



HAL
open science

Une méthode de suivi de la vulnérabilité systémique à l'érosion et la submersion marines

Catherine Meur-Ferec, Iwan Le Berre, Lucie Cocquempot, Elisabeth Guillou, Alain Hénaff, Thibaud Lami, Nicolas Le Dantec, Pauline Letortu, Manuelle Philippe, Camille Noûs

► To cite this version:

Catherine Meur-Ferec, Iwan Le Berre, Lucie Cocquempot, Elisabeth Guillou, Alain Hénaff, et al.. Une méthode de suivi de la vulnérabilité systémique à l'érosion et la submersion marines. *Développement durable et territoires*, 2020, 11 (1), 10.4000/developpementdurable.16731 . hal-03434401

HAL Id: hal-03434401

<https://hal.science/hal-03434401>

Submitted on 18 Nov 2021

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.

Développement durable et territoires

Économie, géographie, politique, droit, sociologie

Vol. 11, n°1 | Avril 2020 :

Écologisation des pratiques et territorialisation des activités

Varia

Une méthode de suivi de la vulnérabilité systémique à l'érosion et la submersion marines

A method for monitoring systemic vulnerability to marine erosion and sea-flooding

CATHERINE MEUR-FEREC, IWAN LE BERRE, LUCIE COCQUEMPOT,
ÉLISABETH GUILLOU, ALAIN HENAFF, THIBAUD LAMI, NICOLAS LE
DANTEC, PAULINE LETORTU, MANUELLE PHILIPPE ET CAMILLE
NOÛS

<https://doi.org/10.4000/developpementdurable.16731>

Résumés

Français English

Le phénomène de littoralisation du peuplement et des activités, associé à la mobilité intrinsèque des côtes et au contexte de changement climatique, tend à accroître la vulnérabilité des territoires côtiers. Cet article propose, d'une part, une approche interdisciplinaire renouvelée du concept de vulnérabilité permettant de dépasser la dichotomie nature/société. D'autre part, il présente une méthode intersectorielle chercheurs-gestionnaires de construction d'une série d'indicateurs de suivi des quatre composantes de la vulnérabilité systémique (aléa, enjeux, gestion et représentations). Ces indicateurs préfigurent un observatoire intégré, à la fois source de données pour la recherche, et au service des politiques publiques pour les territoires côtiers.

Coastal development, combined with the intrinsic mobility of coasts and the context of climate change, tends to increase the vulnerability of coastal territories. This article proposes, on one hand, a renewed interdisciplinary approach to the concept of vulnerability allowing to

overcome the nature/society dichotomy. On the other hand, the paper presents an intersectoral researchers-managers approach to build a series of indicators to monitor the four components of systemic vulnerability (hazards, stakes, management and representations). These indicators lay the ground for an integrated observatory, source of data for research as well as to inform decisions regarding the adaptation of coastal territories.

Entrées d'index

Mots-clés : risques côtiers, érosion, submersion, vulnérabilité, interdisciplinarité, intersectorialité, indicateurs, adaptation, observatoire

Keywords : coastal risks, erosion, sea-flooding, vulnerability, interdisciplinary, intersectorality, indicators, adaptation, observatory

Texte intégral

Les auteurs tiennent à remercier tous leurs collègues, les étudiants-stagiaires et les gestionnaires qui, depuis une quinzaine d'années et sur l'ensemble du littoral français, ont travaillé avec eux sur la vulnérabilité systémique. Ils remercient également les financeurs des programmes de recherche qui ont permis d'avancer sur cette question : l'ANR (Projet-ANR-10-CEPL-0001Cocorisco), la Fondation de France et la DREAL Bretagne.

- 1 Même si les incertitudes demeurent sur le rythme et l'ampleur de l'élévation du niveau marin en lien avec le changement climatique, les tendances se confirment vers une augmentation des aléas côtiers d'érosion et de submersion (Giec, 2018). Parallèlement, la littoralisation du peuplement continue à s'intensifier à l'échelle mondiale (Neumann *et al.*, 2015), créant ainsi toujours plus d'enjeux exposés aux aléas. Dans ce contexte, on assiste depuis deux décennies environ à une montée des préoccupations sociétales face aux questions de risques côtiers, et à une demande accrue des pouvoirs publics en matière d'outils de diagnostic, de suivi et d'aide à la décision. En France, cette demande est nettement plus marquée depuis l'événement dramatique de la tempête *Xynthia* en 2010 qui a fait 47 morts sur la côte atlantique (Vinet *et al.*, 2012). Ce drame a déclenché l'élaboration d'une Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte (Medde, 2012) qui s'articule sur le littoral avec la Stratégie nationale de gestion des risques d'inondations (2014). Une réflexion gouvernementale est actuellement en cours sur la faisabilité d'une « *recomposition spatiale des territoires littoraux* » pour une gestion durable des côtes urbanisées dans un contexte de changement climatique (CGEDD, 2019).
- 2 Face à cette demande, force est de constater que les savoirs en matière de risques d'érosion et de submersion sont encore trop fragmentés. Sciences de la nature et sciences humaines et sociales ont encore trop peu croisé leurs savoirs et leurs méthodologies sur ces questions pour fournir des données synthétiques facilement lisibles par les décideurs et les citoyens, et facilement utilisables pour éclairer les décisions publiques. Une des principales difficultés qu'éprouvent les différentes disciplines à dialoguer entre elles (voire au sein de chacune d'elles) concerne la notion de « vulnérabilité ». Polysémique et souvent considérée uniquement comme la composante sociale du risque, cette notion ne rend pas les services que l'on pourrait en attendre en matière de synthèse des connaissances et d'aide à la prise de décisions. C'est pourquoi dans cet article, nous nous fondons sur le concept de « vulnérabilité systémique » (Meur-Ferec *et al.*, 2008) qui intègre tous les facteurs (naturels, économiques, politiques, sociaux) de fragilité d'un territoire côtier.
- 3 Alors que la vulnérabilité systémique n'était jusqu'à présent utilisée que de façon statique, comme outil de diagnostic d'un territoire (Hénaff et Philippe (dir), 2014), nous proposons dans le cadre du projet de recherche Osirisc¹ une méthodologie pour

suivre son évolution. Par un travail interdisciplinaire et intersectoriel entre chercheurs et gestionnaires, nous avons mis au point une série d'indicateurs de suivi de la vulnérabilité systémique. Cet outil a une double finalité, à la fois d'avancée pour la recherche, et d'aide à la décision pour les acteurs des politiques publiques. Il préfigure un observatoire de la vulnérabilité systémique aux risques côtiers.

1. Pour une approche intégrée et élargie de la vulnérabilité

1.1. La vulnérabilité, un terme très usité et qui reste polysémique

- 4 L'analyse de la littérature montre en premier lieu qu'un consensus est loin d'être établi en ce qui concerne la vulnérabilité. Le vaste état de l'art qui y est consacré en témoigne (Delor et Hubert, 2000 ; Eakin et Luers, 2006 ; Gallopín, 2006 ; Gilbert, 2009 ; Nicholls et Hoozemans, 2005 ; Turner *et al.*, 2003 ; Wismer, 2016 pour ne citer que ceux-ci), de même que la diversité des approches conceptuelles présentées et justifiées par les auteurs. Thywissen (2006), par exemple, identifie 36 définitions de la vulnérabilité ! L'usage de cette notion de vulnérabilité s'est en outre fortement développé depuis une vingtaine d'années dans les publications concernant les impacts du changement climatique (Adger, 2006 ; Birkmann et Welle, 2015 ; Gornitz, 1990 ; Kasperson, *et al.*, 2005 ; Mangan, 2009 ; Klein et Nicholls, 1999 ; Nguyen *et al.*, 2016 ; Turner *et al.*, 2003...). Même dans le champ restreint de la vulnérabilité des zones côtières, la diversité des usages de ce terme a incité le ministère chargé de l'Environnement à commander au BRGM une synthèse bibliographique internationale sur la question (Romieu et Vinchon, 2009).
- 5 Cette dimension polysémique résulte du fait que ces définitions ont été élaborées simultanément dans différents champs disciplinaires (Thywissen, 2006). En matière de risques « naturels », on est passé, à la charnière des années 1980-1990, d'une conception très aléa-centrée, à une approche par la vulnérabilité, plus orientée sur les dimensions sociales prenant en compte les facteurs structurels et fonctionnels des sociétés exposées aux aléas (Becerra, 2012 ; Foucher, 1982 ; Morel *et al.*, 2006 ; Léone et Vinet, 2006 ; Veyret et Reghezza, 2006). La vulnérabilité n'est d'ailleurs pas qu'une notion « négative » (Gallopín, 2006 ; Provitolo, 2012), car elle intègre aussi des facteurs atténuateurs. Elle fait en effet référence à la capacité de réaction des territoires face aux aléas, ainsi qu'à leur capacité d'adaptation à plus long terme (Birkmann et Welle, 2015). C'est pourquoi certains auteurs (Balica *et al.*, 2012 ; Turner *et al.*, 2003) intègrent à la vulnérabilité une composante organisationnelle (gouvernance, modalités de gestion, etc.) qui détermine notamment la résilience du système.
- 6 Enfin, la vulnérabilité est propre à chaque territoire, intimement liée à son histoire, à son utilisation et à sa population (Barnett *et al.*, 2008 ; Turner *et al.*, 2003). Parce qu'elle est située socialement, elle ne peut être une notion universelle, décrite par une méthode unique reposant sur une seule formule (Barnett *et al.*, 2008). Gallopín (2006) souligne d'ailleurs que, plutôt que de cultiver l'illusion d'une approche conceptuelle unique applicable à tous les territoires et à toutes les échelles, l'essentiel réside dans l'adoption de compromis locaux satisfaisants du point de vue scientifique comme opérationnel. Il rejoint en cela l'approche géographique promue par Cutter *et al.* (2003) à travers son concept de vulnérabilité du lieu (*Place-based approach*).
- 7 Les diverses approches de la vulnérabilité peuvent être vues comme complémentaires pour évaluer la complexité du concept et de ses relations avec l'éco-

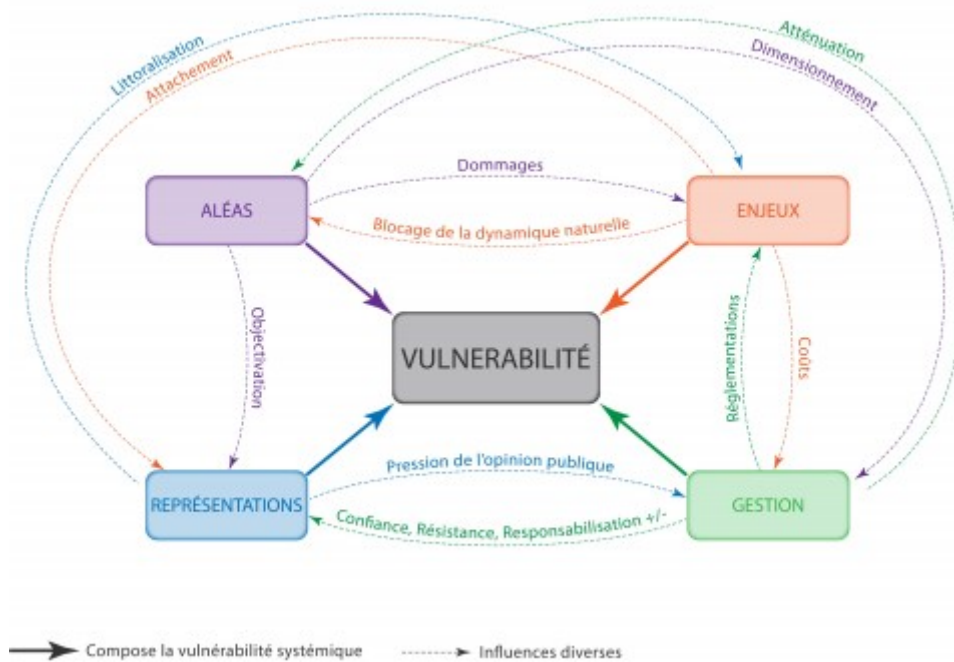
socio-système (Eakin et Luers, 2006). Dans cet esprit, il convient donc de privilégier des approches pragmatiques, reposant sur les caractéristiques et les problématiques des territoires considérés, en choisissant un cadre conceptuel clair et une terminologie partagée et comprise par tous les acteurs concernés.

1.2. La vulnérabilité systémique, interdisciplinaire et intersectorielle

8 Parmi ce foisonnement d'usages de la notion de vulnérabilité, nous proposons une approche de ce que nous appelons la « vulnérabilité systémique » aux risques côtiers de submersion-érosion (Meur-Ferec *et al.*, 2003, 2008 ; Hénaff et Philippe (dir.), 2014 ; Nichols *et al.* 2019). Notre approche se nourrit bien sûr des travaux précédents, en particulier de ceux de D'Ercole (1994), qui définit la vulnérabilité des sociétés à travers leur capacité de réponse à des crises potentielles, capacité qui dépend de facteurs conjoncturels (l'aléa) et structurels (contexte social, économique, culturel, fonctionnel, institutionnel). Une des particularités de notre démarche consiste donc à considérer les aléas comme une partie intégrante de la vulnérabilité, alors qu'ils sont généralement étudiés à part. Cette séparation aléas-vulnérabilité, qui reste encore très présente dans la recherche, s'explique par l'histoire des sciences naturelles, techniques et sociales, mais elle demande aujourd'hui à être dépassée (Gilbert, 2009 ; Hellequin *et al.*, 2013). Intégrer les aléas dans la vulnérabilité permet d'éviter « *une lecture manichéiste et naïve du couple aléa et vulnérabilité (opposant nature d'une part et culture de l'autre)* » (D'Ercole et Pigeon, 2000).

9 Dans cette acception, la vulnérabilité devient non plus le paramètre social du risque, mais une résultante, exprimant la fragilité d'un territoire dans son ensemble. La vulnérabilité en tant que système résulte ainsi de la combinaison de quatre composantes interdépendantes (figure 1). De manière tout à fait classique, les *aléas* (1) (ici l'érosion côtière et la submersion marine) sont des processus d'origine plus ou moins naturelle susceptibles d'endommager ou de détruire les *enjeux* (2) qui leur sont exposés. Les enjeux regroupent les personnes, les biens et les activités qu'abrite un territoire exposé à l'aléa. Ces deux composantes permettent de définir le risque, mais sont insuffisantes pour évaluer la vulnérabilité. Deux autres composantes sont donc prises en compte. La *gestion* (3) du risque regroupe les politiques publiques de protection, de prévention, de gestion de crise et leur application par les acteurs de la gouvernance sur le terrain. Et les *représentations* (4) rendent compte de la relation au risque des populations présentes sur le territoire concerné (sensibilité au risque, relation au lieu, préférences d'adaptation, compréhension et acceptabilité des politiques de gestion...). Cette composante « représentations » a longtemps été négligée dans les études sur les risques, mais son importance a été dramatiquement soulignée en France par la catastrophe de la tempête *Xynthia* (Hellequin *et al.*, 2013).

Figure 1. La vulnérabilité systémique à un moment T



Source : modifié d'après Meur-Ferec *et al.*, 2008

10 Ces quatre composantes se combinent pour constituer la vulnérabilité systémique d'un territoire à un moment T (Meur-Ferec *et al.*, 2008). Il est possible d'entrer dans le système par n'importe quelle composante ; l'important étant d'étudier les quatre et de tenir compte de leurs apports respectifs à la constitution de la vulnérabilité (figure 1, flèches pleines). Tout d'abord, aléas et enjeux sont des composantes primordiales, car constitutives du risque : en l'absence de l'une ou de l'autre il n'y aurait pas de risque, donc peu d'intérêt à évaluer la gestion et les représentations. Dans la même logique, ces deux composantes influencent de façon tout à fait déterminante le diagnostic global de vulnérabilité : si l'aléa est faible et les enjeux peu nombreux, une moindre sensibilité des populations au risque et une gestion qui en tient peu compte ont beaucoup moins d'importance que si l'on était en présence d'un risque élevé. Aléas et enjeux accroissent clairement la vulnérabilité. La gestion, quant à elle, va en principe dans le sens de la réduction de la vulnérabilité (même si une gestion inappropriée peut avoir des effets négatifs). L'influence des représentations sur la vulnérabilité est beaucoup plus délicate à saisir ; elle peut contribuer à l'augmenter ou à la diminuer. Enfin, les quatre composantes sont largement interdépendantes (figure 1, flèches pointillées). Par exemple, la gestion influence les enjeux en réglementant les constructions dans les zones exposées ; les représentations de la côte comme lieu de vie privilégié influencent les enjeux en accroissant la littoralisation du peuplement ; les aléas influencent la gestion en conditionnant les choix et le dimensionnement des aménagements de protection, etc.

11 L'approche par la vulnérabilité systémique implique donc une analyse multicritère. Elle permet aussi de déconstruire la vulnérabilité systémique d'un territoire et de pointer, par exemple, les composantes contribuant le plus à la vulnérabilité globale. Selon les territoires, il peut s'agir de forts aléas (fort recul du trait de côte, zones basses exposées, etc.), d'une concentration élevée d'enjeux sur la frange côtière (habitations, installations conchylicoles, etc.), d'une faible prise en compte du risque dans les documents d'urbanisme, ou (et) encore de l'absence d'intérêt des habitants, etc.

12 En raison du large spectre de compétences nécessaires pour traiter de la vulnérabilité systémique, cette approche implique obligatoirement l'interdisciplinarité, et même une interdisciplinarité « étendue » (Jollivet, 1992), associant sciences de la nature (physique, géologie, géographie, etc.) et sciences de la société (géographie, économie, droit, psychologie, sociologie, etc.). La vulnérabilité systémique permet de sortir de la dichotomie nature-société en inscrivant la

vulnérabilité au sein de l'écoumène. On conçoit que la géographie, à l'interface entre sciences naturelles et sociales, puisse y jouer le rôle de « science du milieu » (Berque, 1996).

13 En sus de cette cohérence conceptuelle, la vulnérabilité systémique implique une approche intersectorielle, liant milieux « académiques » et « professionnels ». Elle requiert, en effet, l'ouverture de la recherche à la sphère des praticiens, gestionnaires des territoires, et permet une double finalité de recherche et de gestion. Les gestionnaires du risque (services de l'État, élus, services techniques des collectivités territoriales, etc.) sont à la fois pourvoyeurs de connaissances alimentant les composantes de la vulnérabilité, mais aussi utilisateurs des résultats de l'analyse systémique. Cette approche intégrée a pour ambition d'éclairer les décisions politiques pour agir sur la vulnérabilité en définissant, par exemple, des priorités pour les interventions à court et moyen termes, des choix pour une gestion stratégique et durable des territoires côtiers.

14 Nous avons progressivement développé ce concept de vulnérabilité systémique dans plusieurs projets de recherche (Pnec² 2002-04, ANR Miseeva³ 2008-11, ANR Cocorisco⁴ 2011-2013), mais jusqu'à présent uniquement de façon statique, comme un outil de diagnostic territorial à un moment donné. Or nous savons que, d'un point de vue temporel, le système de vulnérabilité est éminemment dynamique : chacune de ses composantes, et des variables les constituant possède sa trajectoire propre, avec une temporalité, des séquences, et des impulsions différentes (Gallopain, 2006 ; Magnan, 2018). Un suivi temporel de leurs évolutions par des évaluations régulières permettra donc d'améliorer leur connaissance et d'éclairer les stratégies de gestion. Afin d'y parvenir, nous avons développé, dans le cadre du projet Osirisc⁵ (2016-20), et en étroite collaboration avec des gestionnaires, une méthode fondée sur des indicateurs de suivi de la dynamique des quatre composantes de la vulnérabilité systémique.

2. Une méthode interdisciplinaire et intersectorielle pour construire un outil de suivi de la vulnérabilité systémique

15 En tant que notion complexe, la vulnérabilité ne peut être mesurée directement, parce qu'elle émane d'une construction sociale autant que d'une « réalité » objective (Kienberger *et al.*, 2009 ; Morrow, 1999). Elle requiert la construction d'un ensemble de variables thématiques permettant d'en décrire les différentes composantes, puis leur combinaison, notamment sous forme d'indices (Barnett *et al.*, 2008 ; Cutter *et al.*, 2000 ; McLaughlin et Cooper, 2010 ; Preston *et al.*, 2011). Les variables étant produites à partir de métriques variées, collectées sur le terrain ou extraites de différentes bases de données, elles doivent être rapportées à un référentiel commun permettant de les comparer et de les analyser conjointement. Les variables deviennent alors des indicateurs. La recherche d'indicateurs pertinents et opérationnels pour établir un diagnostic et un suivi de vulnérabilité est donc la première étape indispensable d'une démarche systémique de gestion durable des risques côtiers (Barnett *et al.*, 2008 ; Meur-Ferec *et al.*, 2009).

16 Les aléas sont plutôt bien pourvus en moyens de suivi et d'indicateurs. L'inventaire des différents observatoires du trait de côte en France réalisé par le BRGM (Bulteau *et al.*, 2011) a montré l'existence de 52 opérations de suivi du trait de côte aux caractéristiques très variées. Plus récemment, l'état des lieux réalisé dans le cadre du projet Osirisc+ (Cocquempot, *et al.*, in prep) dénombre 69 « structures d'observation » du littoral aux motivations très diverses. Ce foisonnement d'initiatives a même incité le ministère de la Transition écologique et solidaire à

impulser, en 2017, la création d'un Réseau national des observatoires du trait de côte.

- 17 Mais il n'en est pas de même pour l'évolution des autres composantes de la vulnérabilité systémique, qui ne disposent pas de méthodes et d'outils équivalents. En ce sens, déterminer des indicateurs de suivi pertinents pour les *enjeux*, la *gestion* et plus encore les *représentations* (qui s'y prêtent mal) constitue un défi conceptuel et méthodologique.

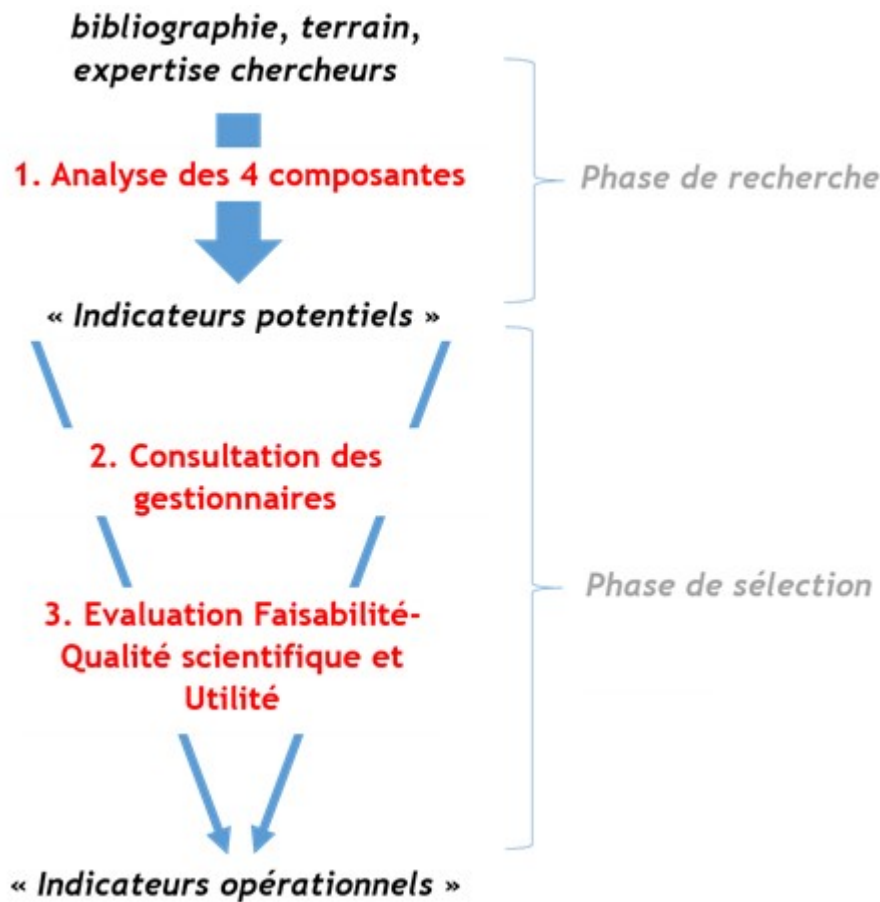
2.1. Un cadre méthodologique commun

- 18 Nous avons opté pour un cadre méthodologique commun à toutes les composantes et toutes les disciplines impliquées dans la recherche. Notre travail s'est appuyé sur des bibliographies méthodologiques disciplinaires, du travail de terrain, et une étroite collaboration avec le comité de suivi du projet Osirisc constitué de gestionnaires des risques côtiers (services de l'État et collectivités territoriales).

- 19 Il s'est agi dans un premier temps de sélectionner des variables, quantitatives ou/et qualitatives, qui serviront d'indicateurs et sont représentatives des différentes composantes. Sans occulter les interrelations entre les composantes mises en évidence sur la figure 1, il a été fait le choix de développer des indicateurs indépendants entre eux permettant, dans une deuxième étape, d'explorer les combinaisons d'indicateurs afin de générer des indices pertinents. Ainsi, par exemple, les enjeux sont considérés isolément des aléas, et c'est leur combinaison qui peut fournir un indice de risque. Ce choix est lié aussi à la dimension dynamique donnée au travail : une population actuellement non touchée par un aléa n'est pas à risque, mais l'évolution des aléas ou des enjeux pourrait conduire à un risque à venir. Il s'agit donc de ne pas obérer les usages scientifiques et opérationnels futurs de l'observatoire proposé. Par ailleurs, et contrairement à des approches sectorielles, comme l'exposition du bâti résidentiel et de ses habitants à l'érosion côtière ou à la submersion (Juigner *et al.*, 2017 ; Créach *et al.*, 2015), nous cherchons à intégrer toutes les dimensions de la vulnérabilité des territoires côtiers à l'érosion et la submersion marine. Une des difficultés rencontrées a donc été de réduire le nombre de variables de façon à obtenir un outil robuste, mais qui reste opérationnel pour les gestionnaires qui seront amenés à les renseigner en partie.

- 20 Le travail se décompose en plusieurs étapes (figure 2) : un premier inventaire (1) par composante a été mené à partir de recherches bibliographiques sur les indicateurs et de l'expertise des chercheurs impliqués. À ce stade, nous avons par exemple obtenu près de 90 « indicateurs potentiels » pour la seule composante de la gestion. Le danger de créer un outil scientifiquement solide, mais opérationnellement inutilisable était présent. Un premier tri (2) et parfois des compléments ont été ensuite réalisés en s'appuyant notamment sur la consultation des gestionnaires. Puis des choix (3) ont été faits par les chercheurs sur des critères à la fois de robustesse scientifique et d'utilité opérationnelle, tenant notamment compte de l'exhaustivité, de la précision, de l'accessibilité, etc. de la donnée.

Figure 2. Les étapes de la méthode de construction des indicateurs



Source : modifié d'après Quillet *et al.*, 2019

21 Finalement les 62 « indicateurs opérationnels » obtenus sont donc issus d'un processus d'échanges conceptuels et méthodologiques, à la fois entre les chercheurs de différentes disciplines, mais aussi par expertise croisée entre chercheurs et gestionnaires (Kienberger *et al.*, 2009 ; Papatoma-Köhle *et al.*, 2016). Ils sont le fruit de compromis entre la complexité du système de vulnérabilité et le temps nécessaire à la collecte répétée et au traitement de données de sources et de natures très hétérogènes. Ils reflètent également un compromis entre cette complexité et la clarté, l'utilité, l'accessibilité et l'acceptabilité sociale de l'information générée.

22 Une fois les indicateurs sélectionnés, le calibrage vise à transformer la donnée brute hétérogène, celle qui a été mesurée, recueillie sur le terrain ou collectée dans une base de données, en une donnée hiérarchisée. Pour parvenir à homogénéiser des données quantitatives et qualitatives, exprimées dans des unités différentes (distances, surfaces, effectifs, proportions, avis, etc.), le choix a été fait de les ordonner par une cotation en cinq classes, si possible en fonction de l'action de l'indicateur sur la vulnérabilité globale. Selon la nature de la donnée brute, ces classes peuvent être délimitées par des méthodes statistiques, arithmétiques ou empiriques. Lorsque les variables sont quantitatives et présentent une distribution normale, l'usage de quantiles est préconisé. Calculés à partir de l'ensemble des données de la zone d'étude, ils permettent de préserver à la fois la distribution de la donnée source et de mettre en exergue les valeurs extrêmes. Lorsque le nombre de données est limité, les méthodes de discrétisation statistique sont peu pertinentes : par exemple, le nombre de monuments historiques et architecturaux classés (pour les enjeux). L'observation des données (seuils naturels) permet alors de déterminer empiriquement les bornes des classes. Enfin, lorsque les variables sont qualitatives (comme souvent dans la composante gestion par exemple), la définition de cotes de 1 à 5 est opérée à dire d'experts par les chercheurs, en association avec les praticiens.

23 Enfin, deux dimensions sont essentielles à l'opérationnalisation de tous les indicateurs de suivi : l'espace et le temps. L'échelle spatiale à laquelle sont renseignés les indicateurs peut varier selon les composantes, mais il est nécessaire de définir la

dimension de l'entité élémentaire adoptée pour présenter les indicateurs (granularité). C'est une maille élémentaire de 200 x 200 m qui est retenue pour les composantes aléas et enjeux. Cette maille étant peu adaptée à la gestion et aux représentations, les données sont agrégées à l'échelle communale pour ces deux composantes. L'échelle temporelle, correspondant au pas de temps de répétition des mesures et enquêtes, est spécifiée pour chaque indicateur en fonction de sa plus ou moins grande variabilité temporelle.

2.2. Ajustements aux particularités de chaque composante

- 24 La variété des composantes et des disciplines impliquées entraîne des ajustements de la méthode de construction des indicateurs selon les composantes.

2.2.1. Aléas

- 25 Les indicateurs d'aléa sont construits en s'appuyant sur la littérature nationale et internationale, relativement abondante pour cette composante (par exemple, Gornitz, 1991 ; Abuodha et Woodroffe, 2010 ; Hegde et Reju, 2007 ; Martínez-Grana *et al.*, 2016 ; Cerema, 2017). Les valeurs de références au niveau national pour l'aléa érosion sont des distances érodées établies par segments de 200 mètres linéaires (dont l'Indicateur national de l'érosion côtière produit par le Cerema). Pour l'aléa submersion, les hauteurs d'eau dans les zones basses pour un niveau marin centennal fournies par le Shom et le Cetmef (2012) sont utilisées. Ces données moyennées sur plusieurs décennies (érosion), ou observées ou modélisées (submersion) permettent de définir l'amplitude de chaque aléa et de produire les cinq classes de sévérité de chacun d'eux. En ce qui concerne la granularité, les mesures de l'érosion s'effectuent sur des points de référence, le long de transects ou sur des portions de littoral présentant une homogénéité morpho-sédimentaire et/ou hydro-sédimentaire. Sur le terrain, les mesures sont réalisées selon les protocoles mis en place dans de nombreux observatoires côtiers, par topographie, acquisitions de photographies géolocalisées au sol, ou encore par utilisation d'applications pour smartphone telles que Rivages et Crisi (Cerema). L'aléa submersion est mesuré lorsqu'il survient. Il fait alors l'objet de mesures de hauteurs d'eau dans la zone d'extension selon des procédures adaptées de protocoles existants (Cerema, 2017). Ces données ponctuelles sont ensuite affectées à une maille de 200 mètres. Cette maille offre l'intérêt de son indépendance vis-à-vis du découpage administratif, fondamental pour les données naturalistes de cette composante.

- 26 Le calibrage de 1 à 5 est réalisé selon le principe que plus la sévérité des aléas est importante (distance érodée, hauteur de submersion), plus la valeur des indicateurs se rapproche de 5. Logiquement, et toutes choses égales par ailleurs, l'augmentation des aléas accroît le risque et donc la vulnérabilité.

2.2.2. Enjeux

- 27 Les données sur les enjeux sont en France de plus en plus riches et accessibles via l'information géographique de référence (RGE IGN, référentiel cadastral de la DGFIP, données carroyées de l'Insee, etc.). Cela permet de réduire le recours généralement très chronophage au terrain, mais aussi d'accéder à des descripteurs peu ou non visibles sur le terrain (surface habitable, matériaux, etc.). Toutefois, le terrain reste indispensable pour décrire certains attributs qui ne sont pas inclus dans ces bases de données (présence d'une ouverture sur le toit, surélévation, présence

d'étage refuge, etc.) et doivent donc être collectés sur place, ce qui peut imposer de longs travaux d'enquête. À ce niveau, les partenariats avec les collectivités locales et les services de l'État sont précieux, d'autant plus que les collectivités produisent ces données à des fins opérationnelles, ce qui tend à améliorer leur qualité et leur mise à jour, et qu'elles bénéficient d'une légitimité territoriale qui rend la collecte de données individuelles acceptable aux yeux des habitants concernés.

28 Les référentiels d'information géographiques permettent de produire la plupart des indicateurs à une granularité fine, intéressante pour nos indicateurs, tout en les rendant reproductibles aux échelles régionale ou nationale. Mais, s'il est souhaitable de décrire les enjeux avec la meilleure précision possible, il est en contrepartie indispensable de garantir la confidentialité des données individuelles (statut de l'habitat : principal ou secondaire, caractéristiques des occupants, etc.) ; leur accès est soumis à des conditions légales (Cnil). C'est la raison pour laquelle l'Insee diffuse désormais les données du recensement à travers ses données carroyées à la granularité de 200 mètres. De plus, certaines données possèdent une valeur stratégique qui peut rendre leur diffusion sensible. Ainsi, une représentation agrégée à la maille de 200 mètres permet de renseigner ces indicateurs, tout en préservant la confidentialité des données détaillées. Cette maille de 200 mètres étant aussi la maille de base retenue pour les aléas, elle permet un croisement aisé de ces deux composantes pour déterminer le risque.

29 En termes de calibrage, plus il y a d'enjeux, plus la cote sera proche de 5. Comme pour les aléas, une augmentation des enjeux entraîne, toutes choses égales par ailleurs, une augmentation des risques et donc de la vulnérabilité.

2.2.3. Gestion

30 Les indicateurs de gestion sont renseignés en partie à l'aide de données disponibles sur internet (PPR⁶, Papi⁷, etc.), et en partie par enquête sur le terrain auprès des services de l'État et des collectivités territoriales.

31 Une des particularités de cette composante est qu'elle touche directement au travail des gestionnaires qui, plus que pour les autres composantes, sont à la fois producteurs de données et utilisateurs finaux. Une étroite collaboration avec eux est donc nécessaire pour construire les indicateurs. Le tri et le calibrage des indicateurs se font en concertation mais ne sont pas toujours le résultat d'un consensus, tant les positions des uns et des autres peuvent différer sur l'intérêt ou la signification d'un indicateur (Quillet *et al.*, 2019). En effet, les positions des gestionnaires ne sont pas homogènes, souvent des divergences apparaissent entre services de l'État et collectivités territoriales. En cas de désaccord entre gestionnaires, certaines décisions ont été prises à dire d'expert par les chercheurs. Par exemple, le fait de prélever la taxe Gemapi⁸ nous apparaît comme un progrès vers la responsabilisation des acteurs locaux et donc la réduction de la vulnérabilité, alors que pour certaines collectivités locales, il s'agit davantage d'un signe de désengagement de l'État, accroissant les inégalités territoriales.

32 Un point de vigilance particulier à la composante gestion est le fait que les gestionnaires ne doivent pas se sentir évalués par les chercheurs. Il ne s'agit pas de juger la qualité de leur travail, mais de situer l'avancée du territoire étudié par rapport aux autres, et surtout d'analyser son évolution dans le temps. C'est justement cette trajectoire de gestion qui peut être infléchiée par des leviers politiques ou financiers. Pour cette composante, plus que pour les autres, la connaissance est clairement partagée entre chercheurs et praticiens, entre théories de politiques publiques et réalités de leurs applications sur le terrain.

33 Le calibrage des indicateurs de gestion est inversé par rapport à celui des aléas et des enjeux, en partant du principe que la gestion tend à réduire la vulnérabilité. Ainsi, plus la gestion est considérée « avancée », plus la cote est proche de 5, et donc

plus la vulnérabilité tend à être réduite.

- 34 Quant à l'échelle des indicateurs de gestion, c'est la granularité de la commune qui a été retenue. En effet, c'est le plus petit maillon d'application des politiques publiques, même si l'intercommunalité tend à devenir l'échelle préférentielle d'application de beaucoup d'outils de gestion des risques côtiers.

2.2.4. Représentations

- 35 La composante représentation est indubitablement celle qui pose le plus de défis conceptuels et méthodologiques. Comment imaginer un « observatoire de la pensée » ? De nombreuses précautions s'imposent pour la construction et surtout l'interprétation des indicateurs.

- 36 Une première spécificité de cette composante et que les données ne sont pas préexistantes (pas de bases de données nationales, pas de site internet dédié). Elles doivent être créées par enquêtes répétées auprès de personnes concernées par les communes étudiées. Un prétest a été réalisé durant trois mois au printemps 2018 dans des communes du golfe du Morbihan. Plusieurs modes de communication ont été utilisés pour inciter les personnes qui habitent ou qui ont une activité au sein de ces communes à répondre à un questionnaire en ligne. Une communication a été faite via les sites Internet des mairies, les offices de tourisme, les pages Facebook... Des contacts ont été également pris avec les associations et les écoles pour communiquer l'adresse du site. Une information sous forme d'affichage en mairie, en médiathèque, sur panneaux lumineux en ville a conjointement été mise en place. Une passation du questionnaire en face-à-face a été effectuée en parallèle sur une commune. La passation d'enquête est une difficulté car, malgré les nombreuses sollicitations, le nombre de répondants est souvent faible en questionnaire auto-administré (à titre d'exemple, 79 réponses ont été obtenues sur 8 communes lors du prétest effectué en 2018). Il est souvent nécessaire de recruter des personnes pour effectuer ces enquêtes en direct. Ceci nécessite alors des temps de travail et des coûts considérables.

- 37 Deuxième spécificité, les données sont des réponses à des questions d'enquête sur la relation au lieu, la confiance dans les acteurs, le fait d'être plus au moins concernés, voire inquiets face aux risques côtiers, les préférences en termes d'aménagements, etc. La plupart de ces indicateurs ne dégagent pas de tendance directe en termes de vulnérabilité. Par exemple, être très attaché à son cadre de vie peut signifier que l'on est vulnérable car on ne voudra jamais bouger, même si on est en danger ; et d'un autre côté cela peut impliquer que l'on a un fort « concernement » (Brunet, 2008) et donc une plus grande capacité de mobilisation et d'adaptation, ce qui tendrait à réduire la vulnérabilité. Le calibrage de 1 à 5 est donc difficile pour ces indicateurs, qui sont, pour la plupart, indirectement associés à la vulnérabilité, et n'ont de sens qu'interprétés conjointement. Autrement dit, cette composante a pour intérêt d'apporter une information qualitative concernant la vulnérabilité. Elle donne une image à un instant T de la représentation que les personnes se font de leur territoire, connaissance importante pour le gestionnaire, et de l'évolution de cette représentation, connaissance primordiale pour le chercheur qui étudie la dynamique sociale.

- 38 Ainsi, les représentations sont complexes à analyser car résultant d'un faisceau de facteurs individuels et collectifs (sociaux, culturels, environnementaux, etc.) (Hellequin *et al.*, 2013 ; Michel-Guillou et Meur-Ferec, 2017).

3. Résultats : des indicateurs de suivi dans les quatre composantes

39 Nos résultats aboutissent à 62 indicateurs répartis dans les 4 composantes. Ils sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Les indicateurs d'Osirisc

Composante	Thème	Description
Aléa	Érosion	Distance érodée par an par 100 m linéaires Surface érodée par an par 100 m linéaires Volume érodé par an par 100 m linéaires
	Migration	Vitesse de migration dunaire
	Submersion	Hauteur de submersion Linéaire exposé aux paquets de mer et aux écoulements
Enjeu	Humain	Nombre d'habitants Nombre de bâtiments résidentiels Pourcentage de personnes <10 ans ou > 65 ans Part des ménages à bas revenu Part des résidences secondaires Emprise au sol du bâti résidentiel
	Économique	Capacité d'hébergement touristique Nombre d'emplois Valeur immobilière moyenne (par m ²) Diversité des activités Emprise au sol des bâtiments à vocation économique
	Structurel	Capacité d'accueil des établissements recevant du public Localisation des établissements industriels à risque Densité des routes Part du linéaire côtier présentant des ouvrages de défense Localisation du bâti résidentiel sans étage refuge Présence d'un établissement de secours Proximité d'un établissement de secours Nombre de monuments historiques et architecturaux Présence d'un port
	Zones tampons	Surfaces occupées par l'agriculture Nombre de zonages environnementaux
Gestion	Maîtrise de l'urbanisation	Contraintes de constructibilité en zone d'aléas État d'avancement du PPR (Littoral ou Submersion marine)
	Stratégie locale	Démarche locale (Papi, SLGRI, SGGITC, autre) Relocalisation dans stratégie locale Mise en œuvre Papi Acteurs partenaires de la démarche locale Investissement humain sur les risques côtiers Intégration acteurs extraterritoriaux Mise en place de la compétence Gemapi État des ouvrages
	Gestion de crise	Intégration du SDIS dans le PCS Mise à jour du PCS

		Moyens d'alerte
	Sensibilisation	Repères inondations et recul du trait de côte Associations sur les risques côtiers Sensibilisation dans les établissements scolaires Modes de diffusion du Dicrim Analyse pédagogique du Dicrim
	Connaissance	Publications scientifiques sur les risques côtiers
Représentations	Confiance	Attachement au lieu Activités en lien avec la mer
	Conscience du risque	Expérience personnelle du risque Expérience indirecte du risque Information active (recherche volontaire d'informations) Place des risques côtiers dans les problématiques locales Intérêt du risque Connaissance des programmes de gestion Pratiques individuelles mises en place
	Évaluation des pratiques collectives	Confiance dans les institutions et acteurs médiateurs Réglementation et recul du bâti Mesures d'évacuation Confiance dans les institutions locales et régionales Confiance dans les institutions nationales et supranationales Renforcement de l'existant

Nous considérons ici que le patrimoine naturel n'est pas un enjeu qui augmente la vulnérabilité, mais serait plutôt une opportunité d'adaptation : plus il existe d'espaces naturels « libres » de bouger, moins la vulnérabilité est importante.

SLGRI : Stratégie locale de gestion des risques d'inondation

SNGITC : Stratégie locale de gestion intégrée du trait de cote

SDIS : Service départemental d'incendie et de secours

PCS : Plan communal de sauvegarde

40 Chaque indicateur est accompagné d'une fiche descriptive précisant sa fonction, les sources de données et éventuellement leur qualité, ainsi que le protocole pour le renseigner, effectuer le calibrage en cinq catégories et le pas de temps de mise à jour (figure 3).

Figure 3. Exemple de fiche de métadonnées, indicateurs d'Osirisc

Indicateur gestion

Sensibilisation

Sources

- Prise de contact avec les chefs d'établissements scolaires (écoles primaires, collèges, lycées) sur le territoire de la commune.

Qualité

- Résolution / échelle : Commune
- Date de la donnée : 08/2018
- Fréquence de mise à jour :

Le caractère évolutif de cet indicateur est important. L'indicateur peut être mis à jour régulièrement.

Sensibilisation dans les établissements scolaires

Objet

A travers cet indicateur, on cherche à connaître la récurrence des différents événements organisés pour sensibiliser les écoliers (primaire-collège-lycée) aux risques côtiers. Les établissements scolaires sont ciblés car ils concentrent une part de la population essentielle pour la sensibilisation aux risques.

On ne distingue pas les différents types événements en les hiérarchisant, on part du principe que chacun accroît la «culture du risque». On entend par événement : sortie culturelle, intervention, participation à un projet, ect. Sur le thème des risques côtiers.

→ Plus les événements au sein des établissements scolaires de la commune sont nombreux, plus la sensibilisation aux risques est importante, donc moins le territoire est vulnérable.

Protocole

Afin d'être significatif sur des communes de tailles très variables, cet indicateur nécessite un traitement.

- I. D'abord donner un score à chaque établissement en fonction de la moyenne du nombre d'événements par an sur les 3 dernières années : (1)aucun; (3) entre 0 et 1 ;(5) plus d'un.
- II. Puis calculer la moyenne des scores obtenus par tous les établissements de la commune.

Calibrage

← + Vulnérabilité -

1

2

3

4

5

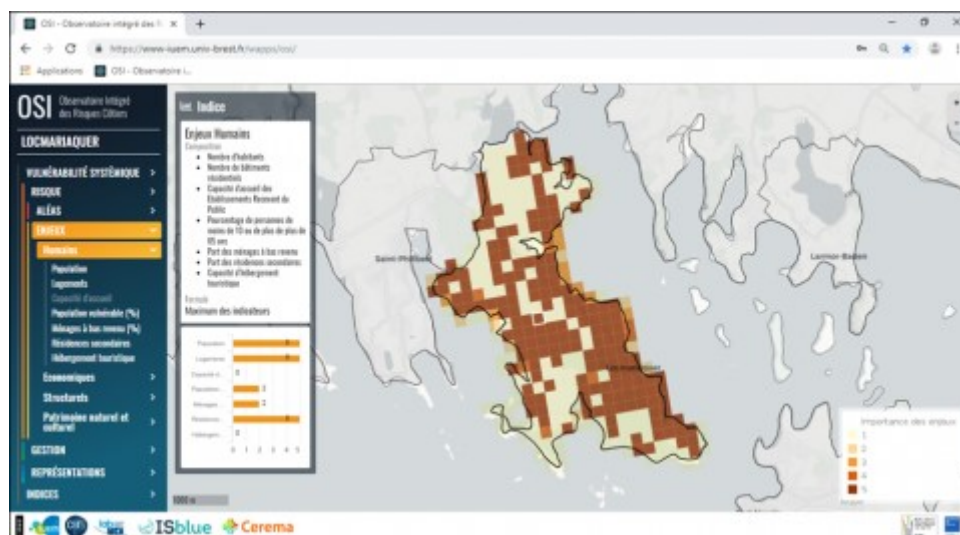
Notation en fonction de la moyenne, pour tous les établissements du territoire communal, du nombre d'événements par an, au cours des trois dernières années :

1. Aucun événement
2.]0 à 0,5[événement/an
3. [0,5 à 1[événement/an
4. 1 événement/an
5. Plus d'un événement/an

1-1

41 Les données spatio-temporelles renseignant les indicateurs sont archivées, traitées, représentées cartographiquement et diffusées par une interface web-SIG appelée « Osi » en cours de finalisation (Marcel *et al.*, 2018). Base de données mutualisée entre scientifiques et gestionnaires, cette interface propose un tableau de bord graphique et cartographique interactif permettant de visualiser les indicateurs constituant la vulnérabilité, d'en comprendre les facteurs déterminants et d'en suivre l'évolution. Une première application a été réalisée pour cinq communes du golfe du Morbihan (figure 4).

Figure 4. Capture d'écran de l'interface WEB-SIG OSI



4. Discussion sur l'outil proposé

42 Le passage du concept de vulnérabilité systémique à la mise en pratique des
43 indicateurs met en lumière certains points importants.

43 Tout d'abord, il faut garder à l'esprit que réduire la complexité de la réalité à un
nombre limité d'indicateurs conduit à une *perte d'informations* (Gallopain, 1997). Les
indicateurs fournissent une tendance, mais ne se substituent pas à la connaissance
du terrain et à l'analyse approfondie des données qui les ont constitués et de la
méthode qui les a créés. Ils doivent pouvoir être *déconstruits* pour accéder à ces
« données brutes » et éviter un effet « boîte noire » (Balica *et al.*, 2012 ; Turner *et al.*,
2003).

44 Ensuite, le fait que des indicateurs de suivi doivent être *remis à jour* régulièrement
impose des contraintes sur les méthodes d'acquisition des données et justifie, lorsque
cela est possible, de privilégier les indicateurs issus de bases de données existantes et
accessibles (Grasland et Hamez, 2005 ; Le Berre *et al.*, 2011). Dans le cas contraire,
des protocoles d'enquête ou de mesures précis et relativement « légers » doivent être
mis en place.

45 Autre élément essentiel, le renseignement des indicateurs est tributaire du *temps*
dont disposent les chercheurs et les gestionnaires, ce qui rend l'outil dépendant de
ressources humaines dédiées et d'une structure pérenne pour l'héberger (de type
observatoire) (Le Berre *et al.*, 2011).

46 Par ailleurs, la signification accordée aux résultats et leur *réception* par les acteurs
concernés se révèlent déterminantes (Levrel *et al.*, 2010 ; Nardo *et al.*, 2005). Il est
donc essentiel de définir des approches conceptuelles et méthodologiques partagées,
comprises et acceptées par les acteurs concernés.

47 Enfin, tous ces indicateurs peuvent être utilisés tels quels, mais ils peuvent aussi
être agrégés pour constituer des *indices* (Barnett *et al.*, 2008 ; Eakins et Luers,
2006 ; Nardo *et al.*, 2005). Quatre catégories d'indices sont encore en cours de
construction dans le cadre du projet Osirisc : les *indices thématiques* intègrent un
ensemble d'indicateurs, issus de la même composante et décrivant un même thème
(par exemple : un indice de submersion ou un indice d'enjeu humain). L'agrégation
des indices thématiques d'une même composante permet de produire des *indices de*
composante (Aléas, Enjeux, Gestion ou Représentations). Ces indices de
composantes, combinés entre eux peuvent donner lieu à un *indice global* décrivant la
vulnérabilité systémique. Enfin, les *indices transverses* regroupent des indicateurs
portant sur un aspect particulier et issus de différentes composantes (par exemple la
vulnérabilité humaine, la vulnérabilité du bâti, ou uniquement le risque, etc.).

Conclusion

48 Créer des indicateurs de suivi de la vulnérabilité systémique, simples tout en étant représentatifs, conceptuellement rigoureux tout en étant utiles au gestionnaire, est un objectif complexe auquel se sont attelés bien des chercheurs (Balica *et al.*, 2012 ; Barnett *et al.*, 2008 ; Birkmann et Welle, 2015). C'est à cet effort commun que nous avons voulu contribuer, en formalisant des réflexions interdisciplinaires nées d'allers-retours constants entre terrain et réflexions théoriques, et entre chercheurs et gestionnaires.

49 Des avancées nous semblent réalisées sur la question de la vulnérabilité. D'abord, en raison de la polysémie du terme, la définition de la vulnérabilité utilisée demande à être *précisée* pour chaque travail de recherche (vulnérabilité de quoi et à quoi). Ensuite, il est important de rappeler que la vulnérabilité a un caractère éminemment géographique et est « située » socialement (*place-based vulnerability* – Cutter *et al.*, 2000). C'est-à-dire qu'il importe, pour l'étudier, de considérer son *contexte* territorial, son ancrage historique (Noël, 2014) et les types de population qui rencontrent ces problèmes. Ceci est d'autant plus vrai que notre approche donne une place importante aux composantes gestion et représentations, qui diffèrent fortement d'une société à l'autre (Douglas et Wildavski, 1984), d'une organisation politique et administrative à l'autre (différences dans les politiques publiques, les modes de gouvernance des risques littoraux, etc.). Enfin, et cet apport nous paraît fondamental, la vulnérabilité *systémique* que nous proposons permet d'éviter le dualisme artificiel opposant nature et société. Notre choix d'*intégrer les aléas* dans la définition de la vulnérabilité systémique, encore peu usité, permet de ne pas dissocier ces composantes de l'éco-socio-système qui sont sur le terrain étroitement imbriquées et en interrelations constantes.

50 En ce qui concerne les indicateurs, il nous semble utile de souligner que, quels qu'ils soient et quels que soient les efforts déployés pour les mettre au point, ils ne peuvent jamais remplacer des études détaillées de *terrain*, des acteurs de la gestion du risque et des habitants. Ensuite, et malgré les réserves et la prudence que l'on doit s'imposer lorsque l'on travaille sur des indicateurs, la méthode exposée dans cet article offre l'avantage de proposer un outil de suivi de la vulnérabilité systémique robuste scientifiquement, apportant des éléments de connaissance aux *chercheurs*, mais aussi *opérationnel*, éclairant l'analyse et les actions des *gestionnaires*. La coconstruction a favorisé la réception de la méthode par les acteurs des territoires impliqués. Ainsi, à partir de cinq communes du golfe du Morbihan engagées dans le programme de recherche (Locmariaquer, Saint-Philibert, Crac'h, Auray, Pluneret), plusieurs communautés de communes bretonnes se sont approprié la méthode et ont renseigné avec nous les indicateurs pour leurs territoires (CC Pays Bigouden-Sud, CC Lesneven Côtes des Légendes).

51 Au final, coconstruire avec les gestionnaires des indicateurs, les cataloguer dans une base de données, les agréger ou non en indices, les représenter spatialement et les diffuser, est une chose que nous pouvons réaliser en tant que chercheurs. Mais pour que ce travail soit totalement opérationnel, pour suivre régulièrement et sur un temps long l'évolution de la vulnérabilité systémique, il doit être intégré dans une structure d'observatoire pérenne, soutenue par les collectivités territoriales et l'État. Les universitaires ne peuvent ici qu'appeler cet observatoire de leurs vœux et continuer à mobiliser les acteurs concernés...

Bibliographie

Abuodha P. A. O., Woodroffe C. D., 2010, « Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index : a case study from southeast Australia », *Journal of Coastal Conservation*, vol. 14, n° 3, p. 189-205.

DOI : 10.1007/s11852-010-0097-0

Adger W. N., 2006, « Vulnerability », *Global Environmental Change*, vol. 16, p. 268-281.

DOI : 10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006

Balica S. F., Wright N. G., van der Meulen F., 2012. « A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts », *Natural Hazards*, vol. 64, p. 73-105, <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0234-1>.

DOI : 10.1007/s11069-012-0234-1

Barnett J., Lambert S., Fry I., 2008, « The hazards of indicators : insight from the Environmental Vulnerability Index », *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 98, n° 1, p. 102-119.

DOI : 10.1080/00045600701734315

Becerra S., 2012, « Vulnérabilité, risques et environnement : l'itinéraire chaotique d'un paradigme sociologique contemporain », *Vertigo*, vol. 12, n° 1, <https://doi.org/10.4000/eps.7044>.

DOI : 10.4000/eps.7044

Berque A., 1996, *Être humains sur la terre : principes d'éthique de l'écoumène*, Paris, Gallimard.

Birkmann J., Welle T., 2015, « Assessing the risk of loss and damage : exposure, vulnerability and risk to climate-related hazards for different country classifications », *International Journal of Global Warming*, vol. 8, p. 191-212, <https://doi.org/10.1504/IJGW.2015.071963>.

DOI : 10.1504/IJGW.2015.071963

Brunet P., 2008, « De l'usage raisonné de la notion de "concernement" : mobilisations locales à propos de l'industrie nucléaire », *Natures Sciences Sociétés*, vol. 16, n° 4, p. 317-325.

DOI : 10.1051/nss/2008062

Bulteau T., Garcin M., Oliveros C., Le Nôtre N., 2011, « Synthèse des travaux menés sur l'observation de l'évolution du trait de côte », rapport BRGM/RP-59396-FR, 156 p.

Cerema, 2017, *Collecte d'information sur le terrain suite à une inondation. Guide méthodologique*, coll. « Références », 66 p.

Cetmef, Shom, 2012, *Statistiques des niveaux marins extrêmes de côtes de France*, édition 2012.

CGEDD, 2019, « Recomposition spatiale des territoires littoraux », rapport au gouvernement, Conseil général de l'Environnement et du Développement durable, 234 p.

Créach 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, p. 1679-1710.

DOI : 10.1007/s11069-015-1669-y

Cutter S. L., Boruff B. J., Shirley W. L., 2003, « Social vulnerability to environmental hazards », *Social Science Quarterly*, vol. 84, p. 242-261.

DOI : 10.1111/1540-6237.8402002

Cutter S.L., Mitchell J.T., Scott M.S., 2000, « Revealing the Vulnerability of People and Places : A Case Study of Georgetown County, South Carolina », *Annals of the American Association of Geographers*, vol. 90, p. 713-737.

D'Ercole R., 1994, « Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse », *Revue de géographie alpine*, n° 4, tome LXXXII, p. 87-96.

DOI : 10.3406/rga.1994.3776

D'Ercole R., Pigeon P., 2000, « L'évaluation du risque à l'échelle internationale. Méthodologie et application aux diagnostics préalables aux actions de préparation et de prévention des catastrophes », *Cahiers savoisiens de géographie*, n° 1, p. 29-36, <https://doi.org/10.3406/rga.1994.3776>.

DOI : 10.3406/rga.1994.3776

Delor F., Hubert M., 2000, « Revisiting the concept of "vulnerability" », *Social Science & Medecine*, vol. 50, n° 11, p. 1557-1570.

Douglas M., Wildavski A., 1984, *Risk and Culture, An Essay on the Selection of Technological and Environmental Dangers*, Berkeley, University of California Press.

Eakin H., Luers A. L., 2006, « Assessing the Vulnerability of Social-Environmental Systems », *Annual Review on Environment and Resources*, vol. 31, p. 365-394, <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144352>.

DOI : 10.1146/annurev.energy.30.050504.144352

Foucher M., 1982, « Esquisse d'une géographie humaine des risques naturels », *Hérodote* 1982/01, p. 40-67.

Gallopin G. C., 2006, « Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity »,

Global Environmental Change, vol. 16, p. 293-303.

DOI : 10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004

GIEC, 2018., « Les scénarios + 1,5 °C », rapport spécial du Groupe intergouvernemental d'étude du climat.

Gilbert C., 2009, « La vulnérabilité : une notion vulnérable ? À propos des risques naturels », in Becerra S., Peltier A. (dir), 2009, *Risques et environnement : recherches interdisciplinaires sur la vulnérabilité des sociétés*, Paris, L'Harmattan, p. 23-41.

Gornitz V., 1990, « Vulnerability of the East Coast, USA to future sea level rise », *Journal of Coastal Research*, Special Issue, n° 9, p. 201-237.

Gornitz V., 1991, « Global coastal hazards from future sea level rise », *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 89, p. 379-398.

DOI : 10.1016/0031-0182(91)90173-0

Grasland C., Hamez G., 2005, « Vers la construction d'un indicateur de cohésion territoriale européen ? », *L'Espace géographique*, tome 34, p. 97-116, <https://doi.org/10.3917/eg.342.0097>.

DOI : 10.3917/eg.342.0097

Hellequin A.-P., Flanquart H., Meur-Ferec C., Rulleau B., 2013, « Perceptions du risque de submersion marine par la population du littoral languedocien : contribution à l'analyse de la vulnérabilité côtière », *Nature, Science, Société*, vol. 21, p. 385-399, <https://doi.org/10.1051/nss/2014002>.

DOI : 10.1051/nss/2014002

Hénaff A., Philippe M. (Eds), 2014, *Gestion des risques d'érosion et de submersion marines*, guide méthodologique, Projet-ANR-10-CEPL-0001Cocorisco, 156 p.

Jollivet M. (dir), 1992, *Sciences de la nature, sciences de la société : les passeurs de frontière*, CNRS éd. Paris, 589 p.

DOI : 10.4000/books.editions-cnrs.4154

Juigner M., Robin M., Debaine F., Hélen F., 2017, « A generic index to assess the building exposure to shoreline retreat using box segmentation : Case study of the Pays de la Loire sandy coast, west of France », *Ocean and Coastal Management*, vol. 148, p. 40-52.

DOI : 10.1016/j.ocecoaman.2017.07.014

Kasperson J., Kasperson R., Turner B., Hsieh W., Schiller A., 2005, « Vulnerability to global environment change », in Kasperson J., Kasperson R. (Dir.), *The social contours of risk*, London, Earthscan, vol. 2, p. 245-285.

Kienberger S., Lang S., Zeil P., 2009, « Spatial vulnerability units-Expert-based spatial modelling of socio-economic vulnerability in the Salzach catchment, Austria », *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 9, p. 767-778.

DOI : 10.5194/nhess-9-767-2009

Klein R. J. T., Nicholls, R. J., 1999, « Assessment of coastal vulnerability to climate change », *Ambio*, vol. 28, n° 2, p. 182-187.

Le Berre I., Hariz M. R., David L., Nogues L., 2011, « Des indices pour hiérarchiser la sensibilité du littoral aux pollutions marines par les hydrocarbures : l'exemple normand », *Noréis*, n° 219, p. 109-129, <https://doi.org/DOI:10.4000/noroi.3607>.

DOI : 10.4000/noroi.3607

Léone F., Vinet F., (dir.), 2006, *La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles. Analyses géographiques*, Montpellier, Éditions Université Paul-Valéry, coll. « Géorisques », GESTER, p. 9-25.

Levrel H., Fossat J., Pelletier D., 2010, « Les indicateurs de biodiversité marine et côtière : état des lieux institutionnel », *Vertigo*, vol. 10, n° 2, <https://doi.org/10.4000/vertigo.9893>.

DOI : 10.4000/vertigo.9893

Magnan A., 2009, « La vulnérabilité des territoires littoraux au changement climatique : mise au point conceptuelle et facteurs d'influence », *rapport de l'IDDRI*.

Magnan A., 2018, « A theory of adaptation to climate change, from trajectories of vulnerability to adaptation pathways », habilitation à diriger des recherches, université de La Rochelle, 103 p.

Marcel O., Le Berre I., Rouan M., Philippe M., Hénaff A., 2018, « Une application WEB-SIG de suivi de la vulnérabilité systémique des littoraux, projet Osirisc », in Merigéo *De la côte à l'océan, l'information géographique en mouvement*, Ifremer, Shom, AFB, Crige-PACA, Aix-en-Provence, p. 43-46.

Martínez-Grana A. M., Boskib T., Goya J. L., Zazoc C., Dabrid C. J., 2016, « Coastal-flood risk management in central Algarve : Vulnerability and flood risk indices », *Ecological Indicators*, vol. 71, p. 302-316.

DOI : 10.1016/j.ecolind.2016.07.021

McLaughlin S., Cooper, J. A. G., 2010, « A multi-scale coastal vulnerability index : A tool for coastal managers ? », *Environmental Hazards*, vol. 9, p. 233-248.

DOI : 10.3763/ehaz.2010.0052

Medde, 2012, *Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte. Vers la relocalisation des activités et des biens*, ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, Paris, 20 p.

Meur-Ferec C., (coord), Deboudt Ph., Deldrève V., Flanquart H., Hellequin A.-P., Herbert V., Longuépée J., Morel V., 2003, « La vulnérabilité des territoires côtiers : évaluation, enjeux et politiques publiques », rapports de recherche Programme national Environnement côtier.

Meur-Ferec C., Deboudt Ph., Morel V., 2008, « Coastal Risks in France : An Integrated Method For Evaluating Vulnerability », *Journal of Coastal Research*, vol. 24, n° 2, p. 178-189.

DOI : 10.2112/05-0609.1

Meur-Ferec C., Guillou É., 2019, « Interest of Social Representation Theory to grasp coastal vulnerability and to enhance coastal risks management », *Psychology*, Taylor & Francis.

Michel-Guillou É., Meur-Ferec C., 2017, « Representations of coastal risk, erosion and marine flooding, among inhabitants of at-risk municipalities », *Journal of Risk Research*, vol. 20, p. 776-799.

DOI : 10.1080/13669877.2015.1119181

Morel V., Deboudt Ph., Hellequin A.-P., Herbert V., Meur-Ferec C., 2006, « Regard rétrospectif sur l'étude des risques en géographie à partir des publications universitaires, 1980-2004 », *L'Information géographique*, vol. 70, p. 6-24.

Morrow B. H., 1999, « Identifying and mapping community vulnerability », *Disasters*, vol. 23, p. 1-18.

DOI : 10.1111/1467-7717.00102

Nardo M., Saisana A., Tarantola S., Hoffman A., Giovannini E., 2005, *Handbook on constructing composite indicators : methodology and user guide*, OECD Statistics Working Papers, OECD, Paris.

Neumann B, Vafeidis A. T., Zimmermann J, Nicholls R. J., 2015 « Future Coastal Population Growth and Exposure to Sea-Level Rise and Coastal Flooding – A Global Assessment », *PLoS ONE*, vol. 10, n° 3, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118571>.

DOI : 10.1371/journal.pone.0118571

Nguyen T. T. X., Bonetti J., Rogers K., Woodroffe C. D., 2016, « Indicator-based assessment of climate-change impacts on coasts : A review of concepts, methodological approaches and vulnerability indices », *Ocean and Coastal Management*, vol. 123, p. 18-43.

DOI : 10.1016/j.ocecoaman.2015.11.022

Nichols R. J., Hoozemans F. M. J., 2005, « Global vulnerability analysis », in Schwartz (ed.), *Encyclopedia of coastal science*, Kluwer Academic Publisher, Springer.

Nichols C., Wright L., Bainbridge S., Cosby A., Hénaff A., Loftis J. D., Cocquemot L., Katragadda S., Mendez G. R., Letortu P., Le Dantec N., Resio D., Zarillo G., 2019, « Collaborative Science to Enhance Coastal Resilience and Adaptation », *Frontiers in Marine Science*, *Frontiers Media*, n° 6.

Noël S., 2014, « La vulnérabilité des populations de la côte est du Cotentin 1700-1914 : l'approche historique dans l'analyse des enjeux, de l'aléa et de la gestion du risque de submersion », Actes du colloque international *Connaissance et compréhension des risques côtiers*, Brest, p. 445- 455.

Papathoma-Köhle M., Promper C., Glade T., 2016, « A Common Methodology for Risk Assessment and Mapping of Climate Change Related Hazards – Implications for Climate Change Adaptation Policies », *Climate*, vol. 4, n° 8, <https://doi.org/10.3390/cli4010008>.

DOI : 10.3390/cli4010008

Preston B. L., Yuen E. J., Westaway R. M., 2011, « Putting vulnerability to climate change on the map : a review of approaches, benefits, and risks », *Sustainable Sciences*, vol. 6, p. 177-202.

DOI : 10.1007/s11625-011-0129-1

Provitolo D., 2012, « La "vulnérabilité résilience", un cadre conceptuel pour les recherches sur les risques et les catastrophes », in Y. Lazzeri et E. Moustier, *Vulnérabilité, équité et créativité en méditerranée*, Presses universitaires de Provence et presses universitaires d'Aix-Marseille, 263 p.

Quillet É., Meur-Ferec C., Chauveau É., Philippe M., 2019, « Contribution à la mise en place d'indicateurs de suivi de la gestion des risques côtiers en France Métropolitaine : vers un observatoire intégré des risques d'érosion submersion », *Noréis* n° 250, 2019/1, p. 81-97.

DOI : 10.4000/norois.7417

Romieu E., Vinchon C., 2009, « Évaluation de la vulnérabilité de la zone côtière : état de l'art

et analyse critique », Rapport du BRGM, n° 57389, Orléans.

Thywissen K., 2006. *Components of risk : a comparative glossary*, Studies of the university : research, counsel, education. United Nations University, Institute for Environment and Human Security, Bonn.

Turner B. L., Kasperson R. E., Matson P. A., 2003, « A framework for vulnerability analysis in sustainability science », *Proceeding of National Academy of Sciences*, USA, vol. 100, n° 8074–8079, <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>.
DOI : 10.1073/pnas.1231335100

Veyret Y., Reghezza M., 2006, « Vulnérabilité et risques. L'approche récente de la vulnérabilité », *Annales des mines*, série Responsabilité et environnement, n° 43, juillet, p. 9-13.

Vinet F., Defossez S., Rey T., Boissier L., 2012. « Le processus de production du risque "submersion marine" en zone littorale : l'exemple des territoires "Xynthia" », *Norois*, n° 222, p. 11-26, <https://doi.org/10.4000/norois.3834>.
DOI : 10.4000/norois.3834

Wismer B., 2016, « Vulnerability as Concept, Model, Metric, and Tool », in *Oxford Research Encyclopedia, natural hazard science*, Oxford University Press USA.

Notes

1 Projets Osirisc vers un ObServatoire Intégré des RISques Côtiers d'érosion submersion (2016-2020) et Osirisc + (2017-2020) cofinancés par la Fondation de France et la Dreal de Bretagne.

2 Pnec : Programme national d'environnement côtier.

3 Miseeva : Marine Inundation hazard exposure modelling and Social, Economic and Environmental Vulnerability Assessment in regard to global change.

4 Cocorisco : Connaissance, compréhension et gestion des risques côtiers.





5 Osirisc : vers un Observatoire intégré des risques côtiers d'érosion submersion.

6 PPR : Plan de prévention des risques.

7 Papi : Plan d'action pour la prévention des inondations.

8 Gemapi : Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations.

Table des illustrations

	Titre	Figure 1. La vulnérabilité systémique à un moment T
	Crédits	Source : modifié d'après Meur-Ferec <i>et al.</i> , 2008
	URL	http://journals.openedition.org/developpementdurable/docannexe/image/16731/img-1.png
	Fichier	image/png, 2,6M
	Titre	Figure 2. Les étapes de la méthode de construction des indicateurs
	Crédits	Source : modifié d'après Quillet <i>et al.</i> , 2019
	URL	http://journals.openedition.org/developpementdurable/docannexe/image/16731/img-2.png
	Fichier	image/png, 49k
	Titre	Figure 3. Exemple de fiche de métadonnées, indicateurs d'Osirisc
	URL	http://journals.openedition.org/developpementdurable/docannexe/image/16731/img-3.png
	Fichier	image/png, 595k
	Titre	Figure 4. Capture d'écran de l'interface WEB-SIG OSI
	URL	http://journals.openedition.org/developpementdurable/docannexe/image/16731/img-4.png
	Fichier	image/png, 362k

Pour citer cet article

Référence électronique

Catherine Meur-Ferec, Iwan Le Berre, Lucie Cocquempot, Élisabeth Guillou, Alain Henaff, Thibaud Lami, Nicolas Le Dantec, Pauline Letortu, Manuelle Philippe et Camille Noûs, « Une méthode de suivi de la vulnérabilité systémique à l'érosion et la submersion marines », *Développement durable et territoires* [En ligne], Vol. 11, n°1 | Avril 2020, mis en ligne le 30 avril 2020, consulté le 16 juin 2020. URL : <http://journals.openedition.org/developpementdurable/16731> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.16731>

Auteurs

Catherine Meur-Ferec

Catherine Meur-Ferec est professeure de géographie, spécialiste de la gestion intégrée des zones côtières et des risques côtiers. Université de Brest, IUEM, LETG UMR CNRS 6554. meurferec@univ-brest.fr

Articles du même auteur

La GIZC à l'épreuve du terrain : premiers enseignements d'une expérience française.

[Texte intégral]

Paru dans *Développement durable et territoires*, Varia (2004-2010)

Iwan Le Berre

Iwan Le Berre, maître de conférences en géographie, étudie l'artificialisation du littoral par des méthodes de géomatique. Université de Brest, IUEM, LETG UMR CNRS 6554. iwan.leberre@univ-brest.fr

Lucie Cocquempot

Lucie Cocquempot est ingénieure de recherche, elle œuvre pour les partenariats pour l'observation du littoral et la coordination des efforts d'observation. Ifremer. Lucie.Cocquempot@ifremer.fr

Élisabeth Guillou

Élisabeth Guillou est professeure de psychologie, spécialiste de psychologie sociale environnementale. Université de Brest, LP3C EA 1285. Elisabeth.Guillou@univ-brest.fr

Alain Henaff

Alain Henaff est maître de conférences en géographie, spécialisé en géomorphologie littorale. Université de Brest, IUEM, LETG UMR CNRS 6554. Lucie.Cocquempot@ifremer.fr

Thibaud Lami

Thibaud Lami est ingénieur d'études et travaille sur le projet Osirisc. Université de Brest, IUEM, LETG UMR CNRS 6554.

Nicolas Le Dantec

Nicolas Le Dantec est chercheur au Cerema, spécialiste de dynamique sédimentaire en zone côtière. Université de Brest, IUEM, LGO UMR CNRS 6538 et Cerema, Direction eau, mer et fleuves. nicolas.ledantec@univ-brest.fr

Pauline Letortu

Pauline Letortu est maître de conférences en géographie, spécialiste des aléas côtiers. Université de Brest, IUEM, LETG UMR CNRS 6554.

Manuelle Philippe

Manuelle Philippe est ingénieure en production et analyse de données dans des recherches appliquées à l'interface science-société. Université de Brest, IUEM, Amure UMR CNRS 6308. manuelle.philippe@univ-brest.fr

Camille Noûs

Camille Noûs est membre du laboratoire Cogitamus. camille.nous@noussommesluniversite.fr

Articles du même auteur

Écologisation des pratiques et territorialisation des activités : une introduction [Texte intégral]

Paru dans *Développement durable et territoires*, Vol. 11, n°1 | Avril 2020

Droits d'auteur



Développement Durable et Territoires est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale 4.0 International.