

DE LA RECHERCHE AU GRAND PUBLIC : EXERCICE DE CARTOGRAPHIE DIDACTIQUE ET INTERACTIVE POUR L'ADAPTATION DES TERRITOIRES LITTORAUX AU RISQUE DE SUBMERSION MARINE

par Axel Creach

UMR 8591 LGP, CNRS, Institut de Géographie Faculté des Lettres, Sorbonne Université,
191, rue Saint-Jacques, 75 005 Paris.
axel.creach@sorbonne-universite.fr

et Laurent Pourinet

LETG-Nantes Géolittomer, UMR 6554, CNRS, Institut de Géographie Régionale de l'Université de Nantes - Campus Tertre, BP 81227 – 44 312, Nantes
laurent.pourinet@univ-nantes.fr

Cet article présente une démarche originale pour mettre à disposition du grand public un outil didactique de cartographie interactive à partir d'une série de cartes issue d'un travail de recherche sur la compréhension de la vulnérabilité d'une commune au risque de submersion marine dans un contexte d'élévation du niveau marin. De la recherche au grand public, sont présentés les enjeux, les choix techniques et les compétences mobilisées pour rendre accessibles et compréhensibles les cartes tout en permettant à l'utilisateur de s'approprier la démarche scientifique qui a conduit à la réalisation de cette recherche.

Mots-clés : *adaptation, risques littoraux, sensibilisation, serious game.*

Introduction

En février 2010, la tempête Xynthia touchait les côtes atlantiques françaises. Les hauts niveaux marins générés par la tempête entraînèrent la submersion de zones littorales basses dont certaines étaient urbanisées (Devaux *et al.*, 2012 ; SOGREAH, 2010). La catastrophe causa 41 victimes par noyade en Vendée et en Charente-Maritime, toutes localisées à l'intérieur de constructions résidentielles (Vinet *et al.*, 2011).

La gestion de l'après catastrophe accorda une place importante aux cartes puisque l'Etat finira par décider la destruction des maisons jugées les plus dangereuses et publiera pour cela la carte des « zones noires », aussi connues comme « zones de solidarités » ou « zones d'acquisitions amiables » (Mercier et Chadenas, 2012). Cette diversité d'appellation n'est pas anodine puisqu'elle traduit les hésitations de l'administration face à l'impopularité de la mesure, critiquée localement pour son caractère précipité, son manque de transparence autour des critères ayant

présidé à l'élaboration des cartes, pour sa cherté ou encore pour l'absence de scénarios alternatifs.

Cet exemple met en lumière la question sous-jacente de l'adaptation, en l'occurrence celle des territoires littoraux dans un contexte d'élévation du niveau marin liée au changement climatique qui devrait mécaniquement renforcer le risque de submersion marine (GIEC, 2019). Cette question cruciale relève autant de la faisabilité technique, de la viabilité économique que de son acceptation sociale. Techniquement, les solutions sont connues (Creach *et al.*, 2020) et des arbitrages peuvent être faits sur la base d'analyses économiques. Mais une solution sera d'autant plus facile à mettre en œuvre qu'elle sera acceptée au niveau local.

Parmi les mesures possibles, la protection (renforcement ou mise en place d'ouvrages de défense) est celle habituellement plébiscitée, autant par les décideurs que par les populations (Klein *et al.*, 2001). Pour autant, il ne sera pas possible de tout

protéger eu égard au coût que cela représenterait (Hallegatte *et al.*, 2013). A l'opposé, la relocalisation est une mesure tout à fait pertinente dans les zones où le niveau de danger est le plus élevé. Cette mesure, si elle est acceptée dans son principe, reste finalement peu appliquée (Mineo-Kleiner, 2017) même si elle semble parfois inévitable à moyen terme. L'Etat prépare le terrain et fait passer le message comme en témoigne le sous-titre de la Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte, parue en 2012 : « Vers la relocalisation des activités et des biens » (MEDDE, 2012).

L'outil cartographique présenté ici propose, *via* un site internet¹, de restituer les résultats d'un travail de recherche sur l'évaluation de la vulnérabilité des constructions résidentielles et sur la comparaison des différentes stratégies d'adaptation face aux risques de submersion marine. Dans une approche didactique et interactive, le site s'adresse à un large public afin de le sensibiliser à l'exposition actuelle et future du territoire de la commune de La Guérinière (île de Noirmoutier, Vendée) et de l'amener à réfléchir aux actions d'adaptation envisageables, à l'efficacité de celles-ci pour la protection des personnes et des biens et aux coûts qu'elles représentent. En somme, le but est d'apporter des éléments de réflexion dans le nécessaire débat qui s'annonce pour s'adapter à l'élévation du niveau de la mer, débat qui implique une multitude d'acteurs allant des décideurs aux habitants.

L'indice VIE : une recherche appliquée centrée sur la carte

Dans le cadre du projet de recherche COSELMAR² (*compréhension des socio-écosystèmes littoraux et marins pour la prévention et la gestion des risques*), financé par la Région Pays de la Loire entre 2013 et 2016, un travail sur l'évaluation de la vulnérabilité des constructions résidentielles face au risque de submersion marine a été mené au laboratoire LETG-Nantes (UMR 6554 Cnrs – Université de Nantes). Ce travail a notamment permis l'élaboration d'un indice de Vulnérabilité Intrinsèque Extrême (indice V.I.E.) du bâti résidentiel des communes littorales étudiées dans le cadre d'une thèse soutenue en 2015 (Creach, 2015).

L'indice VIE pour évaluer la vulnérabilité du bâti : méthodologie

L'indice VIE est un indicateur synthétique qui permet d'évaluer à l'échelle de chaque construction la vulnérabilité du bâti résidentiel pour ses occupants

(Creach *et al.*, 2015). L'objectif est d'identifier les constructions qui présentent un risque de décès possible en cas de submersion marine. Les critères de vulnérabilité retenus sont ceux qui ont été jugés prépondérants dans l'étude du bilan humain de la tempête Xynthia (Vinet *et al.*, 2011). Ces critères (Cr1 à Cr4) et l'ensemble de la méthode sont présentés dans la figure 1.

Pour chaque construction, le calcul de l'indice VIE permet d'obtenir une note (de 0 à 12), indiquant son niveau de vulnérabilité pour ses occupants en fonction de critères d'exposition du bâti et de ses caractéristiques architecturales (fig. 1). Pour faciliter la lecture des résultats, une discrétisation des valeurs a été opérée en 4 classes, depuis celles où il n'existe aucun risque mortel (classe verte, note = 0) jusqu'à celles pour lesquelles un risque de décès est hautement probable en cas de submersion de type Xynthia (classe noire, note de 9 à 12). Ces résultats ont été transposés cartographiquement pour caractériser et visualiser l'ensemble du bâti communal selon ces 4 classes. Cette analyse spatiale a été menée sur sept communes littorales de Vendée et de Charente Maritime (Creach *et al.*, 2015 ; Creach *et al.*, 2017).

L'indice VIE pour l'analyse coût/efficacité des mesures d'adaptation envisageables : application

La cartographie du bâti communal selon l'indice VIE permet dans un premier temps d'identifier les constructions les plus exposées, pour lesquelles il est nécessaire d'envisager prioritairement des actions d'adaptation préventives, afin d'éviter qu'un événement analogue à Xynthia n'ait les mêmes conséquences humaines.

Dans un second temps, l'indice VIE permet aussi d'évaluer l'efficacité potentielle de différentes stratégies d'adaptation : (i) rehaussement et renforcement des digues existantes ; (ii) adaptation architecturale des constructions ; (iii) prévention et renforcement de l'évacuation préventive et (iv) relocalisation. En effet, chacune de ces mesures préventives permet d'agir sur l'un des critères (Cr1 à Cr4) et donc de comparer la valeur de l'indice VIE du bâti avant et après la mise en œuvre de chaque mesure (fig. 2). Enfin, connaissant le coût unitaire de chacune des mesures (Creach *et al.*, 2020), il est alors possible d'en évaluer la pertinence au regard de leur coût et de leur efficacité à réduire la vulnérabilité des constructions pour les occupants.

1 <http://submersions.coselmar.fr/>

2 <http://www.coselmar.fr/> projet pluridisciplinaire hébergé par l'IUML FR CNRS 3473, Université de Nantes

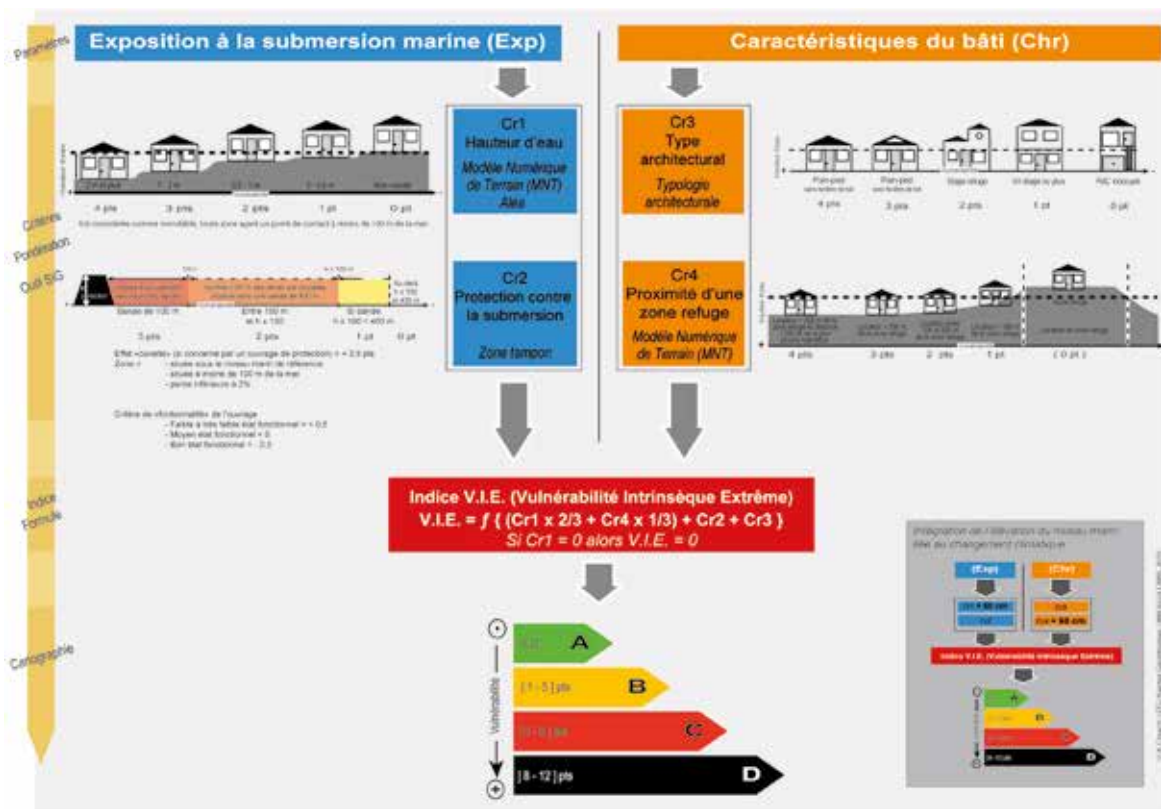


Figure 1 : Méthodologie de l'indice VIE (adapté de Creach, 2015)

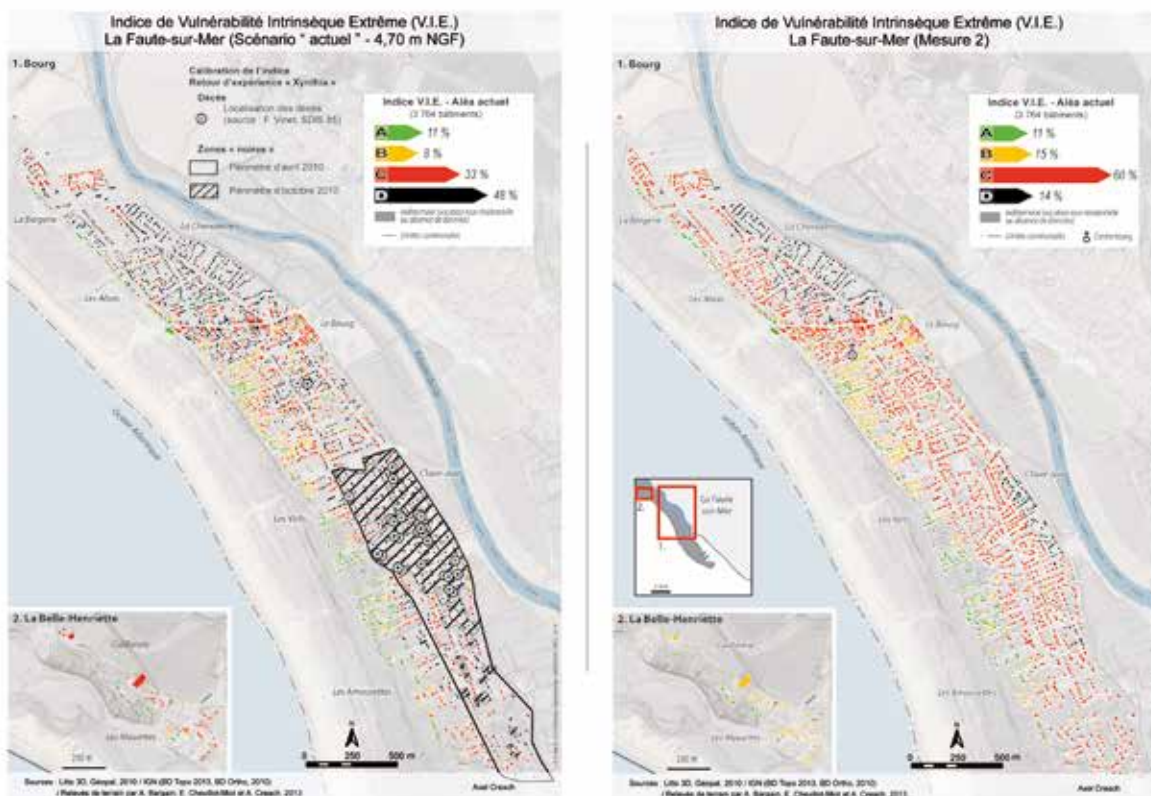


Figure 2 : Exemple de résultats de l'indice VIE ; résultat de l'indice VIE sans mesure (à gauche) et avec mise en œuvre de la stratégie d'adaptation architecturale (à droite), c'est à dire d'ajout d'un étage refuge aux maisons les plus exposées pour la commune de La Faute-sur-Mer (Vendée, France) (adapté de Creach, 2015)

La limite : discussion autour de l'acceptation sociale

Si les différentes mesures d'adaptation sont connues et peuvent être chiffrées d'un point de vue économique, leurs perceptions par les décideurs et les riverains ne sont pas égales. Ainsi, la mesure de protection est traditionnellement la plus adoptée à l'échelle mondiale, en particulier dans les pays « développés » (Klein *et al.*, 2001). Il s'agit d'une mesure « visible », qui impacte à minima les populations riveraines et qui procure un effet de sécurité, bien que ce dernier soit trompeur (Vinet, 2010). Elle est également facilitée par le fait qu'elle est, dans la grande majorité des cas, prise en charge par la puissance publique.

En France, cette prédominance de la protection est illustrée par l'allocation des fonds dans le cadre des Programmes d'Actions et de Prévention des Inondations (PAPI). Ceux-ci conditionnent la contribution de l'Etat à la mise en œuvre d'une stratégie globale de gestion du risque d'inondation sur un territoire. Dans, les faits, sur les territoires littoraux, les mesures de protection représentent plus de 90 % des financements (Guillier, 2015 ; Creach, 2015).

L'utilisation parcimonieuse des mesures alternatives peut s'expliquer par la diversité des acteurs et des sources de financement : certaines relèvent de l'initiative individuelle (l'adaptation architecturale) quand d'autres font appel à une multiplicité d'acteurs (l'Etat semble encore incontournable pour la relocalisation alors que les services de secours doivent être associés aux projets de prévention).

Au final, de multiples considérations (financières, regards des acteurs, points de vue individuels) interviennent dans l'élaboration de stratégies d'adaptation, qui éloignent parfois d'une réflexion centrée sur l'intérêt collectif d'un territoire et d'une analyse dépassionnée des différentes stratégies possibles. En ce sens, le site présenté dans ce travail permet de contribuer à cette réflexion en présentant les avantages et inconvénients de chaque mesure. La protection n'apparaît pas nécessairement comme la plus idoine alors que les mesures alternatives, sans être la panacée, offrent d'autres garanties. Ces différents scénarios, la présentation de leurs avantages et inconvénients respectifs, ainsi que l'application à un échelon local, peut permettre d'apporter matière

à la réflexion et au débat et d'envisager, de manière anticipée et préventive, une stratégie d'adaptation qui soit efficace, pour un coût maîtrisé, et qui soit acceptée par la majorité.

Vers un outil de valorisation et de sensibilisation : réflexion et création d'un outil de cartographie interactive

Contexte, moyens et enjeux de la médiation cartographique

Dans la phase d'achèvement des recherches menées dans le cadre académique (laboratoires de recherche, universités) du projet COSELMAR, il s'agissait également de restituer le contenu et les conclusions des travaux auprès de la société. Plusieurs médiations scientifiques ont été menées parmi lesquelles on peut citer la web-série « Les éclaireurs – Mer & Littoral, embarquez dans le défi citoyen »³. Ainsi, la thématique submersion marine et plus spécifiquement l'élaboration de l'indice VIE a aussi bénéficié d'un accompagnement pour la mise en place du site cartographique édité en juillet 2019 dont il est question ici.

Ce travail est le fruit d'une collaboration entre le laboratoire de recherche en géographie LETG-Nantes Géolittomer (1 enseignant-chercheur et 1 ingénieur cartographe), pilote de l'opération, et les entreprises Cyanea et Poisson Bouge⁴ (storyteller, designer graphique concepteur de site web et développeurs informatiques) prestataires de services.

Il se base sur un travail de thèse (Creach, 2015) qui a donné lieu à la production d'un atlas des communes étudiées, regroupant un ensemble de documents graphiques et de cartes détaillées (cf. partie 1).

Dès lors la remobilisation des productions graphiques et leur transposition en ligne ont soulevé plusieurs questions : comment passer d'une production graphique papier de diffusion restreinte (cadre académique) issue d'un traitement SIG, à une restitution en ligne destinée au plus grand nombre, et quelle forme lui donner ? Comment reformuler et vulgariser l'information pour la rendre plus accessible à un public de non spécialistes sans dénaturer ni simplifier à outrance la démarche et

3 <http://leseclaireurs.coselmar.fr/le-projet/> : cinq épisodes vidéo aux scénarios alternatifs, à destination du grand public, mis en ligne pour présenter les problématiques de recherche abordées et les résultats scientifiques obtenus.

4 <https://www.cyanea.fr/> & <https://www.poissonbouge.fr/>

les conclusions du travail de recherche ? Au final, il s'agit de permettre aux lecteurs de s'appropriier la démarche et de l'interroger, de manière à nourrir le débat citoyen sur les moyens alternatifs à mettre en œuvre pour préserver les personnes et les biens sur des littoraux peuplés et de plus en plus exposés.

Objectifs et formes de médiation : choisir d'emprunter les chemins de traverse

Dans ce contexte, produire et donner à voir sur le web des cartes sur une thématique et un espace donnés génère un réflexe méthodologique conditionné depuis plus d'une décennie chez les géographes-cartographes : le recours au *web mapping* en lien avec un SIG constitué.

Cette solution a été écartée pour plusieurs raisons. En effet, en terme d'espace couvert (sept communes étudiées) la solution ne semblait pas forcément la plus appropriée d'autant que l'objectif était d'abord de montrer l'intérêt opérationnel du recours à un indice de vulnérabilité, plus que de permettre la visualisation de cartes issues de bases de données à références spatiales sur un territoire étendu.

En terme de message il s'agissait, soulignons-le à nouveau, de faire valoir le débat public sur les alternatives et scénarios possibles en matière d'adaptation à l'aléa submersion, ce qui n'est pas forcément explicite dans un visualisateur de couches d'informations cartographiques.

Pour les mêmes raisons et malgré une plus grande adéquation méthodologique nous n'avons pas non plus mobilisé les outils et procédés de restitution qu'on trouve réunis sous le terme de cartographie narrative ou *story map* (Caquard et Dimitrovas, 2017), notre approche restant résolument centrée sur l'animation des objets graphiques des cartes elles-mêmes, mises en scène de manière centrale.

Trouver un mode de restitution adéquat résulte aussi d'une conjonction de compétences professionnelles diverses et complémentaires. Le cheminement vers une solution a été guidé par les échanges avec les prestataires mobilisés pour leurs savoir-faire (valorisation scientifique sur des modes originaux du type des vidéos déjà produites lors du projet COSELMAR).

Enfin, la fabrique cartographique à mettre en œuvre ouvrirait l'opportunité d'expérimenter des solutions

originales de reprise et reformulation (plus ou moins lourde) de cartes abouties, en tirant parti du potentiel du digital (animation, interactivité), mais restant résolument dans une approche de cartographie d'édition rigoureuse (traitement graphique de l'information géographique, choix de sémiologie, esthétique des documents). Cette démarche devait autant s'exercer du côté des solutions techniques à mobiliser (pour l'animation des objets graphiques, l'interactivité, etc.) que du point de vue fonctionnel (forme et fond des contenus et leur articulation en terme de navigation, scénarisation, etc.). Enfin, cette démarche convergeait avec la réflexion et les travaux engagés au sein de l'UMR LETG depuis 2018 (groupe RASTER- Cartodyn⁵)

Dès lors, trouver un outil ou plutôt un ensemble d'outils qui permette de reformuler contenus et formes dans une interface web didactique, hors des solutions habituelles, relève des chemins de traverse du cartographe !

De la cartographie d'édition à l'édition en ligne d'un « serious game ».

La solution s'est d'abord imposée en plaçant l'internaute comme acteur principal de la médiation, pour lui faire emprunter (de manière détournée) les étapes successives d'élaboration de l'indice VIE.

Le concept que nous avons retenu de « jeu sérieux » ou *serious game*, permet en effet d'inviter le visiteur du site à déclencher et suivre les principales phases du raisonnement scientifique et de se les approprier par l'expérimentation :

- émettre l'hypothèse et voir en carte l'effet d'un aléa majeur de submersion survenant sur un territoire littoral exposé (submersion marine de type Xynthia sur la commune de la Guérinière).

Cette phase introductive invite l'internaute à utiliser un simulateur cartographique qui montre l'ampleur spatiale de la submersion et permet d'aborder l'indice VIE. Deux boutons amovibles cèdent les commandes du site à l'internaute pour cette première simulation (fig. 3) ;

- passer en revue les facteurs qui permettent de mesurer le degré de vulnérabilité des constructions pour leurs occupants (les critères qui composent l'indice VIE).

5 Plusieurs séances de travail ont permis d'échanger des expériences et d'organiser une réflexion autour de la cartographie dynamique (interactivité, animation graphique, narration, scénarisation) au sein d'un groupe constitué d'ingénieurs et techniciens, donnant lieu à des tests et expérimentations en lien avec différents projets de valorisation scientifique en cours dans l'UMR.

La rubrique « comprendre » (fig. 4) permet de passer en revue chaque critère : les « niveaux d'eau », « l'architecture des maisons », la « distance aux ouvrages » et les « zones de refuge ». Après avoir parcouru les quatre écrans, l'utilisateur est en mesure de mieux appréhender les facteurs expliquant la vulnérabilité du territoire ;

- envisager des choix d'aménagement et évaluer l'efficacité de l'adaptation (simuler les aménagements et mesurer les améliorations de l'indice VIE).
- La rubrique « prévenir » (fig. 5) permet de juger de la pertinence de différentes stratégies de réduction de la vulnérabilité. Quatre scénarios sont proposés : « renforcer les digues », « créer des étages aux maisons », « créer des plateformes de refuge » et « raser les maisons les plus dangereuses » (relocaliser). Pour chaque solution, l'écran commence par décrire l'objectif de la solution, son coût, et permet de visualiser son impact spatial. Une icône « ? » permet d'afficher une description détaillée de la solution. Pour juger de l'efficacité de la mesure, il est possible de cliquer sur « tester la solution ». La carte affiche alors la vulnérabilité initiale (indice VIE) des constructions pour leurs occupants (« avant travaux »). En basculant le bouton vers le bas, la carte affiche le niveau de vulnérabilité après mise en œuvre de la mesure. Les effectifs de maisons dans les différentes classes de vulnérabilité s'ajustent automatiquement pour montrer l'ampleur du changement entre la situation sans travaux et avec travaux ;
- Comparer les différentes mesures entre elles pour guider la décision (la conclusion). L'accès à cette étape est soumis à la consultation et l'expérimentation des différents scénarios d'adaptation de la rubrique « prévenir ». La page de conclusion propose alors un schéma qui synthétise la comparaison des différentes stratégies selon leurs coûts et leur efficacité, puis appelle quelques remarques supplémentaires. A ce stade l'internaute doit s'être emparé du raisonnement et des principaux apports de cette recherche appliquée.
- Le site est accompagné par différents compléments qui sont accessibles à tout moment via la bannière supérieure du site et qui s'affichent sous la forme de fenêtres contextuelles :
- La « démarche » présente l'origine du travail, la méthodologie de l'indice VIE ainsi que ses

limites dont la principale réside dans le choix de la modélisation de la submersion marine (qui tend à surestimer l'emprise des zones inondables et les hauteurs d'eau associées) ;

- Le « contexte » présente le risque de submersion marine sur l'île de Noirmoutier et le cas plus particulier de la commune de La Guérinière ;
- Un « lexique » qui revient sur quelques termes ou acronymes spécifiques ;
- Une « bibliographie » qui reprend les références citées au fil du site.

La fabrique de la cartographie digitale et du serious game

La figure 6 présente une synthèse des étapes de construction, des ressources mobilisées (matériau scientifique mais aussi compétences humaines) et des procédés mis en œuvre pour aboutir au site web.

La valorisation scientifique décrite ici repose avant tout sur un exercice particulier de reformulation de contenu et de forme avant sa mise à disposition d'un large public. La cartographie, utilisée comme support principal de la médiation, repose sur une base de contenus graphiques déjà édités, mobilisés au début du travail (cartes et graphiques de la thèse et traitements SIG réalisés). Pour autant, la transposition des documents d'un mode statique sur papier vers une restitution scénarisée en mode interactif sur le web et à destination d'un public varié, a imposé une profonde refonte de la forme de départ.

Cette refonte n'a été possible qu'à la faveur d'une synergie de compétences professionnelles (recherche et pédagogie, cartographie d'édition, communication scientifique, scénarisation, design graphique, conception de site, programmation) mises au service de la traduction du travail de recherche constamment réinterrogé. Cette dialectique entre d'un côté raisonnement et résultats scientifiques et de l'autre forme de restitution possible, techniques à employer, création graphique à concevoir, choix d'interactivité à déterminer, programmation à réaliser, a été entretenue jusqu'à l'achèvement du travail.

Concrètement, les cartes et écrans affichés dans le *serious game* par l'internaute résultent d'une série de cartes réalisées sur mesure en dessin vectoriel (Adobe Illustrator) une fois la scénarisation du site réalisée. Celles-ci ont ensuite été intégrées en images (jpg) dans le site. Les éléments d'interactivité (affichage

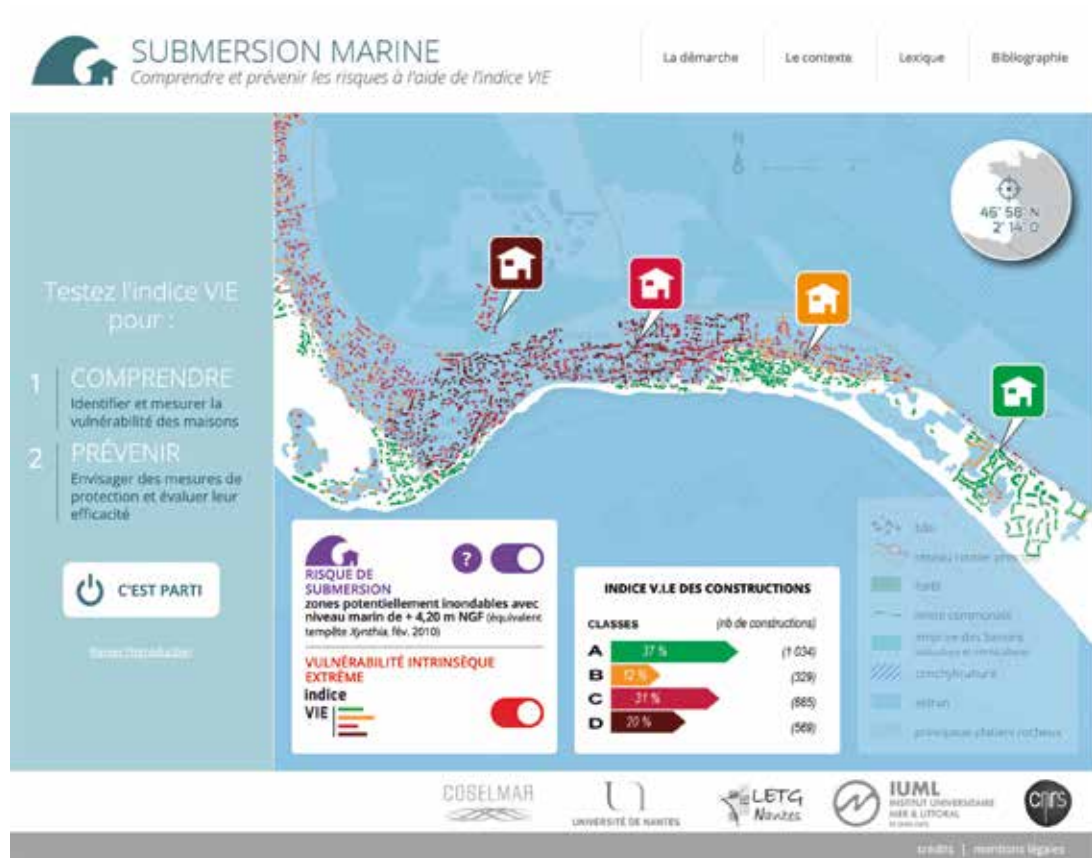


Figure 3 : La première phase du serious game. Deux boutons amovibles permettent à l'internaute de simuler la submersion marine et de visualiser la vulnérabilité des constructions pour leurs occupants selon les classes de valeurs de l'indice VIE

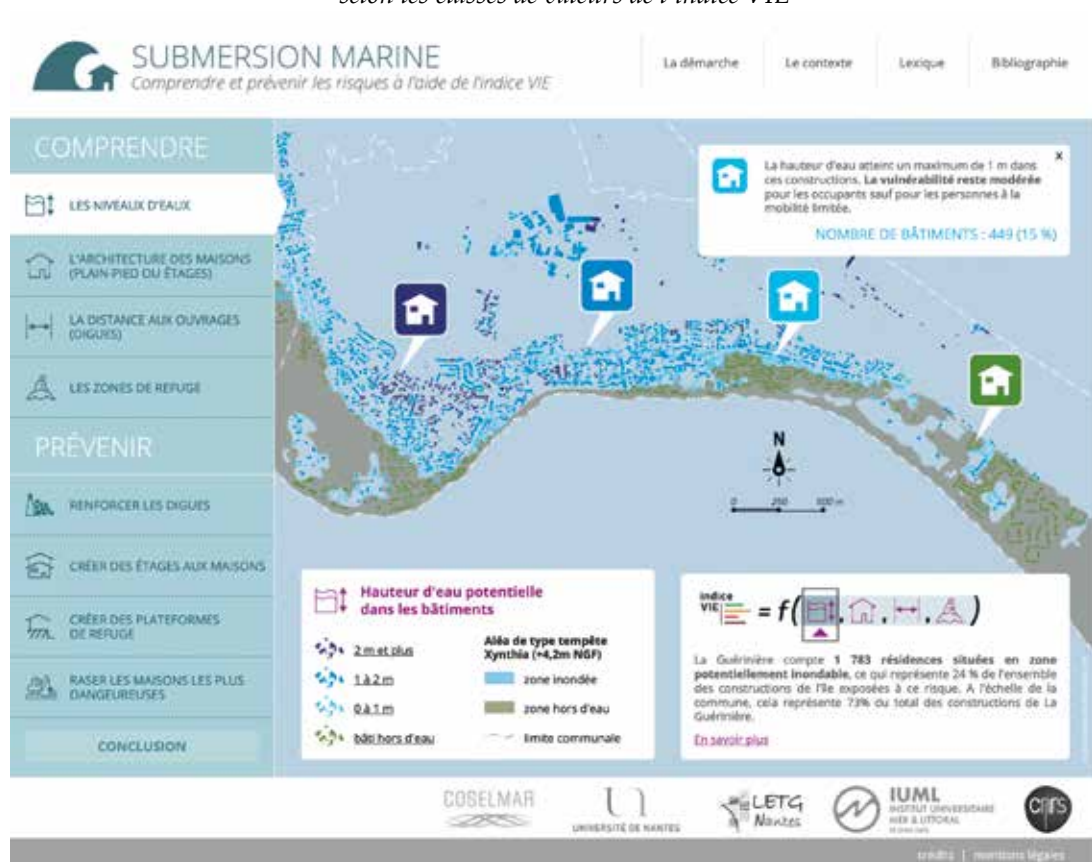


Figure 4 : La deuxième phase du serious game. L'interface permet de passer en revue les facteurs explicatifs de l'exposition du territoire au risque de submersion et de comprendre le résultat de l'indice VIE sur les constructions résidentielles. Les éléments de légende de carte permettent d'isoler visuellement les hauteurs d'eau par couche d'information. Plusieurs pictogrammes et menus de l'écran donnent accès à une information complémentaire

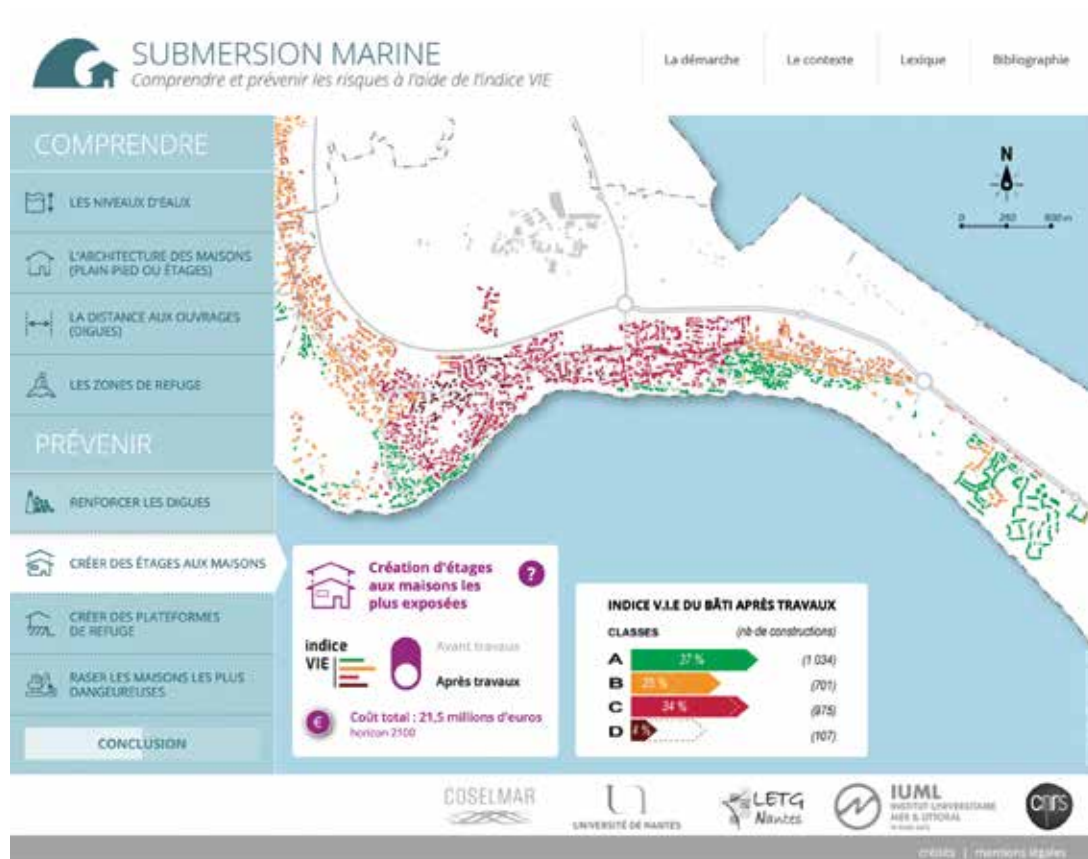


Figure 5 : La troisième phase du raisonnement. Simuler et tester l'impact des différentes stratégies d'adaptation possibles. Ici, la création d'étages refuges aux maisons les plus exposées et l'évaluation des coûts financiers de la mesure

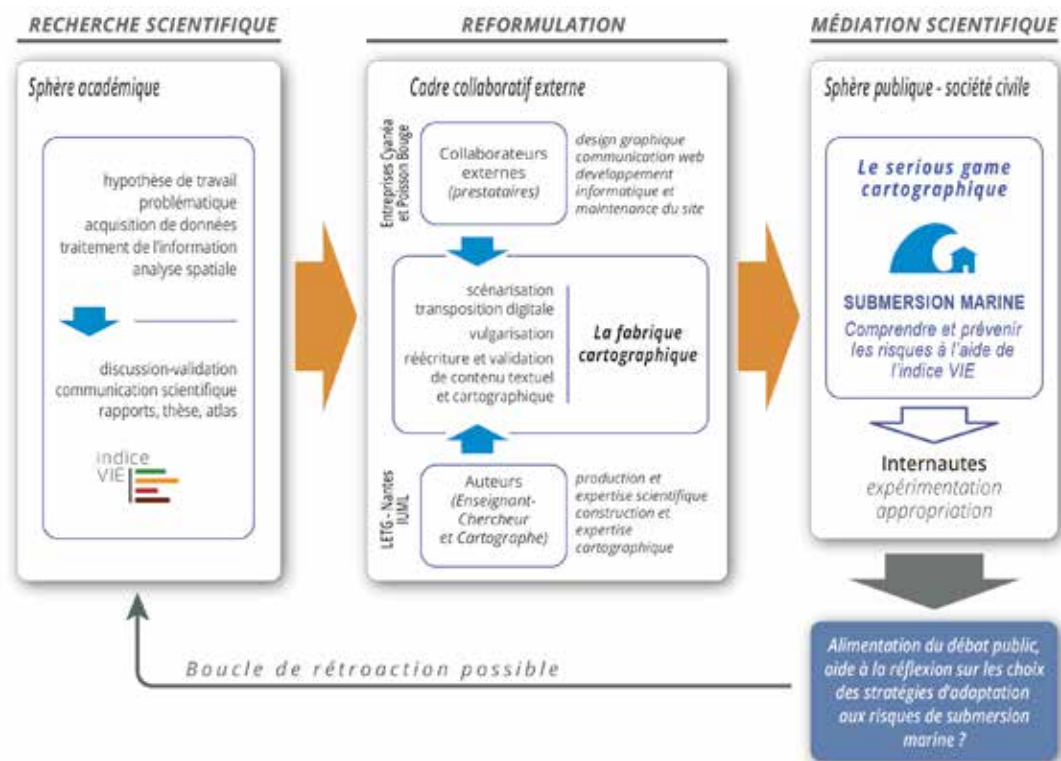


Figure 6 : La fabrique cartographique au sein du processus de construction du serious game

de menus déroulants, liens cliquables, actionnement de boutons) ont été programmés directement dans le codage du site.

Perspectives pour la valorisation du site

A ce jour, le site connaît une fréquentation mensuelle d'environ une trentaine d'utilisateurs. C'est peu mais cela doit être rapporté au peu de communication qui a été fait sur l'édition du site, notamment à l'échelon local.

Ce travail de communication gagnerait à être effectué, en association étroite avec la commune de La Guérinière et la communauté de communes de l'île de Noirmoutier. Néanmoins, les échéances, notamment électorales, depuis le lancement du site, n'ont pas permis de profiter d'un contexte propice à cette démarche.

Néanmoins, le site en lui-même permet déjà une audience différente pour un travail qui reste pour le moment principalement académique. Il peut servir de portée à connaissance pour une méthodologie qui pourrait s'avérer utile dans le cadre de Programmes d'Actions et de Prévention des Inondations (PAPI) ou pour l'élaboration d'une stratégie globale de gestion du risque d'inondation déclinée à l'échelle territoriale.

Ce point, couplé à la perspective qu'offre le site en matière de sensibilisation sur les différentes stratégies d'adaptation, sont les éléments que l'on peut mettre en avant pour un résultat qui ne devrait pas connaître d'évolutions significatives à l'avenir. En effet, le choix de centrer sa réalisation sur l'aspect graphique et sur une superposition de couches spatialisées laisse peu de marge de manœuvre pour intégrer d'autres territoires au simulateur. En cela, il se différencie d'un SIG en ligne en proposant avant tout un objet de communication plutôt que de partage de données.

Conclusion

Le travail présenté est la valorisation graphique, à destination du grand public, d'un travail de recherche sur l'évaluation de la vulnérabilité des constructions résidentielles face au risque de submersion marine. Centré sur une production cartographique abondante, ce travail a permis de décomposer les facteurs de vulnérabilité tout en autorisant la comparaison entre différentes stratégies de réduction de cette vulnérabilité et ce d'un point de vue économique. La réalisation d'un site mettant en valeur ces cartes sur un mode didactique permet de rendre plus accessible la recherche sur

laquelle il repose. Cette dimension didactique repose sur le choix d'aller au-delà d'un simple visualisateur cartographique en scénarisant la progression de la démarche scientifique. Le site permet à l'utilisateur d'aborder le risque de submersion marine sur le territoire d'une commune prise à titre d'exemple - La Guérinière, île de Noirmoutier (85) - et d'évaluer les possibilités d'adaptation envisageables. La conclusion du site fournit les clés de compréhension des avantages et des inconvénients qu'offrent les différentes mesures proposées.

L'objectif de ce travail est aussi d'amener à reconsidérer le débat sur l'adaptation des territoires littoraux face à l'élévation du niveau de la mer au-delà de considérations techniques et économiques aux mains de décideurs et gestionnaires locaux ou nationaux et d'impliquer les citoyens/locaux dans la réflexion.

L'exercice de médiation scientifique décrit dans cet article est centré sur une construction cartographique digitale qui n'emprunte pas la voie méthodologique habituelle (recueil d'informations géographiques - structuration de base de données à références spatiales - SIG - visualisateur de couches cartographiques - *web mapping* ou *story map*).

La démarche prend la forme de l'expérimentation d'une fabrique cartographique interactive « directe » dédiée à une large diffusion éditée sur le web (au sein d'un *serious game*). Il s'agit précisément d'un acte de cartographie d'édition qui cherche prioritairement à explorer et à tirer parti des potentialités numériques (ajout d'événements, navigation dans le document, interactivité, animation, etc.) pour leurs atouts en matière de médiation, indépendamment des fonctionnalités des outils de la géomatique et des possibilités techniques offertes par celle-ci.

Cette expérimentation, en forme de chemin de traverse (mais demeurée possible en collaboration avec des compétences externes), appelle plusieurs observations. La figure 7 réalisée sur le mode d'une carte mentale (ou *mind map*) appliquée à notre exemple restitue l'empreinte des phases de transformation et les états transitoires de l'information géographique, de sa captation par la recherche qui l'étudie à la société civile qui la reçoit et peut l'utiliser. L'élaboration de cette figure s'avère réflexive et amène à une remarque sur la production cartographique digitale en général.

Si l'on met en perspective la manière de dresser des cartes chez les géographes depuis la fin des années 1980, le chemin parcouru est considérable. On est passé en quarante ans d'une cartographie réalisée manuellement (à partir de données non informatisées, difficiles

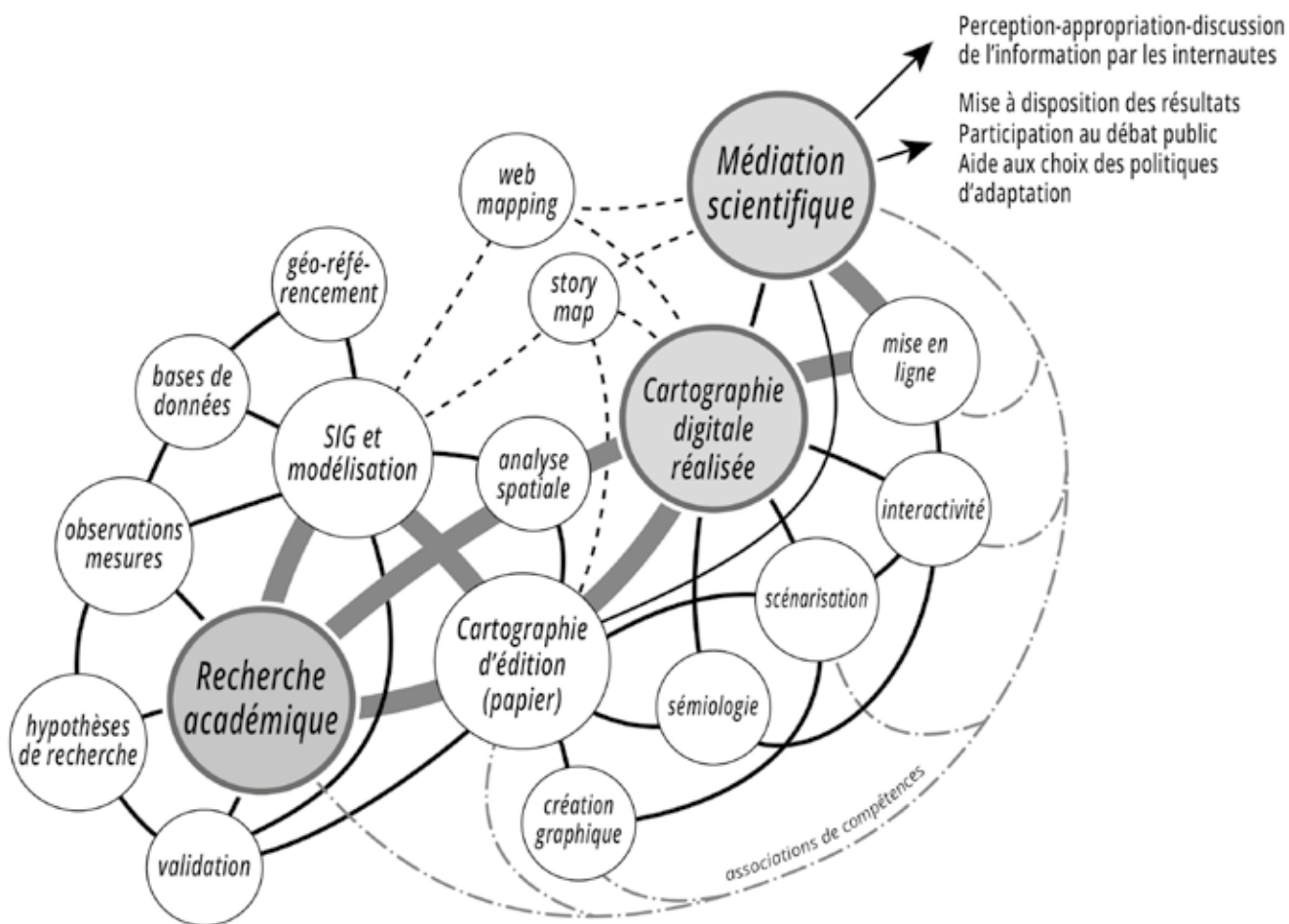


Figure 7 : Schéma heuristique de la fabrique cartographique expérimentée

d'accès, et de fonds de plans à construire entièrement) à des traitements complexes et automatisés grâce à l'essor des outils de la géomatique et leur puissance de calcul.

Pourtant, malgré cette révolution, l'accès facilité aux données et même l'avènement du *big data*, les règles de construction des cartes (choix des modes de représentation, sémiologie graphique, règles de présentation) restent arrimés au traité fondateur de Jacques Bertin (Bertin, 1967) maintes fois repris et relayé par les nombreux ouvrages dédiés à l'usage de la cartographie publiés (de Bord (1984) à Lambert et Zanin, (2016) pour n'en citer que deux).

De manière volontairement caricaturale, notre expérimentation de valorisation, pour atteindre son but, s'est heurtée à deux principaux obstacles l'obligeant à serpenter :

- dans le prolongement du SIG, l'impasse d'un processus très automatisé qui mène presque à marche forcée vers un visualisateur de couches cartographiques et reste peu adapté à la

communication d'un raisonnement géographique
- à l'opposé, dans une approche de cartographie « classique » moins automatisée et moins contrainte (DAO, CAO), la difficulté pour parvenir à intégrer de l'interactivité à la création graphique, en l'absence d'outils ad hoc, du moins hors des outils familiers du géographe.

En 2012, Gilles Palsky, dans un article sur l'histoire comparée de deux courants de la cartographie théorique depuis les années 1950 (Palsky, 2012) rappelle que dès 1997 « parmi les pistes de recherche, celles de la sémiologie graphique sur écran, d'une part, et animée, d'autre part, [nous] semblent être les plus urgentes » (Laurini et Müller, 1997).

Revisiter la sémiologie à la lumière des possibilités d'interactivité et d'animation graphique et redonner la place au dessin et à la création carto-graphique sous cet angle, libérer le trait et la représentation du carcan du géo-référencement de manière à ré-ouvrir le volet heuristique et réflexif de la fabrique cartographique manuelle ne serait-il pas toujours d'actualité ? L'expérience menée ici nous y invite.

Bibliographie

- Bertin J., (1967), *Sémiologie graphique. Les diagrammes. Les réseaux. Les cartes*, Paris, Mouton et Gauthier-Villars.
- Bord J.-P., (1984), *Initiation Géo-Graphique ou comment visualiser son information*, Paris, SEDES.
- Caquard S., Dimitrovass S., (2017), « Story Maps & Co. Un état de l'art de la cartographie des récits sur Internet ». *Mappemonde*, n° 121, http://mappemonde.mgm.fr/121_as1/, consulté le 27/08/2020
- Creach A., (2015), *Cartographie et analyse économique de la vulnérabilité du littoral atlantique français face au risque de submersion marine*. Thèse de doctorat en géographie. Nantes : Université de Nantes.
- Creach A., Pardo S., Guillotreau P., Mercier D., (2015), « The use of a micro-scale index to identify potential death risk areas due to coastal flood surges: lessons from Storm Xynthia on the French Atlantic coast ». *Natural Hazards*, vol. 77, n 3, p. 1679-1710.
- 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*, vol. 117, 13 p.
- Creach A., Pardo S., Mercier D., (2017), « Diagnostic préventif de la vulnérabilité des constructions résidentielles pour leurs occupants face au risque de submersion marine appliqué à l'île de Noirmoutier (Vendée, France) ». *Vertigo*. vol. 17, <http://vertigo.revues.org/18457>, consulté le 27/08/2020
- Devaux E., Désiré G., Boura C., et al. (2012), *La tempête Xynthia du 28 février 2010 – Retour d'expérience en Loire-Atlantique et Vendée, Rapport CETE-Ouest / DREAL Pays-de-la-Loire / DDTM Loire-Atlantique / DDTM Vendée*.
- GIEC, (2019), *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Rapport*, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

- Guiller F., (2015), « Les PAPI : des territoires et des stratégies pour la prévention des inondations », Actes du 11ème colloque *Géorisque*. Montpellier, 2015.
- Hallegatte S., Green C., Nicholls R. J., Corfee-Morlot J., (2013), "Future flood losses in major coastal cities". *Nature Climate Change*. vol. 3, n°9, p. 802-806.
- Klein R. J. T., Nicholls R. J., Ragoonaden S., *et al.*, (2001), "Technological Options for Adaptation to Climate Change in Coastal Zones". *Journal of Coastal Research*. vol. 17, n 3, p. 531-543.
- Lambert .N., Zanin C., (2016), *Manuel de cartographie. Principes méthodes, applications*, Paris, Armand Colin (Coll. « Coursus »).
- Laurini R., Muller J.-C., (1997), « La Cartographie de l'an 2000 ». *Revue internationale de géomatique*, vol. 7, n°1, p. 97-106.
- MEDDE, (2012), *Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte - Vers la relocalisation des activités et des biens. Rapport*, Paris, Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.
- Mercier D., Chadenas C., (2012), « La tempête Xynthia et la cartographie des « zones noires » sur le littoral français : analyse critique à partir de l'exemple de La Faute-sur-Mer (Vendée) ». *Norois*. vol° 222, n°1, p. 45-60.
- Mineo-Kleiner L, (2017), *L'option de la relocalisation des activités et des biens face aux risques côtiers : stratégies et enjeux territoriaux en France et au Québec*. Thèse de doctorat en géographie. Brest : Université de Bretagne Occidentale.
- SOGREAH, (2010), *Éléments de mémoire sur la tempête Xynthia du 27 et 28 Février 2010 en Charente-Maritime. Rapport*, Préfecture de la Charente-Maritime / DDTM 17.
- Palsky G., (2012), « Map Design vs Sémiologie graphique : Réflexions sur deux courants de la cartographie théorique ». *Cartes & géomatique*, n°212, p. 7-12
- Vinet F., (2010), *Le risque inondation. Diagnostic et gestion*. Paris, Lavoisier (Tec & Doc).
- Vinet F., Boissier L., Defossez S., (2011), « La mortalité comme expression de la vulnérabilité humaine face aux catastrophes naturelles : deux inondations récentes en France (Xynthia, Var, 2010) ». *VertigO*. vol. 11, n°2, <http://vertigo.revues.org/11074>, consulté le 27/08/2020