le 14^e siècle, présente un cadre original pour étudier l'impact des changements climatiques et environnementaux sur les activités tempétueuses. Cet épisode est marqué par trois phases climatiques majeures [Ljungqvist 2010] : l'Optimum Climatique Médiéval (900-1300), le Petit Âge Glaciaire (1300-1860) et le réchauffement climatique Anthropocène (1850-actuel). La scène régionale étudiée concerne la façade atlantique française (Fig. 1). Ce territoire forme une unité fonctionnelle sur le plan climatique et géomorphologique. Les côtes basses sableuses ou marécageuses de la façade atlantique française sont soumises à un risque accru de submersion marine, créant des périls en chaîne pour les secteurs occupés par l'Homme. Le choix des zones d'étude est guidé par deux facteurs majeurs : i) la présence d'une occupation humaine (mémoires transmises aux populations récentes) et ii) zones basses souvent confrontées aux risques de submersions marines depuis plusieurs siècles. Ces approches ont été appliquées dans cinq zones d'étude : la Petite mer de Gâvres ; les Traicts du Croisic ; Bouin, l'île d'Yeu, et la lagune de la Belle Henriette (Fig. 1).

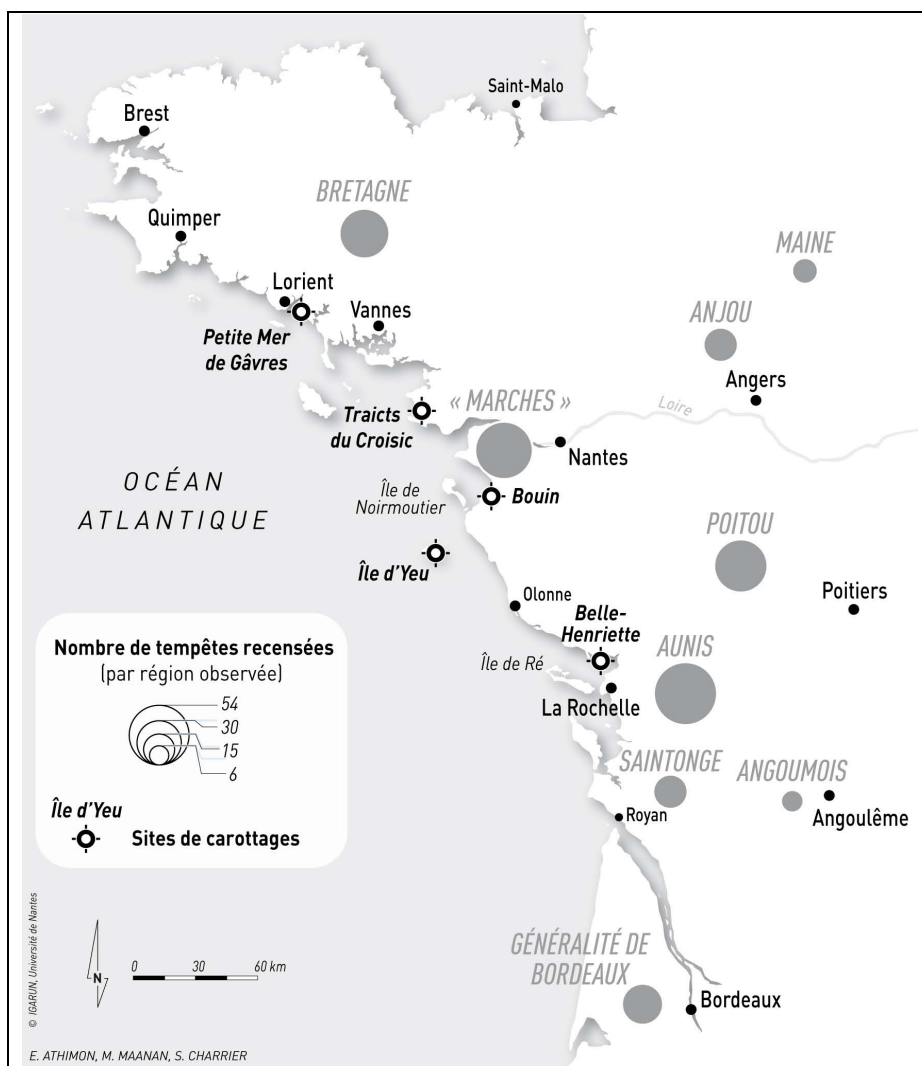


Figure 1 - Répartition des tempêtes recensées à partir des archives historiques sur la façade atlantique française entre le 14^e et le 18^e siècle

L'approche historique repose en majorité sur des textes consignants des données descriptives et d'observations. La présente recherche repose sur la consultation de 19 888 manuscrits : i) 19 691 manuscrits historiques inédits comme les sources narratives (chroniques, annales, journaux, notes marginales des registres paroissiaux) les données instrumentales, les cartes anciennes et les documents de la pratique comme les registres de comptes, de délibérations, de

réparations et de chancellerie (tableau 1) et ii) 196 articles publiés. Les archives historiques fournissent des données qualitatives (observations de l'état de la mer, descriptions des dommages ou des réactions des sociétés) et quantitatives (relevés de pression atmosphérique, mesures de hauteur d'eau) qu'il est nécessaire de critiquer et analyser en usant de la méthode critique historique [Langlois & Seignobos 1898, Le Goff & Nora 1974, Halkin 1982, Lemerrier & Zalc 2008].

Ville	Nombre de documents consultés
ANGERS (AM, AD, Med)	420
BORDEAUX (AM, AD)	4 365
BREST / QUIMPER (AM, AD)	770
LA ROCHELLE (AD, Med)	750
LA ROCHE / YON (AD)	3 386
LE MANS (AD, Med)	435
NANTES (AM, AD, Med)	3 746
PARIS (AN, BnF, AC)	3 833
POITIERS (AD, Med)	385
RENNES (AM, AD)	515
SAUMUR (AM)	87
ST-BRIEUC (AD)	821
VANNES (AD)	178
TOTAL	19 691

Tableau 1 – Les archives historiques inédites mobilisées dans cette recherche (AM : archive municipale/AD : archive départementale/AN : archive nationale/BnF : Bibliothèque nationale de France/AC : Bibliothèque de l'Académie de Médecine /Med : Médiathèque)

Il convient de s'assurer de l'authenticité de chaque source (critique historique externe), ainsi que de la fiabilité de son contenu (critique historique interne). Pour ce faire, des détails sur l'auteur (qui ? témoin ou non ?), l'évènement (date, lieu, cohérence du récit), les conditions et motivations de rédaction de la source, le contexte historique dans lequel s'inscrit l'aléa (guerre, épidémie, prospérité) doivent être réunis afin d'identifier les exagérations, atténuations ou omissions. De plus, lorsque cela est possible, il est nécessaire d'opérer des recoupements entre les témoignages de manière à repérer les erreurs et incohérences potentielles, mais également à caractériser l'évènement plus finement. La principale limite de cette méthode tient à son matériau même : les sources peuvent avoir disparu, être perdues ou n'avoir jamais été produites.

Enfin, des croisements très intéressants peuvent être opérés avec les archives sédimentaires pour évaluer l'impact environnemental des aléas passés.

Concernant les archives sédimentaires, la méthodologie employée est variée et allie différentes techniques de prélèvement et d'analyses sédimentaires. Les carottes sédimentaires permettent d'étudier l'évolution verticale des faciès sédimentaires et d'analyser la dynamique paléoenvironnementale. Elles incluent les impacts des changements de l'occupation des sols [Cuellar-Martinez & al. 2017, Maanan & al. 2014, 2018, Ning & al. 2018, Yim & al. 2018], les changements environnementaux tels que l'élévation du niveau marin [Lambeck & Bard 2000, Baltzer & al. 2015, Culver & al. 2015, Fruergaard & al. 2015] et la détection d'évènements extrêmes [Dezileau & al. 2016, Affouri & al. 2017, Pouzet & al. 2018, 2019]. Trois étapes jalonnent l'identification de la provenance marine d'un dépôt ou de plusieurs dépôts déterminés au sein d'une carotte sédimentaire (Fig. 2) :

i) la première étape porte sur l'identification du faciès et de son origine (marin, lagunaire, continentale). Grâce aux analyses sédimentologiques, de nombreux indicateurs notamment dérivés de la granulométrie sont utilisés pour caractériser la provenance des sédiments [Pouzet & Maanan 2020b]. Les prélèvements ont pu être effectués grâce à un carottier à percussion. Pour la description sédimentologique, des radiographies aux rayons X ont été prises à l'aide d'un radioscope type Scopix® [Migeon & al. 1998]. Enfin, les sédiments ont été échantillonnés tous les 0,5cm pour la datation, et tous les centimètres pour l'analyse granulométrique. Cette dernière est mesurée par un granulomètre laser Malvern Mastersizer 2000® [Yu & al. 2009]. L'environnement des bassins versants des terrains sélectionnés est principalement composé de roches majoritairement riches en Silicates (aluminosilicates). Elles comprennent notamment des forts taux d'éléments géochimiques Silicium (Si), Aluminium (Al), Fer (Fe), Titane (Ti), Potassium (K) et Silice (Si) [Capdevila 2010]. À l'inverse, les sédiments marins sont riches en Strontium (Sr), Calcium (Ca) et le Magnésium (Mg) par leur forte composition dans les organismes marins [Dodd 1965, Graus 1974]. L'indicateur d'environnement marin (Strontium/Titane) a été validé statistiquement comme indicateur fiable de dépôt tempétueux d'origine marine dans l'ouest de la France [Pouzet & Maanan 2020b].

ii) La deuxième étape consiste à déterminer l'âge des faciès à l'aide des datations isotopiques. Dans les marais anciens et bien colmatés (comme l'île d'Yeu), nous avons fait appel au Gliwice Absolute Dating Methods Centre (GADAM), à Gliwice (Pologne), pour effectuer des datations au ¹⁴C par la technique Accelerator Mass Spectrometry [Donnelly & al. 2004]. Les âges de radiocarbone ont été calibrés en utilisant la courbe IntCal13 [Reimer & al. 2013], la courbe NH1 [Hua & al. 2013] et la courbe Marine13. Les résultats ont été introduits dans le logiciel OxCal v.4.2.4 [Bronk Ramsey 2009].

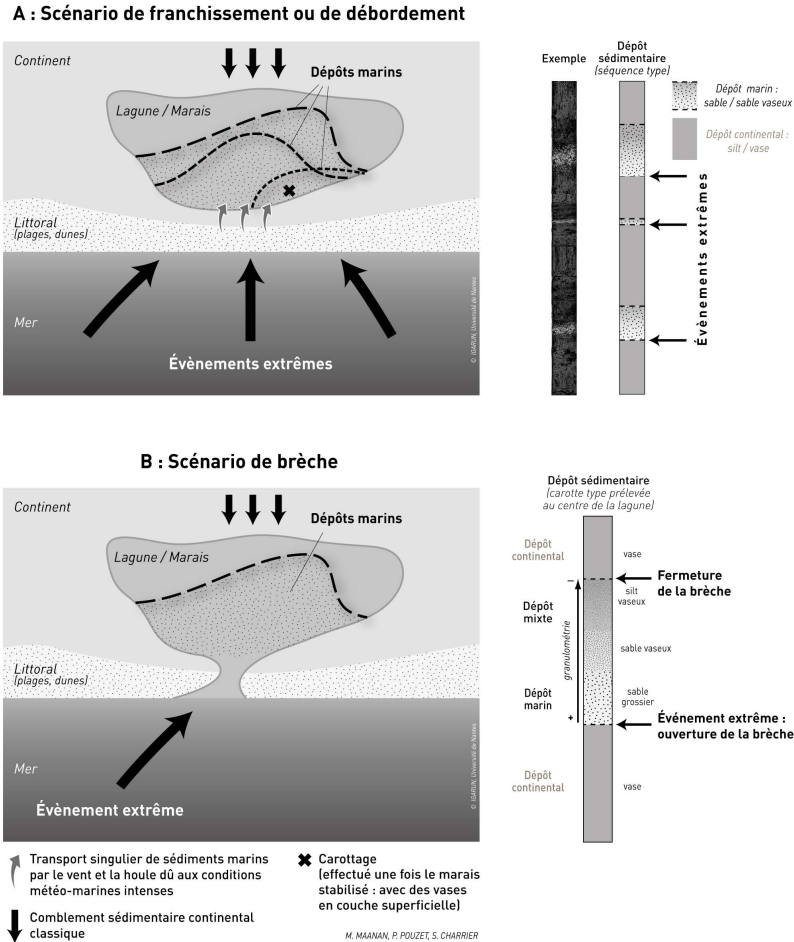


Figure 2 – Modèle conceptuel de l’enregistrement des traces de tempêtes dans les carottes sédimentaires selon deux scénarios de submersion marine

Les algorithmes *P_Sequence* [Bronk Ramsey 2008] ont été utilisés pour obtenir les relations âge-profondeur pour les carottes prélevées. Quant aux lagunes récentes, nous avons couplé cette première méthode avec une datation au ²¹⁰Pb et du ¹³⁷Cs [Hippensteel & Martin 1999, Lima & al. 2005], effectuée au laboratoire EPOC, Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (UMR CNRS 5805), Université de Bordeaux. Les activités du ²¹⁰Pb et ¹³⁷Cs sont directement déterminées à partir de leurs émissions γ à 46.5 et 661.7 keV, et exprimées en mBq.g⁻¹. Pour déterminer la vitesse ou le taux d’accumulation

et l'âge des sédiments, nous avons utilisé le modèle CFCS [Goldberg 1963, Robbins & al. 1977]. Le ^{137}Cs nous permet ensuite de vérifier le modèle que nous avons produit. Nous comparons les deux pics d'activité observés aux alentours de l'année 1964 correspondant à la fin des essais atmosphériques nucléaires, et vers 1986 lié à l'accident de Tchernobyl [Lomenick & Tamura 1965, Ritchie & McHenry 1990, Walling & He 1999].

iii) Une fois la couche marine datée (*washover*), les données anciennes permettent de caractériser précisément les aléas ayant favorisé le processus de dépôt. Les sources historiques permettent de dater au jour, voire à l'heure près des événements tempétueux détectés dans les archives sédimentaires, dont l'incertitude sur la datation est généralement supérieure. En effectuant ces différents croisements, la certitude que le dépôt marin daté dans la carotte prélevée a été déposé à la suite d'une tempête violente induisant une surcote marine est établie [Pouzet & Maanan 2020a]. En contrepartie, les données sédimentologiques viennent en appui à la recherche historique et confirment l'évaluation de l'intensité des tempêtes faite à partir des sources.

2. Les tempêtes de 1469 et 1645 : deux cas d'application de la méthode

La tempête avec submersion des 27-28 janvier (5-6 février en calendrier grégorien) 1469 (n.st) est l'une des plus familières à la recherche historique [Sarrazin 2012, 2016]. Elle survient durant la nuit et est signalée à Angers sur les environs de 4 heures du matin [Méd. Toussaint d'Angers, ms. 976, fol. 7-8]. Elle conjugue une forte dépression, des vents violents et une grande marée de syzygie liée à la pleine lune du 27 janvier. Le coefficient de marée est estimé à 98 le 27 janvier, il atteint 106 pour la première pleine mer du 28 janvier et descend à 103 pour la seconde pleine mer du 28. Le calculateur du logiciel « *Admiralty EasyTide Predict* » du United Kingdom Hydrographic Office a fourni les hauteurs d'eau ayant permis de calculer le coefficient de marée. Les dommages sont très importants et les premières destructions recensées sont matérielles. À Bouin, la mer a pulvérisé les levées et chaussées des marais salants. Des brèches majeures sont signalées. Au marais des Esnières (Bouin), ces brèches mesurent jusqu'à 19 brasses, soit près de 31 mètres de long et, par endroit, les pierres renforçant les ouvrages de protection ont été projetées à l'intérieur des terres [AN, 1 AP 2132, pièce n°122]. En pénétrant dans les terres, la mer a également endommagé les ponts et chemins, de même que les circuits hydrauliques des salines. En Anjou, des dommages au château d'Angers, aux maisons et au clocher de l'église Saint-Aubin, qui est renversé, sont signalés [Méd. Toussaint d'Angers, ms. 976, fol. 7-8]. À noter que, si ce n'est la mention d'une saunière noyée [AN, 1 AP 2132, pièce n°122], nul bilan humain de l'évènement n'a été produit, ce qui illustre les mentalités du temps, auxquelles la notion même de « bilan humain » apparaît étrangère [Sarrazin 2012]. En outre, dans les territoires où celui-ci est calculable, le préjudice économique est

conséquent, avec la perte d'une part importante de la production de sel emportée par la submersion. Lors de la visite de ses marais de Prigny et de Bourgneuf, le notable nantais Robert Blanchet constate la disparition de 8 monceaux de sel, soit environ 1 500 tonnes [AD 44, 2 E 382, fol. 4]. Enfin, les dégâts environnementaux et agricoles ne sont pas négligeables. Dans l'arrière-pays angevin, de très nombreux arbres sont déracinés et/ou rompus. L'analyse de deux carottes sédimentaires témoigne de l'impact de cet aléa identifié dans plusieurs environnements de dépôts côtiers. La carotte extraite aux Traicts du Croisic (T3M) présente un impact légèrement visible au sein de la radiographie et nettement identifiable dans les indicateurs granulométriques. Le grain moyen croît d'environ 450 à 530 μm , et les taux de sables très grossiers et grossiers augmentent respectivement de 1 à 5 % et de 40 à 45 %. L'indice d'environnement marin passe également de 1 à 5 %, tandis que le taux de carbone reste stable. Ce faciès a été daté en 1470 ± 25 ap. J.-C. entre 115 et 125 cm de profondeur. Un faciès marin a également été identifié dans le site de la Petite mer de Gâvres à 79 cm de profondeur (carotte L3M), daté en 1445 ± 40 ap. J.-C., au sein duquel un caillou de 3 cm de diamètre de quartz a notamment été extrait.

La dépression du samedi 28 et du dimanche 29 janvier 1645 frappe également l'ouest de la France au cours de la nuit. Elle est accompagnée de pluies diluviennes qui provoquent des inondations fluviales, notamment du côté du Mans [AD 72, 1 J 364, fol. 119-123]. La pleine lune a eu lieu la veille et le coefficient de marée est estimé à 91 le 28 au soir et à 100 le 29 janvier 1645 au matin. Des submersions marines sont rapportées [livre de raison de Robert Samuel ; Méd. M. Crépeau, ms. 153, fol. 122] à l'île de Ré, d'Aix et d'Oléron, ainsi qu'à La Rochelle, Marennes, Nieulle, Arvert, Talmont-sur-Gironde, Saint-Seurin-d'Uzet (Fig. 4).

Les vents sont de nord-ouest et de nombreux dommages, liés à leur vitesse et à l'état de la mer, sont recensés. Tout d'abord, une trentaine de navires sont échoués et brisés sur les côtes, en particulier entre La Rochelle et Chef-de-Baie [Méd. M. Crépeau, ms. 153, fol. 122 ; livre de raison de Robert Samuel ; Diaire de Guillaudeau Joseph] À Saintes, Germond, Poitiers, Le Mans, Bordeaux, des dégâts aux cheminées et aux toitures de maisons et de monuments religieux sont mentionnés dans les sources historiques [AD 72, 1 J 364, fol. 119-123 ; AD 86, G 1309, fol. 7 ; AD 33, H 306, pièce n°5 ; Journal de Robert Simon 1895].

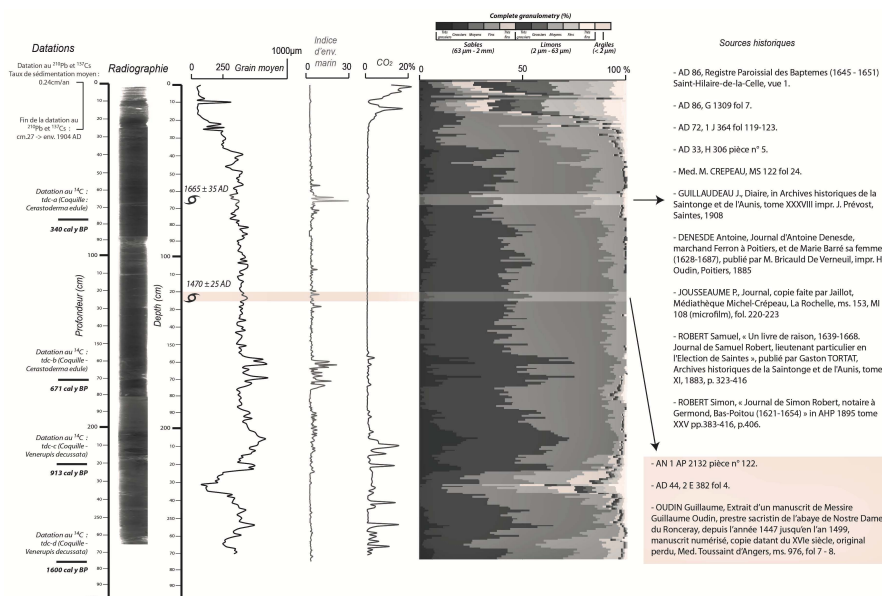


Figure 3 – Détection d'impacts sédimentologiques de tempêtes anciennes et croisement avec les sources historiques (Traicts du Croisic)

Là encore, aucun bilan humain circonstancié n'émerge, même si certains discours insinuent son importance et que quelques décès, dont 3 par noyade, sont nommément relevés [livre de raison de Robert Samuel ; Journal de Desnesde Antoine 1885]. Les dommages sur les activités sont également majeurs, avec une grande quantité de marais salants, de champs, de vignes et de prés submergés, des récoltes (sel, blé, raisin, etc.), semences et bétail perdus, ainsi que de nombreux arbres déracinés, brisés. La carotte extraite aux Traicts du Croisic (Fig. 3) présente un impact nettement visible au sein de la radiographie et des indicateurs granulométriques. Le grain moyen croît d'environ 410 à 440 μm , et les taux de sables très grossiers et grossiers augmentent respectivement de 2 à 4 % et de 20 à 35 %. L'indice d'environnement marin passe également de 4 à 25 %, tandis que le taux de carbone augmente très légèrement en raison de la présence de débris coquilliers dans les sables. Ce facies a été daté en 1665 \pm 35 AD à 66 cm de profondeur par les datations réalisées au ^{14}C et $^{210}\text{Pb}/^{137}\text{Cs}$. À l'échelle européenne, les deux évènements de 1469 (n.st) et de 1645 AD sont également intégrés au sein de la phase d'augmentation de l'activité tempétueuse 1350 – 1650, notamment déterminée à partir de plusieurs carottes extraites à l'Île d'Yeu [Pouzet & al. 2018].

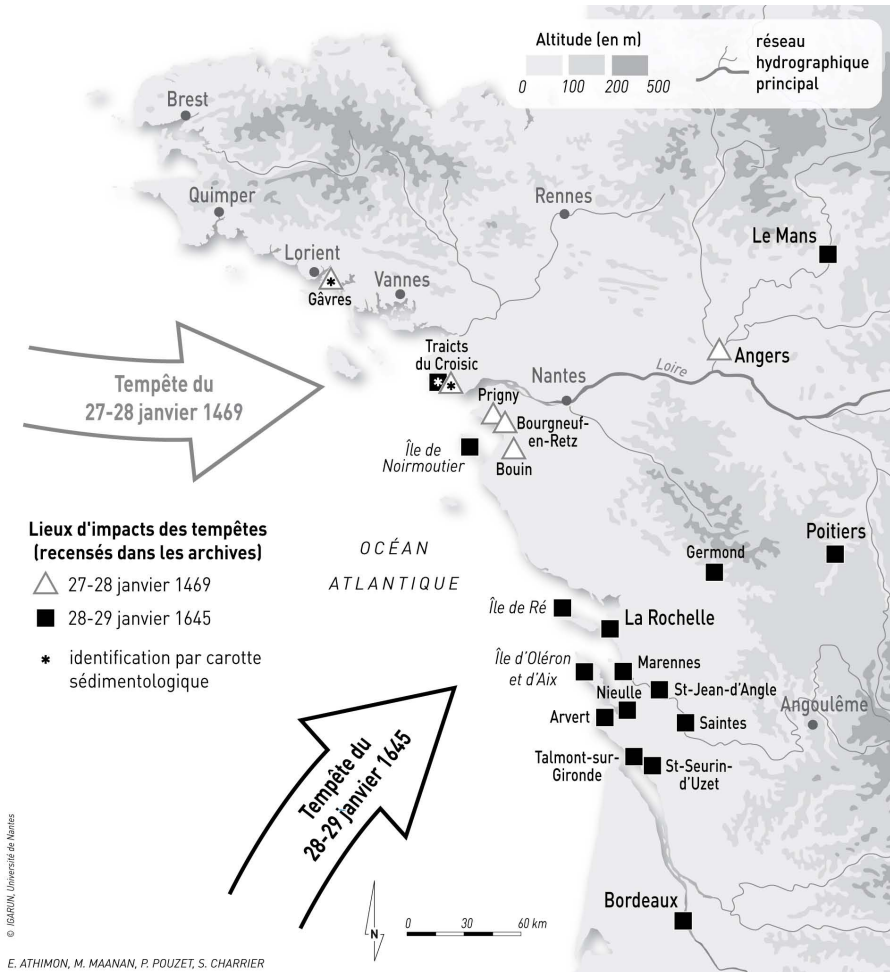


Figure 4 – Cartographie des impacts des tempêtes de 1469 et 1645, les impacts marqués d'un astérisque sont identifiés par des archives sédimentologiques, les autres proviennent de sources historiques

Ainsi, cette approche géo-historique nous permet de discuter de l'impact des tempêtes à plus large échelle. L'amplitude spatiale de différents événements peut être cartographiée. La figure 4 reprend et spatialise les données issues des tempêtes majeures de 1469 et 1645. Des hypothèses sont proposées sur leurs trajectoires : l'évènement de 1469 aurait une direction ouest-est tandis que celui de 1645 suivrait une trajectoire vers le nord-est.

3. Réponses des sociétés

À la fin du Moyen Âge et à l'Époque Moderne, des stratégies d'adaptation ayant pour objectif de protéger – en premier lieu – les enjeux, les activités, les biens et – en second lieu – les personnes sont mises en œuvre. Progressivement, certaines initiatives s'ancrent également dans une volonté de prévenir les risques de tempête. Les stratégies dont il sera question portent essentiellement sur l'aménagement du territoire, sa gestion, les interventions faites au lendemain d'un *vimer*. La défense contre la mer passe par l'établissement et l'entretien d'infrastructures construites en front de mer. Ce développement se propose d'étudier les dispositifs de protection du littoral mis en place par les sociétés médiévales et modernes comme les pêcheries, les chaussées / bots / levées. Les « bots » et « chaussées » de Bretagne méridionale, du Poitou et de l'Aunis ont participé à la conversion de prairies maritimes inondables, nommées par les géomorphologues « schorre supérieur », en salines ou espaces agricoles. Constituant un bon moyen de soustraire des terres à la mer, ces ouvrages empêchent les incursions quotidiennes d'eau liées à la houle, au clapot ou aux mouvements de marée. En cas de surcote, ils protègent, autant que faire se peut, les prises, cassent la vitesse des vagues, amoindrissent l'intensité du déferlement, modèrent l'étendue de l'invasion. Aux XIV^e-XVIII^e siècles, les chaussées sont de faible hauteur. Mesurant aux alentours de deux mètres de haut, elles sont globalement de forme trapézoïdale et épaisse de plusieurs dizaines de centimètres [Buron 1999]. Quoique peu étanches et fragiles, elles n'en constituent pas moins d'appréciables protections et défenses. À cette époque, sur la façade atlantique française, les ingénieurs et techniciens – et à travers eux l'État – s'approprient de plus en plus la gestion des espaces littoraux. Ainsi, les risques deviennent peu à peu un instrument de légitimation d'une politique d'aménagement, voire d'appropriation des territoires.

À la différence de la Flandre [Soens 2009], dans les provinces de l'ouest du royaume de France aucune autorité ne coordonne les chantiers ni ne veille véritablement à leur réalisation [Sarrazin 2014]. Au passage de la tempête des 27-28 janvier 1469 (n.st.), le sire de Retz finance ce qu'il lui obvient. Il paie la part de curage des étiers et la reconstruction de levées, effectuée par de petits manouvriers, remplace les « coués » et fait nettoyer les bassins ses salines par des sauniers. Le risque apparaît parfaitement intégré au mode de gestion salicole, réduisant de ce fait la vulnérabilité de ces espaces, de cette activité, de ces sociétés. Quant aux digues relevant du « bien commun », de l'entreprise collective, l'État prend progressivement en charge leur construction et réfection [Garnier 2010, Boucard 2010].

Plusieurs travaux défendent la (re)construction d'une mémoire des vimers sur le temps long, notamment afin de recréer du lien avec les territoires [Garnier & Surville 2010, Péret & Sauzeau 2014, Sauzeau 2014, Coquet & al. 2019, Sarrazin &

Athimon 2019, Creach & al. 2020, Athimon 2021]. La mise en mémoire des aléas agirait ainsi en catalyseur et prendrait une part active dans la conscience du risque [Gray & Oliver 2004, Kempe 2006]. La mémoire passe essentiellement par la parole et l'écriture. Elle se construit collectivement et repose sur une diffusion, une conservation du souvenir à des échelles de temps suffisamment longs pour éveiller une véritable conscience du risque chez les populations [Athimon & al. 2016]. À la suite des tempêtes Lothar et Martin de la fin du mois de décembre 1999, lors de la préparation d'un numéro spécial d'une revue d'érudition locale [Les Cahiers de la Mémoire 2000], une anecdote singulière portant sur la tempête avec submersion des 9-10 décembre 1711 est livrée par P. Tardy [Tardy 2000]. Sa grand-mère lui avait rapporté que durant ces deux jours, la mer avait tellement inondé l'île de Ré que des outils utilisés par les sauniers dans les salines avaient été déposés par les vagues à proximité du parvis de l'église des Portes-en-Ré. Attesté dans plusieurs sources historiques primaires (AD 17, C 33, pièce n°108 ; AD 17, C 171, pièce n°1, fol. 10 et 13 ; AD 17, H 37/1, pièce n°1 ; AD 17, Registre paroissial Les Portes-en-Ré (1699-1712), vues 130-131), cet évènement a laissé un souvenir si vif dans les mémoires des vieilles familles rétaises qu'il a perduré pendant plusieurs siècles, contribuant à l'élaboration d'une conscience des risques. Cette mise en mémoire est l'une des nombreuses stratégies que les sociétés peuvent mettre en place en vue de réduire leur vulnérabilité face aux risques. La vulnérabilité étant ici entendue comme un « processus de construction de “dispositions” face à des menaces de tous ordres » [Becerra & Peltier 2009, p. 552]. Les travaux réalisés dans le cadre de ce projet témoignent également d'un impact environnemental notable provoqué par cette tempête historique, détectée dans les carottes sédimentaires prélevées à la Belle-Henriette [Maanan & al. 2022], et aux Traicts du Croisic [Pouzet & Maanan, 2020a].

Comme le montre la figure 5, l'ancien bourg de l'Aiguillon-sur-Mer offre un autre exemple marquant de réponse sociétale.

Au XVIII^e siècle, ce bourg était situé à environ quatre kilomètres au sud-est de sa position actuelle. La carte du “*Pertuis breton, de l'Aiguillon et de la rade de l'Aiguillon*” (BNF, GE SH 18PF43DIV1P8BIS), dont la réalisation est estimée 1703-1704, présente son ancienne localisation. D'après le géoréférencement de la carte de Claude Masse de 1705 au sein d'un SIG [Pouzet & al. 2015] et l'étude de nombreuses cartes historiques, dont celle de 1703, le bourg était situé sur la partie méridionale de la pointe de l'Aiguillon. Due à la très grande mobilité de la flèche sableuse dans le passé et à des submersions successives [Garnier & Surville 2010], l'ancien bourg semble aujourd'hui être situé dans l'actuel estuaire du Lay [Pouzet & al. 2015]. Cette ancienne occupation était constituée d'un fort qui, selon certains écrits (dont les travaux de Claude Masse), aurait été rasé en 1638 [Suire 2017], d'un moulin, d'une chapelle et de maisons localisés à l'ouest du fort. De plus, une enquête datée du 23 mai 1782 (AD 85, HH 127) présente en détail le transfert de site du

village de l'Aiguillon et les raisons de ce transfert. Il en ressort que celui-ci a été réalisé à la demande et par les populations elles-mêmes. La migration du bourg de l'Aiguillon-sur-Mer, dans la seconde moitié du XVIII^e siècle, offre un exemple marquant de relocalisation historique des sociétés et de leurs enjeux pour s'adapter aux aléas météo-marins.

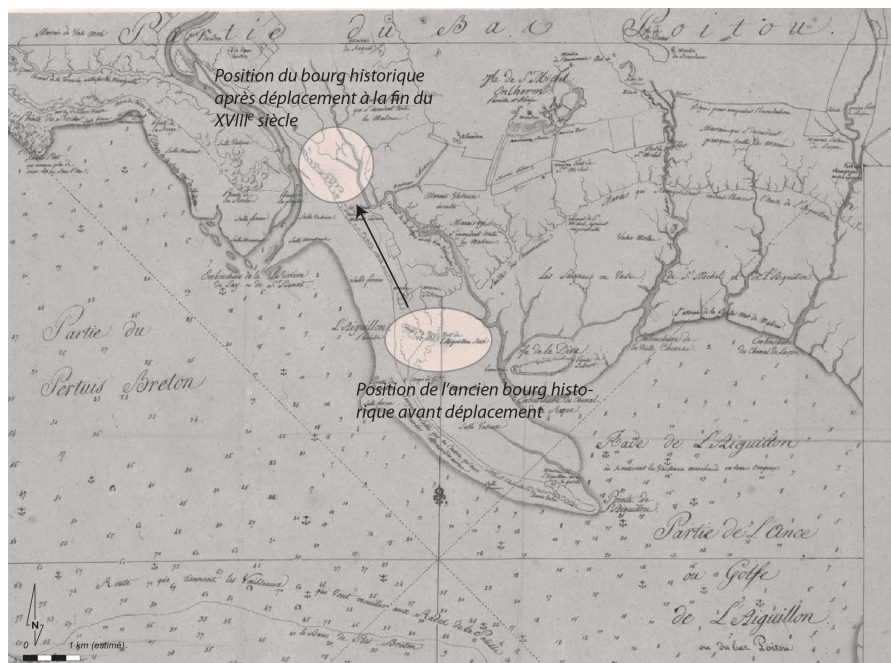


Figure 5 – Relocalisation du bourg de l'Aiguillon-sur-Mer estimée au XVIII^e siècle, d'après GE SH 18PF43DIV1P8BIS, Carte du Pertuis breton, de l'Aiguillon et de la rade de l'Aiguillon, 1703-1704, Bibliothèque National de France.

Conclusion

La pluridisciplinarité engagée dans cette recherche permet de caractériser finement les tempêtes avec submersions marines passées. Les écrits anciens analysés offrent des clés de compréhension importantes. Ils permettent de caractériser finement les dégâts provoqués par ces submersions, ainsi que les impacts socio-économiques liés. Ils confirment avec une faible incertitude ces hypothèses. Avec la précision importante induite par ces documents, l'aléa peut être identifié comme une tempête entraînant une submersion marine (ou « *vimer* »). Grâce à ces données précises, nous avons pu effectuer un croisement entre plusieurs observations sédimentologiques réalisées dans les cinq terrains étudiés.

Le travail de rétrospective et de caractérisation des tempêtes passées dépend des sources et données disponibles. Il s'agit d'un chantier permanent qui, malgré des avancées notables, reste lacunaire. Cette recherche a confirmé l'ancienneté et la récurrence des aléas météo-marins dans les régions de la façade atlantique française ainsi que la grande diversité de leurs caractéristiques. La recherche a également mis en exergue la grande variabilité spatiale et temporelle des impacts, notamment par l'identification des espaces les plus régulièrement endommagés par les submersions marines. Finalement, les modalités et stratégies d'adaptation liées à la protection et la prévention ont été fouillées. En termes d'aménagements et d'anticipation, ce travail a alors souligné i) l'intérêt des savoirs acquis par une longue pratique de l'observation des milieux, l'expérience et la transmission ; ii) l'importance du développement des mesures instrumentales ; iii) le choix de la « résistance » et de la défense matérielle contre la mer (déplacement, entretien, réfection, reconstruction d'équipements, ingénierie). Les résultats manifestent autant d'une vulnérabilité technique, que de capacités de réactions et d'adaptation appréciables.

Remerciements : Nous remercions Sabine Schmidt (EPOC) pour avoir réalisé les dix-huit datations au ^{210}Pb et ^{137}Cs ; Natalia Piotrowska (GADAM) et le laboratoire BETA Analytics pour les vingt-sept datations ^{14}C réalisées; Isabelle Billy et son équipe de la Plateforme d'Analyse de Carottes Sédimentologiques de la PACS pour les analyses XRF et le SCOPIX; et Cassandra Carnet pour les corrections de l'anglais. Les analyses et missions de carottages ont été financées par la Fondation de France (« Reconstitution des événements climatiques extrêmes à l'aide des multi-indicateurs ») via le programme « *Quels Littoraux pour demain ?* », la DREAL et la région des Pays de la Loire dans le cadre de l'Observatoire Régional des Risques Côtiers (OR2C - Axe Histoire des risques côtiers) intégré dans l'UMS 3281 OSUNA (<http://or2c.osuna.univ-nantes.fr/>).

Références bibliographiques

- AFFOURI, A., DEZILEAU, L. & KALLEL, N. (2017) – « Extreme flood event reconstruction spanning the last century in the El Bibane Lagoon (southeastern Tunisia): a multi-proxy approach ». *Climate of the Past* 13, 711–727. <https://doi.org/10.5194/cp-13-711-2017>
- ATHIMON, É. (2021) – *Tempêtes et submersions marines dans les territoires de la côte atlantique (XIVe-XVIIIe siècle)*, Paris, Les Indes Savantes, 400 p.
- ATHIMON, É. & MAANAN, M. (2018) – « Vulnerability, resilience and adaptation of societies during major extreme storms during the Little Ice Age ». *Climate of the Past Discussions* 2018, pp. 1–28. <https://doi.org/10.5194/cp-2018-62>
- ATHIMON, É., MAANAN, M., SAUZEAU, T., SARRAZIN, J-L., (2016) – « Vulnérabilité et adaptation des sociétés littorales aux aléas météo-marins entre Guérande et l'île de Ré, France (XIVe-XVIIIe siècle) », *VertigO*, vol. 16, n°3, pp. 1-25.
- BALTZER, A., CASSEN, S., WALTER-SIMONNET, A.-V., CLOUET, H., LORIN, A. & TESSIER, B., (2015) – « Variations du niveau marin Holocène en Baie de Quiberon (Bretagne sud) : marqueurs archéologiques et sédimentologiques. Quaternaire ». *Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, vol. 26, pp. 105–115.

- BECERRA, S. & PELTIER, A., (dir. 2009) – *Risques et environnement : recherches interdisciplinaires sur la vulnérabilité des sociétés*. L'Harmattan, Paris, 578 p.
- BOUCARD, J., (2010) – « L'entretien des défenses à la mer : l'exemple de l'île de Ré », in É. Garnier (dir.), *Les crises Xynthia à l'aune de l'histoire : enseignements et enjeux contemporains d'une histoire des submersions*, Groupe de recherche submersions, La Rochelle, pp. 87-90
- BRONK RAMSEY, C., (2008) – « Deposition models for chronological records ». *Quaternary Science Reviews*, vol. 27, pp. 42–60.
- BRONK RAMSEY, C., (2009) – « Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates ». *Radiocarbon*, vol. 51, pp. 337–360.
- BURON, G., (1999) – *Bretagne des marais salants*, vol. 2, Morlaix, Skol Vreizh, 176 p.
- CAPDEVILA, R., (2010) – « Les granites varisques du Massif Armoricaïn ». *Bulletin de la Société Géologique et Minéralogique de Bretagne*, Série D, pp. 1–52.
- COQUET, M., MERCIER, D & FLEURY-BAHI, G., (2019) – « Assessment of the exposure to coastal flood risk by inhabitants of French coasts: The effect of spatial optimism and temporal pessimism », *Ocean & Coastal Management*, vol. 177, pp. 139-147.
- CREACH, A, BASTIDAS-ARTEAGA, E, PARDO, S & MERCIER, D. (2020) – « Vulnerability and costs of adaptation strategies for housing subjected to flood risks: application to La Guérinière, France », *Marine Policy*, n° 117, article 103438. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.02.010>
- CUELLAR-MARTINEZ, T., RUIZ-FERNANDEZ, A.C., SANCHEZ-CABEZA, J.-A. & ALONSO-RODRIGUEZ, R. (2017) – « Sedimentary record of recent climate impacts on an insular coastal lagoon in the Gulf of California ». *Quaternary Science Reviews*, n° 160, pp. 138–149.
- CULVER, S.J., LEORRI, E., MALLINSON, D.J., CORBETT, D.R. & SHAZILI, N.A.M. (2015) – « Recent coastal evolution and sea-level rise, Setiu Wetland, Peninsular Malaysia », *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, n°417, pp. 406–421.
- DEZILEAU, L., PÉREZ-RUZAFÁ, A., BLANCHEMANCHE, P., DEGEAI, J.P., RAJI, O., MARTINEZ, P., MARCOS, C. & VON GRAFENSTEIN, U. (2016) – « Extreme storms during the last 6 500 years from lagoonal sedimentary archives in Mar Menor (SE Spain) ». *Climate of the Past Discussions*, n°12, pp. 1389–1400.
- DODD, J.R. (1965) – « Environmental control of strontium and magnesium in *Mytilus* ». *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 29, pp. 385–398.
- DONNELLY, J.P., BUTLER, J., ROLL, S., WENGREN, M. & WEBB, T. (2004) – « A backbarrier overwash record of intense storms from Brigantine, New Jersey, *Marine Geology*, n°210, pp. 107–121.
- DOUÉ, C. M., NAVARRO CARRASCAL, O., RESTREPO, D., KRIEN, N., ROMMEL, D., LEMEE, C., COQUET, M., MERCIER, D. & FLEURY-BAHI, G. (2020) – « The social representations of climate change: comparison of two territories exposed to the coastal flooding risk », *International Journal of climate change strategies and management*, vol. 12, n°3, pp. 389-406.
- FRUERGGAARD, M., ANDERSEN, T.J., NIELSEN, L.H., JOHANNESSEN, P.N., AAGAARD, T. & PEJRUP, M. (2015) – « High-resolution reconstruction of a coastal barrier system: impact of Holocene sea-level change ». *Sedimentology*, vol. 62, pp. 928–969.
- GARNIER, É. (2010) – « 500 ans de vimers sur le littoral de Poitou-Charente. Risques et vulnérabilité des sociétés », in T. Sauzeau (dir.), *Expliquer Xynthia, comprendre le phénomène*, Poitiers, Conseil régional de Poitou-Charente, pp. 11-17.
- GARNIER, É. & SURVILLE, F. (2010) – *La tempête Xynthia face à l'histoire ; submersions et tsunamis sur les littoraux français du Moyen Âge à nos jours*, Saintes, Le Croît Vif, 176 p.

- GOLDBERG, E.D. (1963) – « Geochronology with lead-210 », in *Radioactive Dating. Proceedings of the Symposium on Radioactive Dating Held by the International Atomic Energy Agency in Co-operation with the Joint Commission on Applied Radioactivity*, Athènes, 19–23 novembre, pp. 121–131.
- GRAUS, R.R. (1974) – « Latitudinal trends in the shell characteristics of marine gastropods », *Lethaia*, n°7, pp. 303–314.
- GRAY, P. & OLIVER, K. (dir. 2004) – *The Memory of Catastrophe*, Manchester University Press, 240 p.
- HALKIN, L. (1982) – *Initiation à la critique historique*, Paris, Armand Colin, 284 p.
- HIPPENSTEEL, S.P. & MARTIN, R.E. (1999) – « Foraminifera as an indicator of overwash deposits, Barrier Island sediment supply, and Barrier Island evolution: Folly Island, South Carolina », *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 149, pp. 115–125.
- HUA, Q., BARBETTI, M. & RAKOWSKI, A.Z. (2013) – « Atmospheric Radiocarbon for the Period 1950–2010 », *Radiocarbon*, vol. 55, pp. 2059–2072.
- KEMPE, M. (2006) – « Mind the next flood ! Memories of natural disasters in Northern Germany from the sixteenth century to present », *The Medieval History Journal*, vol. 10, n°1, pp. 327–354.
- LAMBECK, K. & BARD, E. (2000) – « Sea-level change along the French Mediterranean coast for the past 30 000 years », *Earth and Planetary Science Letters*, n° 175, 203–222.
- LANGLOIS, C.-V. & SEIGNOBOS, C., (1898) – *Introduction aux études historiques*, Paris, Hachette, 288 p.
- LE GOFF, J. & NORA, P. (dir. 1974) – *Faire de l'histoire, I. Nouveaux problèmes, II. Nouvelles approches, III. Nouveaux objets*, Paris, Gallimard, 296 p.
- LEMERCIER, C. & ZALC, C., (2008) – *Méthodes quantitatives pour l'historien*. Paris, La Découverte, 128 p.
- LIMA, A.L., HUBENY, J.B., REDDY, C.M., KING, J.W., HUGHEN, K.A. & EGLINTON, T.I. (2005) – « High-resolution historical records from Pettaquamscutt River basin sediments: 1. 210Pb and varve chronologies validate record of 137Cs released by the Chernobyl accident ». *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 69, pp. 1803–1812.
- LJUNGQVIST, F.C. (2010) – « A new reconstruction of temperature variability in the extra-tropical Northern Hemisphere during the last two millennia ». *Geografiska Annaler: Physical Geography*, vol. 92 A, n°3, pp. 339–351.
- LOMENICK, T.F., TAMURA, T., (1965) – « Naturally Occurring Fixation of Cesium-137 on Sediments of Lacustrine Origin ». *Soil Science Society of America Journal*, vol. 29, pp. 383–387.
- MAANAN, M., MAANAN, M., RUEFF, H., ADOUK, N., ZOURARAH, B. & RHINANE, H. (2018) – « Assess the human and environmental vulnerability for coastal hazard by using a multi-criteria decision analysis », *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, vol. 24, pp. 1642–1658.
- MAANAN, M., RUIZ-FERNÁNDEZ, A.-C., MAANAN, M., FATTAL, P., ZOURARAH, B. & SAHABI, M. (2014) – « A long-term record of land use change impacts on sediments in Oualidia lagoon, Morocco », *International Journal of Sediment Research*, vol. 29, n°1, pp. 1–10.
- MERCIER D., CREACH A., CHEVILLOT-MIOT É. & PARDO S. (2019) – « After Xynthia on the Atlantic Coast of France: Preventive Adaptation Methods ». in I. La Jeunesse & C. Larrue, *Facing Hydrometeorological Extreme Events: A Governance Issue*. pp. 393–412.
- MIGEON, S., WEBER, O., FAUGERES, J.-C. & SAINT-PAUL, J., (1998) – « SCOPIX: A new X-ray imaging system for core analysis », *Geo-Marine Letters* n° 18, pp. 251–255.

- NING, W., NIELSEN, A.B., IVARSSON, L.N., JILBERT, T., ÅKESSON, C.M., SLOMP, C.P., ANDRÉN, E., BROSTRÖM, A. & FILIPSSON, H.L. (2018) – « Anthropogenic and climatic impacts on a coastal environment in the Baltic Sea over the last 1000 years ». *Anthropocene*, vol. 21, pp. 66–79.
- PERET, J. & SAUZÉAU, T. (dir. 2014) – *Xynthia ou la mémoire réveillée, villages charentais et vendéens face à la mer (XVII^e-XXI^e siècle)*, La Crèche, Geste Editions, 290 p.
- POUZET, P., CREACH, A. & GODET, L. (2015) – « Dynamique de la démographie et du bâti dans l'ouest du Marais poitevin depuis 1705 ». *Norois*, n°234, pp. 83–96.
- POUZET, P. & MAANAN, M. (2020A) – « Climatological influences on major storm events during the last millennium along the Atlantic coast of France », *Nature Scientific Reports*, vol. 10, n°1, article 12059, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69069-w>
- POUZET, P. & MAANAN, M. (2020B) – « Temporal approaches of historical extreme storm events based on sedimentological archives », *Journal of African Earth Sciences* 162C, 103710. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2019.103710>
- POUZET, P., MAANAN, M., PIOTROWSKA, N., BALTZER, A., STÉPHAN, P. & ROBIN, M. (2018) – « Chronology of Holocene storm events along the European Atlantic coast: New data from the Island of Yeu, France », *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, vol. 42, pp. 431–450.
- POUZET, P., MAANAN, M., SCHMIDT, S., ATHIMON, É. & ROBIN, M. (2019) – « Correlating three centuries of historical and geological data for the marine deposit reconstruction of two depositional environments of the French Atlantic coast ». *Marine Geology*, vol. 407, pp. 181–191.
- REIMER, P.J., BARD, E., BAYLISS, A., BECK, J.W., BLACKWELL, P.G., RAMSEY, C.B., BUCK, C.E., CHENG, H., EDWARDS, R.L., FRIEDRICH, M., GROOTES, P.M., GUILDERSON, T.P., HAFLIDASON, H., HAJDAS, I., HATTÉ, C., HEATON, T.J., HOFFMANN, D.L., HOGG, A.G., HUGHEN, K.A., KAISER, K.F., KROMER, B., MANNING, S.W., NIU, M., REIMER, R.W., RICHARDS, D.A., SCOTT, E.M., SOUTHON, J.R., STAFF, R.A., TURNEY, C.S.M. & VAN DER PLICHT, J. (2013) – « IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP ». *Radiocarbon*, n° 55, pp. 1869–1887.
- RITCHIE, J.C. & MCHENRY, J.R. (1990) – « Application of Radioactive Fallout Cesium-137 for Measuring Soil Erosion and Sediment Accumulation Rates and Patterns: A Review », *Journal of Environmental Quality*, vol. 19, pp. 215–233.
- ROBBINS, J.A., KREZOSKI, J.R. & MOZLEY, S.C. (1977) – « Radioactivity in sediments of the Great Lakes: Post-depositional redistribution by deposit-feeding organisms », *Earth and Planetary Science Letters*, n°36, pp. 325–333.
- SARRAZIN J.-L. (2016) – « La saliculture atlantique française au péril de la mer (XIV^e-XVI^e siècle) », in *2^e Congrès international du GIS d'histoire maritime « La maritimisation du monde de la Préhistoire à nos jours. Enjeux, objets et méthodes »*, Paris, Presses Universitaires Paris Sorbonne, pp. 167-190.
- SARRAZIN J.-L. (2012) – « “Vimers de mer” et sociétés littorales entre Loire et Gironde (XIV^e-XVI^e siècle) », *Norois*, n°222, pp. 91-102.
- SARRAZIN, J.-L. (2014) – « Digués, bords et chaussées. Les levées de défense face à la mer dans les zones littorales basses de l'Europe du Nord-Ouest (XI^e-XVI^e siècle) », in F. Laget & A. Vrignon (dir.), *S'adapter à la mer. L'homme, la mer et le littoral du Moyen Âge à nos jours*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, pp. 47-70.
- SARRAZIN, J.-L. & ATHIMON, É., (2019) – « Étudier les plus anciennes tempêtes à submersion identifiées sur la côte atlantique française (XIV^e-XVI^e siècles) : l'approche historique » *Norois*, n°251, pp. 27-42

- SAUZEAU, T. (2014) – « L’histoire, les tempêtes et la prospective littorale face aux changements climatiques », in F. Laget & A. Vrignon (dir.), *S’adapter à la mer. L’homme, la mer et le littoral du Moyen Âge à nos jours*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, pp. 71-88.
- SOENS, T., (2009) – *De spade in de dijk ? Waterbeheer en rurale samenleving in de Vlaamse kustvlakte (1280-1580)*, Gand, Ginkgo Academia Press, 359 p.
- SUIRE, Y., (2017) – *Le Bas-Poitou vers 1700 cartes et plans et mémoires de Claude Masse, ingénieur du roi*. Paris, Gallimard, 368 p.
- TARDY, P., (2000) – « Raz-de-marée sur Ré. Les Rétais et les vimers », Groupement d’études charentaises, *Les Cahiers de la mémoire*, n°75.
- WALLING, D.E. & HE, Q. (1999) – « Improved Models for Estimating Soil Erosion Rates from Cesium-137 Measurements », *Journal of Environmental Quality*, vol. 28, n°2, pp. 611–622.
- YIM, J., KWON, B.-O., NAM, J., HWANG, J.H., CHOI, K. & KHIM, J.S. (2018) – « Analysis of forty years long changes in coastal land use and land cover of the Yellow Sea: The gains or losses in ecosystem services », *Environmental Pollution*, vol. 241, pp. 74–84.
- YU, K.-F., ZHAO, J.-X., SHI, Q. & MENG, Q.-S., (2009) – « Reconstruction of storm/tsunami records over the last 4000 years using transported coral blocks and lagoon sediments in the southern South China Sea » *Quaternary International* 195, pp. 128–137.

Sources historiques primaires

- AD 17, C 33, pièce n°108
 AD 17, C 171, pièce n°1, fol. 10 et 13
 AD 17, H 37/1, pièce n°1
 AD 17, Registre paroissial Les Portes-en-Ré (1699-1712), vues 130-131
 AD 33, H 306, pièce n°5
 AD 44, 2 E 382 fol 4
 AD 72, 1 J 364 fol 119-123
 AD 85, HH 127
 AD 86, Registre Paroissial des Baptemes (1645 - 1651), Saint-Hilaire-de-la-Celle, numérisation, vue 1
 AD 86, G 1309, fol 7
 AN Pierrefitte-sur-Seine, 1 AP 2132 pièce n° 122
 Médiathèque Michel Crépeau, La Rochelle, ms. 122, fol 24
 Médiathèque Michel Crépeau, La Rochelle, ms. 153, Mi 108 (microfilm), fol. 220-223
 Médiathèque Toussaint, Angers, ms. 976, fol. 7-8
- DENESDE ANTOINE, (1885) – *Journal d’Antoine Denesde, marchand Ferron à Poitiers, et de Marie Barré sa femme (1628-1687)*, publié par Bricauld De Verneuil M., impr. H. Oudin, Poitiers
- GE SH 18PF43DIV1P8BIS, Carte du Pertuis breton, de l’Aiguillon et de la rade de l’Aiguillon, 1703-1704, Bibliothèque Nationale de France
- GUILLAUDEAU JOSEPH, (1908) – « *Diaire* », in Archives Historiques de la Saintonge et de l’Aunis, t. XXXVIII, impr. J. Prévost, Saintes.
- ROBERT, S. (1883) – « *Un livre de raison, 1639-1668. Journal de Samuel Robert, lieutenant particulier en l’Election de Saintes* », publié par Tortat G., Archives Historiques de la Saintonge et de l’Aunis, t. XI, p. 323-416.
- ROBERT, S. (1895) – « *Journal de Simon Robert, notaire à Germond, Bas-Poitou (1621-1654)* » in Archives Historiques du Poitou, t. XXV, pp. 383-416, p. 406.