



**HAL**  
open science

## Comparer les tempêtes sur le temps long en quantifiant les dommages : proposition d'un nouvel outil

Emmanuelle Athimon, Mohamed Maanan, Pierre Pouzet

### ► To cite this version:

Emmanuelle Athimon, Mohamed Maanan, Pierre Pouzet. Comparer les tempêtes sur le temps long en quantifiant les dommages : proposition d'un nouvel outil. Bulletin de l'Association de géographes français, 2022, Les risques littoraux, 98 (3/4), pp.402-420. 10.4000/bagf.8308 . hal-03588608

**HAL Id: hal-03588608**

**<https://hal.science/hal-03588608v1>**

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.

# Comparer les tempêtes sur le temps long en quantifiant les dommages : proposition d'un nouvel outil

(COMPARE STORMS IN THE LONG TERM WITH DAMAGE  
QUANTIFICATION: PROPOSAL FOR A NEW TOOL)

**Emmanuelle ATHIMON<sup>\*</sup>, Mohamed MAANAN<sup>\*\*</sup> & Pierre  
POUZET<sup>\*\*\*</sup>**

*RÉSUMÉ – De nombreuses démarches d'évaluation et de classification des tempêtes de latitudes moyennes récentes ou passées existent. Aucune ne fait cependant consensus et des critiques importantes peuvent leur être adressées. En outre, la difficulté d'étudier les tempêtes en tant que telles avant la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle et l'adoption de moyens d'analyse atmosphérique sophistiqués justifie de travailler à l'établissement d'un nouvel outil capable d'engager la comparaison entre tempêtes passées et actuelles. Cette recherche propose a) une nouvelle approche de quantification des dommages générés par les tempêtes des XIV<sup>e</sup>-XVIII<sup>e</sup> siècles, b) une mise en application avec discussion des limites, c) une réflexion sur la construction d'un prototype d'évaluation des tempêtes à travers la théorisation d'une échelle d'intensité. En combinant l'estimation de l'importance des dégâts et le cadre spatial, la démarche permet notamment d'affecter un codage « pondéré » qui réduit les risques de sur ou sous-interprétation. Appliqué pour des tempêtes et submersions marines survenues dans l'ouest de la France aux XIV<sup>e</sup>-XVIII<sup>e</sup> siècles, l'indicateur d'évaluation de l'intensité a été pensé pour être modulable et adaptable à plus grande échelle spatiale et temporelle.*

Mots-clés : méthodologie – quantification - indicateur d'intensité – classification

*ABSTRACT – There are many ways to assessing and classifying recent and past storms from mid-latitudes. None, however, achieved consensus and important criticisms can be addressed to them. Moreover, the difficulty to study storms before the second half of*

---

\* 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

\*\* 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

\*\*\* 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

*the 20<sup>th</sup> century and the adoption of specific atmospheric analysis means (satellites, models) justifies working on the establishment of a new tool to initiate the comparison between past and current storms. This work proposes a) a new approach to quantify damage of 14<sup>th</sup>-18<sup>th</sup> centuries storms, b) an application with discussion of the limits, c) a reflection on the construction of a storm assessment prototype through the theorization of a scale intensity. By combining the estimation of the importance of the damage and the spatial framework, this method leads to a “reasoned” coding, less subjective, with reduction of the risks of over or underestimate. Applied here for storms and sea floods occurred in western France in the 14<sup>th</sup>-18<sup>th</sup> centuries, the intensity assessment indicator has been designed to be flexible and adaptable on a larger scale, both spatially and temporally.*

Key words : *methodology – quantification - intensity indicator - classification*

## **Introduction**

Le champ lexical actuel de la tempête comprend un foisonnement de termes et expressions (dépression, vent fort, ouragan, cyclone...) considérés comme proches voire synonymes, ce qui alimente la confusion, y compris dans un cadre scientifique. Cette confusion trouve son origine dans une définition de la tempête basée parfois sur a), parfois sur b) avec :

- a) la tempête définie par le phénomène météorologique, c'est-à-dire l'origine et les causes de sa formation en qualité de cyclone né dans la zone extratropicale de la confrontation de masses d'air chaudes subtropicales et froides polaires, à laquelle s'ajoute l'action du courant-jet [Roux 2012] ;
- b) la tempête définie par sa dimension d'aléa avec comparaison et classement des événements selon un rapport de magnitude reposant essentiellement sur la vitesse des vents et dont la gradation ne fait pas consensus [Schoenewald 2003]. Météo-France, l'Organisation Météorologique Mondiale, les compagnies d'assurance ont des seuils différents de vitesse des vents déterminant la tempête.

Pour la période précédant la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, la magnitude, c'est-à-dire l'énergie produite par les processus atmosphériques à l'œuvre et dont l'évaluation repose sur la mesure de paramètres physiques (vent, pression, vague, surcote), est difficilement, voire pas, appréciable. Dès lors, si la recherche souhaite opérer des comparaisons et parallèles avec les tempêtes anciennes, il convient de réfléchir à une autre éventualité. Pour assurer une continuité, cette éventualité doit trouver un écho à la fois sous l'Ancien Régime, mais également aux XIX<sup>e</sup>, XX<sup>e</sup> et XXI<sup>e</sup> siècles. La démarche doit donc être menée de l'objet d'étude « tempête » à ce qui motive son intégration dans les sources historiques, les mémoires, les recherches scientifiques, les décisions politiques. La survenue d'une tempête est enregistrée dans les

sources historiques à la condition qu'elle génère des endommagements et que, par son impact, elle désorganise le prélèvement fiscal, rende susceptible l'obtention d'une aide financière (dégrèvement, subside), compromette les activités (récoltes, tourisme), entraîne des dépenses inattendues (réparations) [Sarrazin & Athimon 2019]. Aujourd'hui encore, ce sont les dégâts qui marquent les esprits et font la tempête [Tabeaud 2003, Garnier 2010]. De fait, les interrelations étroites entre endommagement et tempête dans la définition que les sociétés ont/avaient de cette dernière ressortent nettement. Analysée sous couvert d'inter et de pluridisciplinarité, la tempête mérite de s'afficher non uniquement comme une manifestation atmosphérique ou un aléa, mais comme un risque dont la définition et l'évaluation s'appuieraient sur des indices englobants, tels que les dégâts générés, le cadre spatial impacté, l'exposition des enjeux [Tabeaud & al. 2009, Garnier 2010, Hénaff & al. 2018]. Une telle définition se rapprocherait alors peu à peu des réalités observables pour le passé et le présent, et offrirait des données homogénéisables pour le futur. En contexte triple de changement climatique, pression anthropique croissante sur les littoraux et innovations technologiques, ce dernier aspect pourrait s'avérer crucial.

La difficulté d'étudier les caractéristiques physiques précises des tempêtes avant la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, qui a vu la conception de moyens d'analyse atmosphériques sophistiqués (satellites, modèles), justifie donc de travailler à partir des dommages pour comparer les événements passés et actuels. Les entreprises visant à estimer la magnitude d'une tempête, comme le *Storm Indice Severity* (SSI), la *European Windstorm Scale* (EWS) ou la classification dite de « Dreveton » par exemple, ne seront pas considérées dans le cadre de cet article. Les féconds travaux réalisés, tant en France qu'en Europe, sur l'évaluation et la classification des tempêtes de latitudes moyennes passées ont servi de point de départ à cette recherche [Lamb & Frydendahl 1991, Hickey 1997, De Kraker 1999, 2013, Garnier 2004, 2010, Tabeaud & al. 2009, Maertens-Noël 2016, Hénaff & al. 2018]. À l'issue d'une revue de littérature de ces principales démarches, cette contribution proposera a) une nouvelle approche de quantification des endommagements matériels dépassant les faiblesses identifiées dans les méthodes préalablement critiquées, b) une mise en application de la méthode avec discussion de ses limites, c) une réflexion sur la construction d'un prototype d'évaluation des tempêtes à travers notamment la théorisation d'une échelle d'intensité des dommages générés par les tempêtes sous latitudes moyennes.

## **1. Revue de littérature des méthodes d'évaluation et de classification par les dommages des tempêtes anciennes**

Toutes les démarches évaluant, par le biais de l'analyse des dommages, les tempêtes anciennes de latitudes moyennes ne feront pas l'objet d'une revue

critique ici. Seules celles ayant constitué le socle de la réflexion seront présentées [Lamb & Frydendahl 1991, De Kraker 1999, 2013, Garnier 2004, 2010, Tabeaud & al. 2009], en commençant par les entreprises européennes puis françaises.

Pionniers dans le domaine, Hubert Lamb et Knud Frydendahl s'inspirent d'une méthode et d'un indice de mesures (le « *Jenkinson-Collison Gale Index* ») pour établir la célèbre formule  $V_{max}^3 * A_{max} * D$ .  $V_{max}$  correspond à la vitesse maximale des vents de surface,  $A_{max}$  à l'aire totale touchée par les vents destructeurs et  $D$  à la durée globale des vents dommageables [Lamb & Frydendahl 1991]. Les tempêtes sont alors caractérisées et un indice, compris entre 50 et 20 000, traduisant leur sévérité, leur est attribué afin de les comparer. Toutefois, comme ils le relèvent eux-mêmes, par exemple pour les événements des 11-12 novembre 1570 ou celui du 31 octobre-2 novembre 1694 [Lamb & Frydendahl 1991, p. 8], l'indice obtenu repose sur des déductions et les données historiques disponibles ne permettent pas une estimation fiable. Largement critiquée [Athimon 2021, Sarrazin 2012, Sweeney 2000], cette démarche inclut plusieurs limites majeures, comme : 1) la nécessité de disposer de données instrumentales et d'une couverture documentaire suffisante pour déterminer l'aire totale impactée, la vitesse et la durée des vents ; 2) le poids important accordé à la durée de l'aléa alors que cette dernière est impossible à établir avec précision pour la période ancienne ; 3) une méthode d'estimation quantitative des préjudices (pertes humaines, animales, dommages aux biens, paysages et côtes) non expliquée ; 4) une corrélation, induite par la formule, entre puissance des vents et dommages, ce alors qu'un principe d'indépendance existe entre les deux.

De son côté, Adriaan De Kraker [De Kraker 2013, 1999] repose sa comparaison et son estimation des phénomènes météo-marins passés sur une grille évaluant les divers facteurs de forçage et les torts induits. Sa réflexion se base sur des critères naturels (direction du vent, durée de l'événement, récurrence) et humains (organisation administrative et législative, entretien des digues, réponses des sociétés) auxquels il attribue une lettre (*M* : *sufficient* – convenable ; *A* : *average* – modéré ; *I* : *insufficient* – insuffisant). Il évalue également les dommages faits, mais uniquement aux chaussées, marais et prises sur la mer, selon deux dimensions : le territoire touché (local ou général) et leurs conséquences dans le temps (court ou long terme). Il assigne enfin une valeur, comprise entre 1 et 8, selon la puissance présumée de l'aléa qu'il juge nécessaire pour produire ces divers dommages. La démarche intègre à la fois une estimation des paramètres physiques et de la vulnérabilité des sociétés. Sa principale limite est liée à un potentiel travers d'interprétation lors de la détermination de la puissance nécessaire, selon A. De Kraker, pour produire les dommages recensés. De plus, la démarche implique de systématiquement disposer d'informations détaillées sur les sociétés humaines, leur organisation, leurs réponses à une submersion marine et, comme le relève [Hénaff & al. 2018],

son application ailleurs que dans le sud des Pays-Bas et le nord de la Flandre demeure délicate. Autre critique pouvant être émise : l'entrée dans les terres des vents reste totalement ignorée par cette méthode [Athimon 2021].

En France, Emmanuel Garnier et Jérémy Désarthe transposent les effets produits par les vents consignés dans les sources historiques sur l'échelle de Beaufort [Désarthe 2013, Garnier 2010, 2004]. À partir des descriptions des dommages sur la côte et à terre obtenues dans des sources historiques et en utilisant l'échelle de Beaufort comme une grille de conversion, ils estiment la vitesse relative du vent. Pourtant, un tel système revêt un caractère hybride intensité / magnitude problématique. Ne distinguant pas la première de la seconde, l'usage a pour conséquence d'associer des mesures physiques à des descriptions de dégâts. Or, aucune recherche n'ayant pu prouver qu'il existait une relation de causalité systématique entre les deux [Alexander 2000, Dauphiné & Provitolo 2013], cela va à l'encontre du principe d'indépendance réciproque régnant entre la puissance avérée d'un phénomène et l'endommagement réel qu'il génère. Au demeurant, l'échelle ne prend pas en considération l'emprise spatiale de la tempête : que se passe-t-il si les dommages identifiés correspondent à la catégorie 11 par exemple (violente tempête), mais qu'ils ne concernent qu'un territoire localisé ? N'est-ce pas alors la vulnérabilité des enjeux qui mérite d'être interrogée ? En outre, l'appréciation de la distinction entre de « Gros dégâts. Arbres déracinés. Toitures endommagées » (force 10), de « Très gros dommages. Gros ravages sur les constructions, les cultures » (force 11) et des « Dommages très importants » (force 12) pourra varier d'un utilisateur / d'une interprétation à l'autre [Lageat & al. 2019]. Un biais de subjectivité ne peut être exclu en raison de la mention des effets à terre assez flous [Athimon 2021].

Ainsi, avant de chercher à caractériser la magnitude ou l'intensité d'un aléa, il est nécessaire de disposer d'une méthode de quantification des dommages. Cette entreprise, Martine Tabeaud et ses collègues l'ont initiée il y a plus de 10 ans [Tabeaud & al. 2009]. En vue d'évaluer et de comparer les tempêtes, ils proposent d'analyser la vulnérabilité du patrimoine bâti et des forêts. La relation entre le bâti et la loi d'Archibald, qui stipule que la vitesse du vent croît avec l'altitude, y est notamment mise en avant. Ainsi, trois classes d'endommagement selon la hauteur des bâtiments sont définies, tandis que les atteintes aux forêts sont estimées suivant un équivalent en « type » (isolé, diffus, généralisé). La méthodologie ne prend cependant pas en compte l'espace touché ni les préjudices faits aux activités (agricoles, salicoles, etc.) ou aux corps humains (morts, blessés). De plus, elle mesure et confond deux dimensions bien distinctes, à savoir l'exposition du bâti aux vents d'un côté, le taux de dégâts aux bois et forêts de l'autre. Enfin, la démarche a été pensée pour évaluer des événements ayant une intégration continentale forte, si bien qu'elle ne considère pas les espaces littoraux dans leur spécificité.

Au terme de cette revue critique, il apparaît que ces méthodes d'évaluation et de classification des tempêtes passées cherchent à estimer la « force », la magnitude de l'aléa et s'appuient, pour le faire, sur les dommages recensés dans les sources historiques. Or, cela revient à employer des niveaux de dégâts pour extrapoler des caractéristiques physiques et à faire de l'intensité un indice de sévérité d'une tempête, sans qu'une relation de causalité systématique entre les deux ait été démontrée [Alexander 2000, Dauphiné & Provitolo 2013]. De fait, aucune loi physique ne permet d'affirmer qu'un aléa présentant les mêmes caractéristiques physiques qu'un autre causera invariablement un dommage similaire. Ainsi, pour deux aléas ayant une pression atmosphérique, des vitesses de vent, une direction des vents similaires, les dommages recensés pourront être différents, notamment en fonction de la vétusté des enjeux, des matériaux, de la distance temporelle entre deux aléas, des capacités de réactions des sociétés.

## **2. Proposition d'une nouvelle méthode pour évaluer et comparer les aléas passés**

### ***2.1. Une nouvelle approche de quantification des endommagements matériels***

Tout en ayant cherché à ne pas reproduire leurs écueils, l'approche proposée s'inspire de certaines des méthodologies critiquées en introduction, principalement de celles de De Kraker et Tabeaud. Elle ne s'applique, pour l'heure, qu'aux tempêtes et submersions marines ayant impacté la façade atlantique française au cours de la période préindustrielle et aux dommages / dégâts matériels. L'endommagement matériel comprendra toutes les atteintes portées à l'intégrité physique d'un enjeu, qu'il s'agisse d'une infrastructure (pont, route), d'un édifice (maison, église), d'une futaie / forêt / bois, d'un champ, d'un animal ou d'une personne [Meschinot de Richemond & Reghezza 2010]. L'importance des préjudices matériels autorise par la suite à hiérarchiser les aléas.

Trois grandes entités peuvent être distinguées : le préjudice humain, les affections aux bâtis et les torts faits aux activités. Pour chacune de ces trois entités, deux dimensions, auxquelles est attribué un codage, sont prises en compte. D'une part, à partir des informations qualitatives contenues dans les sources historiques, le niveau d'endommagement relatif est évalué (tableaux 2, 3 & 4). C'est une entreprise dont les résultats sont souvent discutés et discutables, car jugés subjectifs. D'autre part, le cadre spatial approximatif extrême (local, régional, supra-régional à national) dans lequel les dommages ont été recensés est défini (tableau 1). Ce second aspect devrait permettre de partiellement s'affranchir de la limite de subjectivité. Ainsi, une tempête ayant mené à la perte totale de la récolte de blés d'un domaine particulier obtiendra

un codage élevé pour la partie agricole de l'endommagement sur les activités. Cependant, si les données disponibles confirment qu'il s'agit d'une atteinte localisée, le codage spatial sera faible. Le bénéfice est double : 1) un rétrocontrôle par le biais d'une pondération par le critère spatial des dommages est appliqué lors du passage des mots aux chiffres, ce qui réduit substantiellement les risques de sur ou sous-estimation, 2) l'emprise territoriale ainsi que la vulnérabilité des enjeux rapportée à une échelle spatiale sont intégrées à la réflexion [Athimon 2021].

Codage	Cadre spatial affecté par les dommages
0	NR ou aucun
1	Localisé
2	Régional
3	Supra-régional à « national »

**Tableau 1** – Codage attribué aux différentes échelles spatiales affectées par les dommages.

Les logiques de codage du niveau d'endommagement relatif varient en fonction de l'entité évaluée. Les échelles graduelles comptent toutefois systématiquement 4 niveaux, de 0 (Non Renseigné ou aucun) à 3. Le bilan quantitatif ne constituant pas un champ cognitif usuel aux périodes étudiées [Labbé 2017], il est impossible d'effectuer un chiffrage global. En conséquence, hormis pour le préjudice humain, aucun seuil numérique n'est proposé.

Dans le cadre des torts faits aux activités, trois aspects sont analysés : 1) les dommages agricoles (blés ou herbes couchés par les vents, vignes, prés et champs submergés par les eaux, bétail noyé, etc.); 2) les dévastations salicoles, sans considération toutefois pour les charges exactes de sel perdues ou les aires de marais salants ennoyées, puisque celles-ci ne sont que ponctuellement calculables ; 3) les ravages sylvicoles, sans distinction entre arbres fruitiers ou de futaies puisque l'indication du type d'arbre n'est pas automatique dans les sources historiques. Il sera signalé ici que, si les sources historiques autorisent à évaluer les torts faits aux activités, les conséquences économiques sont quant à elles incalculables. En effet, aux XIV<sup>e</sup>-XVIII<sup>e</sup> siècles, aucune vision circonstanciée de la ruine et des retombées à tous les niveaux de la chaîne, de la production à la vente, n'est envisageable. S'inspirant de la classification proposée par [Tabeaud & al. 2009], une échelle graduelle allant de la simple dégradation isolée (blés malmenés, quelques arbres cassés, faibles parcelles salicoles submergées) à la ruine pour ainsi dire totale (« tous » les blés couchés, forêts « entièrement » ravagées, marais salants « universellement » noyés), en passant par un entre-deux comprenant « beaucoup » ou « plusieurs » atteintes, a été établie (tableau 2). Les classes



définies et les codages liés pour quantifier l'endommagement sur les activités s'appliquent également aux ravages générés au bâti. La « quantité » alors estimée repose sur l'accumulation afin de limiter la subjectivité [Athimon 2021].

Codage	Classe des dégâts sur les activités et le bâti
0	NR ou aucun
1	Isolés
2	Diffus
3	Généralisés

**Tableau 2** – Codage attribué aux différentes classes de dégâts touchant les activités (saliculture, agriculture, sylviculture) et le bâti.

Concernant les affections au bâti, outre une quantification relative de l'endommagement à partir des classes présentées dans le tableau 2, les dommages ont été mis en relation avec la loi d'Archibald [Tabeaud & al. 2009], mais aussi l'exposition. La loi d'Archibald stipule que la vitesse du vent augmentant avec l'altitude, la hauteur d'un édifice le rend plus ou moins sensible. Par ailleurs, la nature des constructions et leur exposition doivent également être prises en compte [Athimon 2021]. La classe 1 du tableau 3 est attribuée aux ensembles les plus directement exposés aux tempêtes et submersions marines, soit en raison de leur élévation (églises, clochers, châteaux), soit en raison de leur localisation (chaussées / levées proches de la mer, maisons de maraîchins ou de sauniers construites dans les marais). La classe 2 se veut intermédiaire, tandis que la classe 3 inclut les bâtiments, principalement urbains, qui par leur hauteur ou leur localisation, sont les plus faiblement exposés (maisons populaires, clôtures...). Lorsqu'une classe 3 est définie, il sera admis que les aménagements avoisinants plus exposés auront également été touchés par l'aléa.

Codage	Classe d'exposition du bâti
0	NR ou aucun
1	Exposition forte
2	Exposition médiane
3	Exposition réduite

**Tableau 3** - Codage n°2 appliqué au bâti selon le degré d'exposition.

Enfin, pour ce qui touche au préjudice humain (morts, blessés), aucun bilan complet ne transparaît dans les sources historiques et les rares références faisant allusion à des morts ou des blessés sont succinctes, esseulées ou vagues (usage notamment des termes « *beaucoup* », « *nombreux* », « *plusieurs* » renvoyant à des quantités abstraites dont la compréhension varie d'un individu

à l'autre) [Garnier 2010]. Cette impossibilité de procéder à un chiffrage circonstancié ne doit pas nécessairement être interprétée comme la preuve d'une absence de victimes. Elle suggère simplement que le rapport à la mort était différent de ce qu'il est aujourd'hui et que la notion même de « bilan humain » était étrangère à la mentalité des sociétés médiévales et modernes [Sarrazin 2012, Labbé 2017, p. 251-262]. Les classes 1, 2 et 3 reposent sur un traitement statistique des données chiffrées disponibles ayant permis d'isoler des seuils numériques en sus de ceux descriptifs (tableaux 2 & 4) [Oillon 2017]. Les vocables quantificateurs imprécis sous-entendant un grand nombre seront assimilés à un codage 3, évaluation qui sera pondérée par le cadre spatial (tableau 1), ce qui limite les risques de surinterprétation.

Codage	Classe de victimes
0	NR ou aucune
1	1-9 / isolées
2	10-34 / diffuses
3	≥ 35 / généralisées

**Tableau 4** – Codage attribué aux différentes classes de victimes.

La méthode proposée a cherché à s'affranchir des limites identifiées dans les méthodes préalablement critiquées. La quantification de l'endommagement matériel, fortement soumise à l'interprétation et la sensibilité du chercheur, sera ainsi systématiquement pondérée par le cadre spatial affecté par les dommages. L'estimation des dégâts faits au bâti est de plus abordée sous deux prismes : a) l'accumulation et l'importance des dommages, b) l'exposition des enjeux, entre autres en lien avec la loi d'Archibald. Une mise en application autour de deux exemples est proposée. Il sera néanmoins signalé que la démarche reste perfectible et qu'elle compte encore des limites qui seront discutées ci-après.

## **2.2. Application de la méthode et discussion des limites**

Dans le cadre de cet article, la méthode de quantification sera détaillée pour deux événements. Il s'agit des tempêtes avec submersions du 13 novembre (23 novembre en calendrier grégorien) 1509 et du 9-10 janvier 1735. Par ailleurs, il sera précisé que la colonne « échelle provinciale » des tableaux 5 et 6 correspond au cadre spatial régional historique auquel se rattachent les localités citées comme ayant été directement impactées dans les sources primaires et secondaires.

Le 13 novembre 1509, une tempête avec submersion survient. Elle est attestée en baie de Bourgneuf, en particulier à l'île de Bouin, à Bourgneuf, Machecoul et Le Coutumier [AD 44 H 28/6 pièce n°6, AD 44 B 19 vues 37-38, AD 44

B 20 vue 34, AM Nantes II 136 pièce n°30, AM Nantes II 136 pièce n°37, Luneau et Gallet 1874 pièce n°XIII]. Dans son *Histoire de la Rochelle*, Amos Barbot, né en 1566, rapporte l'événement pour l'Aunis, notamment à La Rochelle et l'île de Ré [Barbot 1886 p. 472]. En raison de pertes archivistiques majeures (e.g : pillage et incendie des archives des établissements ecclésiastiques des diocèses de Luçon et Maillezais durant les guerres de religion [Delhommeau 1988]), la connaissance de cet aléa reste lacunaire et aucune information complémentaire n'a pu être exhumée, entre autres pour le Poitou. Le recoupement des sources disponibles permet de statuer sur la conséquence des atteintes aux bâtis : tant en baie de Bourgneuf [ComCom Océan-Marais de Mont 2019] que sur les côtes aunisiennes, des brèches importantes sont relevées dans les levées et chaussées faisant face à la mer, des moulins sont endommagés. Par conséquent, la classe des dégâts est considérée comme « généralisée » (3), tandis que celle de l'exposition est catégorisée en 1 (exposition forte). Supra-régional, le cadre spatial des préjudices sur le bâti est établi à 3. Pour le préjudice humain, en l'état actuel des connaissances, aucun décès ni blessé n'est signalé par les documents, d'où la valeur de 0 attribuée autant aux pertes qu'au cadre spatial (tableau 5). Quant aux activités, aucun élément ne permet d'évaluer les effets sur la sylviculture (0). Du côté de l'agriculture, les informations sont succinctes : sur l'île de Bouin, ainsi qu'à Machecoul, Bourgneuf, Le Coutumier, plusieurs « terres fertiles et autres fruitz et biens » [AD 44 B 19] sont déclarés gâtés, tandis que sur les côtes aunisiennes des prés et champs sont inondés. La classe de dégâts 2 (diffus) a donc été associée à un cadre spatial supra-régional (3). Enfin, au niveau de la saliculture, les systèmes hydrauliques des marais salants d'Aunis et des Marches (3) sont fortement dégradés (3). Cette dégradation s'avère relativement bien documentée, notamment grâce au registre de comptes particuliers des réparations effectuées entre mars et mai 1510 par l'abbaye de Buzay, qui possédait de nombreuses salines en baie de Bourgneuf [AD 44 H 28/6]. Des étiers, des réservoirs et des cristallisoirs sont comblés de vase et de sable, des salines sont abîmées, des monceaux de sel sont perdus et d'autres apparaissent endommagés au point que des opérations de « colage » (enduit et imperméabilisation des monceaux de sel par un mélange de joncs ou d'iris des marais et de terre argileuse) soient nécessaires. En tout, les travaux de remise en état de leurs marais salants – des chaussées aux monceaux en passant par les bassins d'exploitation du sel – reviennent à 15 livres et 7 deniers aux moines de l'abbaye de Buzay.

Date	Lieu(x)		Préjudices bâtis				Préjudices humains		
	Échelle locale	Échelle provinciale	Classe des dégâts	Classe d'exposition	Cadre spatial	Codage pondéré	Classe des victimes	Cadre spatial	Codage pondéré
13 (23) /11/ 1509	Bouin, Bourgneuf, Le Coutumier, Machecoul Ile de Ré, La Rochelle	Marches Poitou / Bretagne <sup>1</sup>  Aunis	3	1	3	<b>2,3</b>	0	0	<b>0</b>
Préjudices activités									
Agriculture			Saliculture			Sylviculture			
Classe des dégâts	Cadre spatial	Codage pondéré	Classe des dégâts	Cadre spatial	Codage pondéré	Classe des dégâts	Cadre spatial	Codage pondéré	
2	3	<b>2,5</b>	3	3	<b>3</b>	0	0	<b>0</b>	

**Tableau 5** – Application de la méthode de quantification des dommages recensés dans les sources pour la tempête avec submersion du 13 (23 c.g.) novembre 1509.

Une dépression atmosphérique, ayant commencé à se manifester dès les 7 et 8 janvier 1735 [AD 53 E dépôt 152/3 vue 193], s'abat sur le littoral atlantique français les 9-10 janvier. Elle est attestée en Normandie par les travaux de [Garnier 2005], mais également sur une grande partie de la façade atlantique, de la Bretagne à la Saintonge (tableau 6) [Lageat & al. 2019, Athimon 2021]. Les inondations s'égaillent sur le linéaire côtier où de nombreuses levées sont détériorées à Saint-Malo et dans le marais de Dol, dans les marais de Vix et Maillezais, les îles de Bouin et de Ré [AN Paris H/1//581, AD 85 62 J 9 folio 10, AD 85 8 B 30, AD 85 8 B 61, AD 17 C 33 pièce n°74]. Dans la rade de Paimboeuf, dans l'estuaire de la Loire, 28 navires sont retrouvés abîmés (prise d'eau, câbles rompus, mats cassés, etc.), tandis que plusieurs maisons de la paroisse, situées en bord du fleuve, ont subi des avaries [AD 44 C 672/15]. Les vents ont également détérioré des clochers, des toitures, des moulins, des fenêtres à Lampaul-Ploudalmézeau, Rennes, Laval, Saintes, les Mouthiers-sur-Boëme, etc. [AD 29 98 G 2, AD 22 H 289, Duchemin 1896, Reveillaud 1914, Debresme 1922]. Le codage de 3 est ainsi attribué aux dégâts sur le bâti, ainsi qu'au cadre spatial lié. En revanche, soit en raison de leur localisation, soit de leur hauteur, les infrastructures endommagées apparaissent fortement exposées (codage de 1 à la classe d'exposition). En l'état actuel des connaissances et des dépouillements historiques, aucun préjudice humain n'est à déplorer en France (0). En ce qui concerne les activités, la sylviculture est fortement impactée (3), essentiellement en Bretagne et Normandie (3). Ainsi, dans les seuls bois de

<sup>1</sup> Les « Marches de Poitou/Bretagne » regroupent des paroisses dépendant à la fois du comté de Poitou et du duché de Bretagne comme Bouin, Céné, Machecoul, Le Coutumier, La Garnache, Légé...

l'abbaye de Notre-Dame de Coatmalouen à Kerpert, plus de 231 hêtres sont brisés et/ou déracinés [AD 22 H 289]. Du côté des dommages sur l'activité agricole (prés et champs inondés, blés couchés), mais aussi salicole (marais salants endommagés), les informations suggèrent leur caractère diffus (2) au sein d'un cadre spatial supra-régional (3).

Date	Lieu(x)		Préjudices bâtis				Préjudices humains		
	Échelle locale	Échelle provinciale	Classe des dégâts	Classe d'exposition	Cadre spatial	Codage pondéré	Classe des victimes	Cadre spatial	Codage pondéré
9-10/01/1735	Kerpert, Lampaul-Ploudalmézeau, Marais de Dol, Paim-bœuf, Rennes, Saint-Malo  Laval  Bouin (île)  Marais de Vix et Maille-zais  Ré (île)  Saintes	Bretagne    Maine  Marches Poitou / Bretagne  Poitou   Aunis  Saintonge	3	1	3	<b>2,3</b>	0	0	<b>0</b>
Préjudices activités									
Agriculture			Saliculture			Sylviculture			
Classe des dégâts	Cadre spatial	Codage pondéré	Classe des dégâts	Cadre spatial	Codage pondéré	Classe des dégâts	Cadre spatial	Codage pondéré	
2	3	<b>2,5</b>	2	3	<b>2,5</b>	3	3	<b>3</b>	

**Tableau 6** – Application de la méthode de quantification des dommages recensés dans les sources pour la tempête avec submersion du 9-10 janvier 1735.

Bien que la méthode proposée évite de nombreux écueils, plusieurs limites émergent. La première est récurrente pour la recherche historique. Elle tient en la présence ou l'absence de la donnée : défauts de conservation de documents, pertes archivistiques considérables en particulier pour les siècles les plus reculés, écrits sur telle ou telle tempête jamais produits, recherches non exhaustives. La démarche de quantification repose donc sur les matériaux non seulement disponibles, mais aussi exhumés. Disposer d'une vision incomplète des atteintes à l'échelle locale, régionale, nationale, mais également individuelle et collective conduit à donner à toutes les démarches de quantification existantes une valeur approximative. La méthode proposée ne

s'en affranchit pas et les résultats présentés ne sauraient être perçus comme absolus ou immuables. D'autant qu'en principe, l'évaluation de l'endommagement devrait prendre en considération d'éventuelles successions des occurrences. Il se peut effectivement qu'un aléa ordinairement peu destructeur s'avère très endommageant s'il est précédé d'un événement particulièrement violent ayant fait peu de dégâts. Une chronologie partielle des tempêtes peut entraîner des erreurs d'estimation, en même temps qu'elle ne permet pas de préciser lorsqu'un petit nombre d'événements puissants produisent un endommagement égal à une multitude de manifestations de magnitude réduite. À mesure que les phénomènes se succèdent, la capacité d'un enjeu à absorber et supporter les chocs diminue et le dommage subi croît. Dès lors, la caractérisation, la quantification et la comparaison des événements entre eux au cours du temps sont complexifiées par le fait qu'elles soient tributaires de l'endommagement recensé, donc des enjeux exposés, des vulnérabilités, de leurs évolutions dans le temps et, par voie d'amorce, des données à disposition ainsi que de l'intérêt porté par les contemporains.

De plus, la première classe (0) pose des difficultés conceptuelles en ce sens qu'elle mêle le manque d'informations / le fait que le champ du préjudice n'est pas renseigné dans les sources historiques (NR) et une absence de dégâts. La recherche n'étant pas en mesure actuellement de distinguer et de déterminer si l'absence de renseignements atteste de dommages nuls ou non, il n'est pas possible de s'affranchir de cette limite. D'ailleurs, lié à cette classe 0, un autre aspect discutable a trait au rapport entre activités et territoire. Que faire si un « 0 » est apposé pour la saliculture ou la sylviculture par exemple alors que cette activité n'est, en vérité, pas présente sur l'espace impacté par la tempête ? Appréhender la position exacte de chaque marais salant, la densité précise de chaque forêt et leurs variations dans le temps est très complexe, *a fortiori* à l'échelle d'un territoire aussi élargi que l'ouest de la France. Un autre point porte sur la définition de la classe, notamment lorsque pour un même événement le dommage est caractérisé de « général » en un endroit, mais apparaît « isolé » en un autre. Est-ce alors pertinent de le considérer comme « diffus » ? Qu'en est-il également lorsque le cas se répète à l'échelle de plusieurs sources (deux « général », quatre « isolé » par exemple) ? Quelles parts la vulnérabilité et l'entretien / l'usure des bâtiments, des bois, des bassins de production du sel, etc. peuvent-ils occuper dans ces différences de niveaux d'endommagement ? La prise en compte du cadre spatial affecté par l'endommagement suffit-elle à pallier les possibles sur ou sous-estimations ? Une part de subjectivité continue probablement à prévaloir ici, biais inhérent au fait de « faire des chiffres avec des mots » [Garnier 2010 p. 22].

Si ces limites entravent et rendent critiquable la démarche de quantification, elles ne la condamnent pas pour autant à une seule approximation, pas plus qu'elles ne la rendent caduque. Au contraire, les entreprises quantitatives, globalement fructueuses, ont le mérite de tenter de faire avancer la recherche,

la connaissance dans le domaine, la compréhension du phénomène. Elles ont vocation à retravailler des données d'une richesse inestimable afin de les rendre exploitables et accessibles au plus grand nombre. En aucun cas elles témoignent de valeurs absolues, seulement de valeurs relatives éclairant une partie de la réalité.

### ***2.3. Construction d'un prototype d'évaluation des tempêtes afin de comparer les aléas entre eux sur le temps long.***

Pour passer de l'étape de quantification des dommages aux classes d'endommagement, puis aux indices d'intensité (tableau 7), seuls les « codages pondérés » attribués aux trois variables (préjudices bâtis, humains et activités) pour chaque tempête étudiée sont pris en compte. Ils apparaissent en gras dans les tableaux 5 et 6 et sont la moyenne mathématique des notes obtenues par chaque variable à la suite de l'analyse critique des sources historiques. Ainsi, au « préjudice bâti » de l'événement de 1735 (tableau 5) correspond un codage pondéré de 2,3. Celui-ci est le résultat de la note attribuée à la classe des dégâts additionnée de la note de la classe d'exposition et du cadre spatial, puis divisée par le nombre de critères, soit trois dans ce cas. Bien qu'aucun coefficient de pondération ne soit appliqué au cadre spatial, sa prise en compte pondère le résultat de l'estimation des dommages. Cela réduit les risques de sur ou sous-interprétation. Dès lors, si les dommages identifiés correspondent, par exemple, à l'estimation la plus élevée pour une classe de dégâts (3), mais que ces destructions importantes ne concernent qu'un territoire localisé (1), cela sera considéré. Une fois les codages pondérés calculés pour les trois variables, ils sont additionnés afin d'obtenir le taux d'endommagement total, la classe d'endommagement, ainsi que l'indice d'intensité de la tempête évaluée.

Reposant sur des seuils minimums et maximums, l'échelle proposée (tableau 7) compte 5 niveaux, auxquels correspondent des classes d'endommagements établies grâce à la méthode de quantification présentée et appliquée précédemment, et des atteintes croissantes. La colonne « dommages possibles » (tableau 7) est indicative et ne saurait être utilisée pour déduire l'intensité d'une tempête, dans la mesure où il existe autant d'endommagements possibles que de tempête.

Après avoir quantifié les dommages pour les trois variables en appliquant la méthode présentée, puis avoir calculé les codages permettant de pondérer l'estimation des dommages par le cadre spatial, l'intensité a été évaluée pour plusieurs tempêtes et submersions marines relativement bien documentées [Athimon 2021]. Les résultats obtenus pour neuf événements, dont les deux détaillés précédemment, sont donnés dans le tableau 8 et représentés graphiquement dans la figure 1.

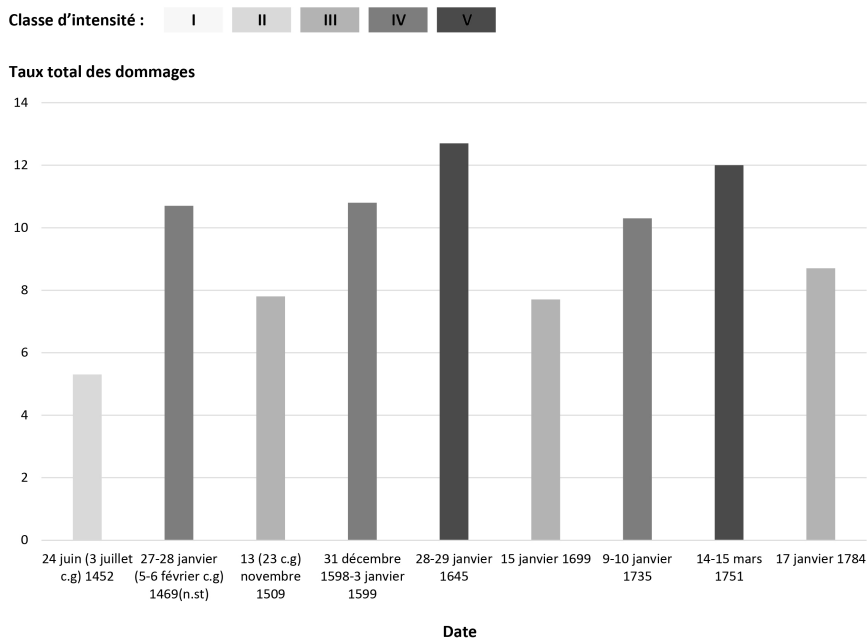
Indice	Intensité des dommages	Classe d'endommagement	Dommages possibles
I	Très faible à faible	[0 ; 3[	Aléa perçu de façon partielle, pas de décès, petits et moyens bateaux malmenés, branches des arbres secouées, blés légèrement battus par les vents
II	Modérée	[3 ; 6[	Aléa largement perçu, pas de décès ou accidentel(s), petits et moyens vaisseaux en difficulté, vitres soufflées, quelques ardoises ou tuiles arrachées, digues légèrement sapées, branches ainsi que quelques arbres vulnérables cassés (isolé), faibles pertes salicoles et/ou agricoles
III	Forte	[6 ; 9[	Inquiétude, décès possibles, navires en difficulté, quelques échouements, toitures partiellement emportées, clochers fissurés voire renversés pour les plus fragiles, brèches notables dans les digues, arbres déracinés (diffus), pertes salicoles et/ou agricoles importantes, quelques atteintes structurelles et/ou fonctionnelles relevées
IV	Très forte	[9 ; 12[	Frayeur, décès, nombreux naufrages et échouements, maisons en partie détruites, clochers renversés, arbres déracinés (généralisé), ruptures de cordons dunaires et dépôts sédimentaires éoliens, atteintes structurelles et/ou fonctionnelles appréciables
V	Exceptionnelle	[12 ; 15]	Épouvante, décès, dégâts généraux aux bâtis, forêts ravagées (généralisé), ruptures de cordons dunaires et dépôts sédimentaires éoliens, atteintes structurelles et fonctionnelles majeures

**Tableau 7** – Échelle indiciaire simplifiée d'intensité des tempêtes sous latitudes moyennes (XIV<sup>e</sup>-XVIII<sup>e</sup> s.)



Date	Taux total des dommages	Classe d'endommagement	Indice d'intensité
24 juin (3 juillet c.g) 1452	5,3	[3 ; 6[	II
27-28 janvier (5-6 février c.g) 1469(n.st)	10,7	[9 ; 12[	IV
13 (23 c.g) novembre 1509	7,8	[6 ; 9[	III
31 décembre 1598-3 janvier 1599	10,8	[9 ; 12[	IV
28-29 janvier 1645	12,7	[12 ; 15]	V
15 janvier 1699	7,7	[6 ; 9[	III
9-10 janvier 1735	10,3	[9 ; 12[	IV
14-15 mars 1751	12	[12 ; 15]	V
17 janvier 1784	8,7	[6 ; 9[	III

**Tableau 8** – Tableau présentant quelques résultats de l'application de la méthode de quantification des dommages et de l'indice d'intensité développé.



**Figure 1** – Représentation graphique de neuf tempêtes ayant impacté l'Atlantique français et dont l'intensité a été estimée après avoir quantifié le taux total de dommages suivant la méthode proposée

Les résultats n'attestent pas de la magnitude ou de la violence des aléas. Ils ne sont que le reflet d'un indice d'endommagement tel qu'il peut être estimé à partir des témoignages historiques. Ces résultats sont de plus étroitement dépendants des informations disponibles. Cette limite laisse supposer des décalages éventuels entre les dommages véritablement engendrés et ceux rapportés et/ou exhumés. Au demeurant, une échelle – en qualité de compromis entre le besoin d'être au plus près de la réalité et la nécessité de sa simplicité d'utilisation – inclut dès le départ une subjectivité. Celle-ci est autant liée aux traces laissées par les témoins, qu'à la construction de l'échelle en elle-même et/ou au chercheur qui y a recours.

Théorisée dans l'optique de comparer les événements entre eux au cours du temps, l'échelle d'intensité conceptualisée compte encore des lacunes et apparaît perfectible. Ce travail défriche quelques pistes et se veut introductif à de futures recherches. D'autant que si l'échelle indicielle a été, dans un premier temps, élaborée pour se conformer aux atteintes matérielles recensées dans les sources historiques des XIV<sup>e</sup>-XVIII<sup>e</sup> siècles, elle a été pensée pour être modulable, voire adaptable en vue d'une application à plus grande échelle, tant spatiale que temporelle. Elle est en mesure de s'adapter aux évolutions des enjeux et aux modifications de la nature des dégâts dans le temps. Parmi les nombreuses pistes pour la perfectionner, il faut relever la prise en compte systématique de 1) l'exposition, de la vulnérabilité des enjeux, 2) la dimension environnementale, particulièrement celle des déséquilibres des milieux côtiers transparaissant dans les archives sédimentaires, 3) l'ouverture et l'adaptation possible de son fonctionnement de manière à inclure et comparer aussi les événements récents.

## **Conclusion**

La méthodologie de quantification des dommages proposée dans ce travail apparaît opérante. Elle contient certes des limites et reste perfectible, cependant la combinaison de l'estimation du nombre et du cadre spatial tend à réduire la sur et/ou la sous-interprétation. Elle permet d'affecter un codage « pondéré », moins subjectif et plus proche du contenu réel des documents à l'endommagement. Sous couvert d'ajustements du référentiel « activités », d'un élargissement de celui de l'exposition des enjeux, la logique mise en œuvre dans cette démarche pourrait servir de point de départ pour l'établissement d'une méthode de quantification homogène, non plus seulement à l'échelle des XIV<sup>e</sup>-XVIII<sup>e</sup> siècles, mais bien des XIV<sup>e</sup>-XXI<sup>e</sup> siècles. Enfin, il ressort que cette démarche de quantification des dommages contribue à la réflexion sur l'établissement d'un indicateur d'évaluation de l'intensité des tempêtes. Ce dernier point offre de comparer les événements sur le temps long, du passé à l'actuel.

### Références bibliographiques

- ALEXANDER, D. (2000) – *Confronting catastrophe. New perspectives on natural disasters*, Oxford, Oxford University Press, 288 p.
- ATHIMON, E. (2021) – *Tempêtes et submersions marines dans les territoires de la côte atlantique (XIV<sup>e</sup>-XVIII<sup>e</sup> siècle)*, Paris, Les Indes Savantes, 398 p.
- COMCOM Océan-MARAIS DE MONT (ed.) (2019) – *Les risques littoraux dans la Baie de Bourgneuf du XIV<sup>e</sup> siècle à nos jours. Les enseignements de l'histoire*, Sepec impression, France, 96 p.
- DAUPHINÉ, A. & PROVITOLLO, D. (2013) – *Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer*, Paris, Armand Colin, 416 p.
- DELHOMMEAU, L. (1988) – « Le sort des archives des diocèses de Luçon et de Maillezais pendant les guerres de religion », *Annuaire de la Société d'émulation de la Vendée*, pp. 63-72
- DÉSARTHE, J. (2013) – *Le temps des saisons. Climat, événements extrêmes et sociétés dans l'Ouest de la France (XVI<sup>e</sup>-XIX<sup>e</sup> siècles)*, Paris, Hermann, 350 p.
- DE KRAKER, A. (1999) – « A method to assess the impact of high tides, storms and storm surges as vital elements in climatic history. The case of stormy weather and dikes in the northern part of Flanders, 1488 to 1609 », *Climatic Change*, vol. 43, n°1, pp. 287-303.
- DE KRAKER, A. (2013) – « Storminess in the Low Countries, 1300-1725 », *Environment & History*, n°19, pp. 149-172.
- GARNIER, E. (2004) – « Quatre siècles de tempêtes en forêt. Les phénomènes éoliens majeurs en France entre les XVI<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles », *Rendez-vous techniques*, ONF, n°3, pp. 16-20.
- GARNIER, E. (2005) – « Les grands vents dans le Grand Ouest, XVI<sup>e</sup>-XVIII<sup>e</sup> siècles », in A. Corvol (dir), *Tempêtes sur la forêt française, XVI<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècle*, Paris, L'Harmattan, pp. 55-70.
- GARNIER, E. (2010) – *Les dérangements du temps. 500 ans de chaud et de froid en Europe*, Paris, Plon, 256 p.
- HÉNAFF, A., LE CORNEC, E., JABBAR, M., PÉTRÉ, A., CORFOU, J., LE DREZEN, Y. & VAN VLIËT-LANOË, B. (2018) – « Caractérisation des aléas littoraux d'érosion et de submersion en Bretagne par l'approche historique », *Cybergeo*, article 847, DOI : <https://doi.org/10.4000/cybergeo.29000>
- HICKEY, K. (1997) – *Documentary records of coastal storms in Scotland, 1500-1991 A.D.*, 2 vol., thèse de doctorat, Coventry
- LABBÉ, T. (2017) – *Les catastrophes naturelles au Moyen Âge XII<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup>*, Paris, CNRS, 344 p.
- LAGEAT, Y., HÉNAFF, A. & RAVIER, E., (2019) – « “Délits d'eau” et “volements de sables”, les “offensives éoliennes” sur les côtes bretonnes au XVIII<sup>e</sup> siècle », *Physio-Géo*, vol. 14, n°1, pp. 147-169.
- LAMB, H & FRYDENDAHL, K. (1991) – *Historic storms of the North Sea, British Isles and Northwestern Europe*, Cambridge, Cambridge University Press, 228 p.
- MAERTENS-NOËL, S. (2016) – *La mer, cet ennemi de plusieurs siècles. Identifier et comprendre les trajectoires de vulnérabilité des sociétés littorales bas-normandes (1650-1940)*, thèse de doctorat, Caen
- MESCHINET DE RICHEMOND, N., REGHEZZA, M. (2010) – « La gestion du risque en France : contre ou avec le territoire ? », *Annales de géographie*, n°673, pp. 248-267.
- ONILLON, M. (2017) – *Les aléas météo-marins extrêmes sur le temps long : base de données, indicateur et cartographie*, mémoire de master 2, Nantes, 110 p.

- ROUX, F. (2012) – *Fureurs des cieux. Cyclones tropicaux et autres tempêtes*, Ellipses, Paris, 238 p.
- SARRAZIN, J-L. & ATHIMON, E. (2019) – « Étudier les plus anciennes tempêtes à submersion identifiées sur la côte atlantique française (XIV<sup>e</sup>-XVI<sup>e</sup> siècles) : l’approche historique », *Norois*, n°251, pp. 27-42.
- SARRAZIN, J-L. (2012) – « Vimers de mer et sociétés littorales entre Loire et Gironde (XIV<sup>e</sup>-XVI<sup>e</sup> siècle) », *Norois*, n°222, pp. 91-102.
- SCHOENENWALD (2003) – « L’Europe du Nord-Ouest sur le rail des tempêtes », in M. Tabeaud (dir), *Ile-de-France, avis de tempête force 12*, Paris, PUPS, pp. 41-55.
- SWEENEY, J.C. (2000) – « A three-century storm climatology for Dublin (1715-2000) », *Irish Geography*, vol. 33, n°1, pp. 1-14.
- TABEAUD, M., LYSANIUK, B., SCHOENENWALD, N. & BURIDANT, J. (2009) – « Le risque « coup de vent » en France depuis le XVI<sup>e</sup> siècle », *Annales de géographie*, n°667, pp. 318-331.
- TABEAUD, M. (dir) (2003) – *Ile-de-France, avis de tempête force 12*, Paris, PUPS, 208 p.

### Sources historiques

- AD 17, C 33, pièce n°74
- AD 22, H 289
- AD 29, 98 G 2
- AD 44, H 28/6, pièce n°6
- AD 44, B 19, numérisation, vues 37-38
- AD 44, B 20, numérisation, vue 34
- AD 44, C 672/15
- AD 53, E dépôt 152/E 3, vue 193
- AD 85, 62 J 9, fol. 10
- AD 85, 8 B 30
- AD 85, 8 B 61
- AM Nantes, II 136, pièce n°30
- AM Nantes, II 136, pièce n°37
- AN Paris, H/1//581
- BARBOT, A. (1886) – « Histoire de La Rochelle », *Archives Historiques de Saintonge et d’Aunis*, t. XIV, Paris-Saintes, 548 p.
- DEBRESME, M. (1922) – « Journal de Marc Debresme (1700-1784) », *BMAHC*, t. XIII, p. 79-126
- DUCHEMIN, R. (1896) – « Registre de René Duchemin, prêtre à Laval », *BCHAM*, t. XII, pp. 13-29 et 253-270
- LUNEAU, S. & GALLET, E. (1874) – *Documents sur l’île de Bouin*, imp. Vincent Forest et Emile Grimaud, Nantes, pièce n° XIII, pp. 288-291
- REVEILLAUD, M. (1914) – « Journal de Michel Reveillaud (1696-1745) », *Archives Historiques de Saintonge et d’Aunis*, t. XLV, pp. 7-180