Indicateurs de vulnérabilité d'un territoire au changement climatique



Recueil de littérature internationale

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Collectivités Territoriales

ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le mot de l'ADEME

La nécessité d'une action publique d'adaptation au changement climatique a été reconnue lors du Grenelle de l'Environnement et suivi rapidement de travaux de planification. Le Plan National d'Adaptation au Changement Climatique, lancé en juillet 2011, sera suivi en 2012 de stratégies d'adaptation régionales élaborées dans le cadre des Schémas Régionaux Climat Air Energie. Fin 2012 c'est au tour des collectivités territoriales infrarégionales d'élaborer et publier leurs plans d'action dans le cadre des Plans Climat Energie Territoriaux.

À l'ADEME, dans le cadre de nos missions de la lutte contre le changement climatique, nous renforçons depuis 2010 nos actions et réflexions sur l'adaptation au changement climatique. Nos actions portent à la fois sur l'accompagnement des collectivités territoriales et sur le développement de nouvelles connaissances sur les technologies de l'adaptation au changement climatique.

Ce document vise à appuyer les collectivités territoriales et vient compléter les conseils méthodologiques proposés par le centre de ressources animé par l'ADEME dans le cadre des Plans Climat Energie Territoriaux. L'élaboration d'une stratégie d'adaptation territoriale nécessite de disposer au préalable d'une analyse de l'impact qu'auront les changements climatiques sur le territoire, ses milieux et ses activités. Dans ce cadre, la communauté scientifique internationale a développé des indicateurs de vulnérabilité que nous avons souhaité mettre à disposition des collectivités françaises. Ainsi chacun pourra y puiser des enseignements pour sa propre analyse.

Cette revue de la littérature scientifique internationale est accompagnée de trois recueils de l'expérience de collectivités territoriales internationale portant sur : les diagnostics de vulnérabilité ; les processus d'élaboration de stratégies d'adaptation ; et le suivi et l'évaluation de politiques d'adaptation. Grâce à ces ouvrages, nous espérons venir éclairer vos choix d'action territoriaux.

SOMMAIRE

A. Introduction à l'étude des indicateurs de vulnérabilité 4

1 Objectifs du présent rapport 4

2 Changement climatique et risques naturels 4

3 Problématique liée aux indicateurs de vulnérabilité au changement climatique 4

B. Concepts 5

1 Terminologie de la problématique d'adaptation : vulnérabilité, exposition et sensibilité 5

2 Les différents types de vulnérabilité 8

3 Qu'est-ce qu'un indicateur ? 9

C. Les indicateurs de vulnérabilité - La revue de littérature 12

1 Méthodologie d'analyse de la présente revue de littérature. Utilisation de l'approche du « European Topic Centre on Air and Climate Change » (ETC/ACC) 12

2 Présentation générale des indicateurs identifiés 12

3 Quelques indicateurs à reprendre pour des collectivités 14

4 Description et commentaires sur les indicateurs identifiés 17

5 Conclusions sur cette revue d'indicateurs 22

D. Annexes 23

1. Tableau des indicateurs avec les sources 23

2. Revue bibliographique 26

3. Table des figures 63

A. Introduction

1. Objectifs du présent rapport

Afin d'accompagner les collectivités territoriales, l'ADEME a souhaité effectuer une revue de travaux traitant des indicateurs de vulnérabilité au changement climatique, afin de comprendre l'état d'avancement de la recherche sur le sujet et de mettre à disposition des collectivités des exemples d'indicateurs.

2. Changement climatique et risques naturels

Si le changement climatique peut être rapproché des risques naturels majeurs en tant que phénomènes naturels ayant des conséquences sur les sociétés et activités humaines, c'est en réalité une problématique plus complexe. Faire face au changement climatique constitue un défi nouveau.

En effet, les risques naturels sont généralement traités sur la base des expériences passées : on considère que les mêmes causes engendrent les mêmes effets. Le changement climatique introduit une caractéristique qui rend cette approche traditionnelle impossible : l'incertitude. Il n'y a pas d'expérience passée de changement climatique futur, il est impossible de s'appuyer uniquement sur des événements passés pour décider des actions à mener aujourd'hui en préparation pour demain. Le développement d'approches innovantes est donc nécessaire.

3. Problématique liée aux indicateurs de vulnérabilité au changement climatique

La vulnérabilité au changement climatique est une notion particulièrement complexe ; pour une collectivité, s'engager dans une analyse de vulnérabilité peut se révéler très long et coûteux en termes humains voire financiers (études, collecte de données…). Face à ce constat, il peut être décidé « d'approcher » la vulnérabilité par un travail basé sur des indicateurs. Cela permet d'obtenir une vision d'ensemble d'une partie de la problématique sans recourir à de trop lourds travaux.

B. Concepts

1. Terminologie de la problématique d'adaptation : vulnérabilité, exposition et sensibilité

Les termes de vulnérabilité, risques, sensibilité… couvrent des notions complexes dont les définitions ne font pas l'objet d'un consensus. Ils sont en effet employés principalement par deux communautés de chercheurs, celle du changement climatique et celle de l'étude des risques naturels ; les mêmes termes peuvent alors prendre des sens différents, comme l'illustre le schéma ci-dessous :

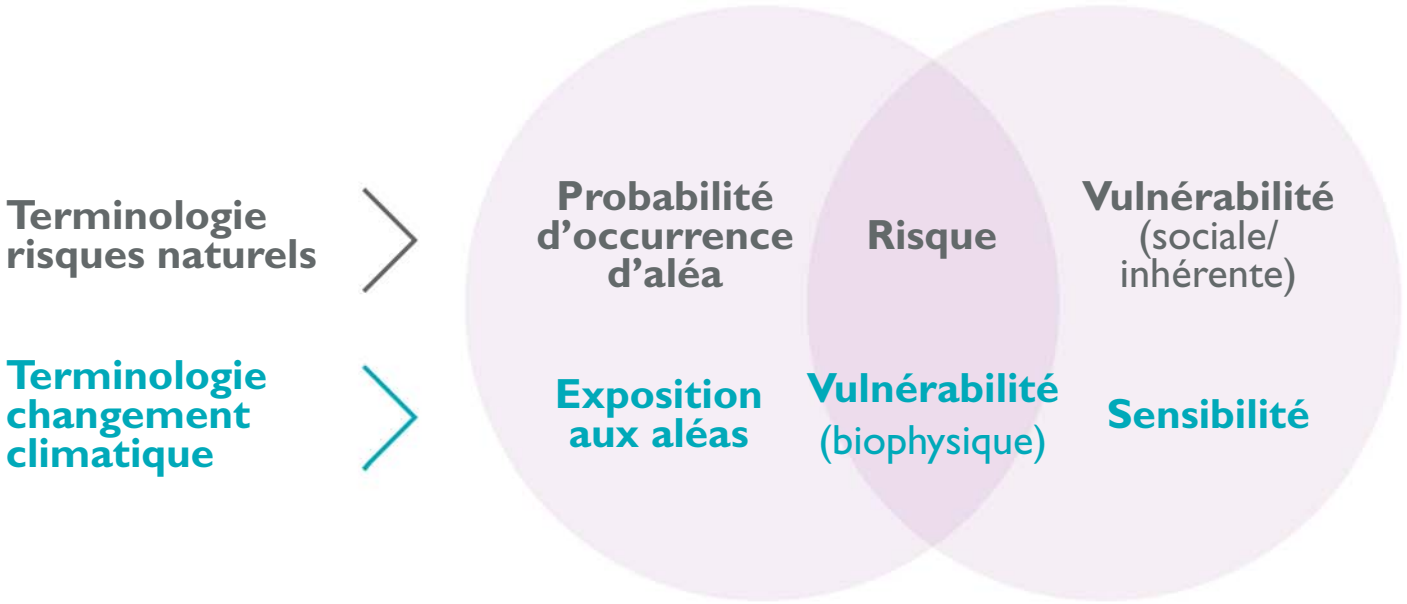


Figure 1 : Comparaison de la terminologie changement climatique et risques naturels.

À ce jour, il n'y a pas eu encore de rapprochement formel et de stabilisation des définitions entre les deux sphères et les définitions sont donc susceptibles d'évoluer au cours des prochaines années. Il a été choisi ici de présenter les définitions des mots tels qu'utilisés dans la sphère du changement climatique. Ces définitions ont été reprises ou produites à partir de publications de recherche ou de documents à destination de publics non experts.

> Vulnérabilité

De manière générale, la vulnérabilité représente une condition résultant de facteurs physiques, sociaux, économiques ou environnementaux qui prédisposent les éléments exposés à la manifestation d'un aléa à subir des préjudices ou des dommages.

Dans le cas du changement climatique, la vulnérabilité est le degré auquel les éléments d'un système (éléments tangibles et intangibles, comme la population, les réseaux et équipements permettant les services essentiels, le patrimoine, le milieu écologique …) sont affectés par les effets défavorables des changements climatiques (incluant l'évolution du climat moyen et les phénomènes extrêmes). La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat (alias l'exposition) à laquelle le système considéré est exposé et de la sensibilité de ce système à cette variation du climat.

> Aléa

L'aléa au sens large constitue un phénomène, une manifestation physique ou une activité humaine (par ex. activité industrielle) susceptible d'occasionner des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques voire des pertes en vie humaines ou une dégradation de l'environnement[1].

Les aléas peuvent être décrits selon plusieurs de leurs caractéristiques :

- leur origine, naturelle ou anthropique selon l'agent en cause. Parmi les aléas naturels on peut différencier les aléas d'origine atmosphérique (tempêtes, grêle), hydrologique (inondations, coulées de boue), et lithosphérique (glissement de terrain, séisme). Parmi les aléas d'origine anthropique, on trouve les activités industrielles (chimie, transport de matières dangereuses), les aléas liés à l'existence d'infrastructures spécifiques (rupture de barrage ou de digue) et les aléas impliquant la biosphère (feux de forêt) ;
- leur intensité (pour les aléas naturels on parle de magnitude) : elle peut être évaluée sur une échelle spécifique à l'aléa (échelle de Richter pour les séismes) ou par le biais d'indicateurs (hauteur d'eau ou débit du cours d'eau pour les crues) ;
- leur probabilité d'occurrence : elle peut être indiquée de manière probabiliste (en pourcentage ou fraction de risque d'occurrence par an, décade, ou siècle) ou traduite en termes de fréquence moyenne (évènement annuel, décennal, centennal). Ainsi, une crue dont la probabilité d'occurrence est de 1/100 par an sera appelée crue centennale[2] ;
- leur localisation spatiale : on pourra éventuellement distinguer la zone géographique où l'aléa se manifeste de la zone impactée : certains phénomènes très ponctuels peuvent avoir des répercussions au-delà de leur lieu de déclenchement. Ainsi, une coulée de boue peut détruire un pont ou une route, ce qui implique des conséquences non seulement sur la trajectoire directe de la coulée, mais pour les localités desservies par cet accès ;
- la durée des effets : certains aléas ont un impact instantané (foudre), éventuellement suivi de répliques (séisme), alors que d'autres produisent des effets dans la durée, de quelques heures (inondation rapide « flash flood ») à plusieurs mois (glissement de terrain massif) ;
- leur degré de soudaineté : les aléas peuvent être soudains (foudre) ou progressifs (sécheresse, érosion littorale), ils peuvent également prendre la forme de conditions latentes ou qui évoluent lentement, pouvant causer ultérieurement des préjudices ou des dommages dans le milieu concerné (par exemple la pollution ou la hausse du niveau de la mer)[3] ;

Le changement climatique peut affecter ces aléas, en particulier leur intensité, leur probabilité, leur localisation, leur durée d'impact et leur soudaineté.

1 : Source UNISDR - ONU/Secrétariat Inter-Institutions de la Stratégie Internationale de Prévention des Catastrophes, Genève, 2004.

2 : Cette appellation ne porte aucun caractère prédictif. Une crue centennale se produit en moyenne une fois tous les 100 ans, ce qui signifie que chaque année présente un risque de 1/100 de connaître un tel évènement. Il est tout à fait possible que l'évènement se répète deux années de suite, ou ne se produise.

3 : Concepts de base en sécurité civile, Ministère de la Sécurité Publique du Québec, 2008.

> Exposition

L'exposition au changement climatique correspond à la nature et au degré auxquels un système est exposé à des variations climatiques significatives[4] sur une certaine durée (à l'horizon temporel de 10 ans, 20 ans,…). Les variations du système climatique se traduisent par des événements extrêmes (ou aléas) tels que des inondations, des ondes de tempête, ainsi que l'évolution des moyennes climatiques[5]. Ce sont ces variations que l'on étudie lorsque l'on cherche à obtenir des scénarios d'évolution du climat à horizon 2050 à l'échelle locale.

Évaluer l'exposition consistera donc à évaluer l'ampleur des variations climatiques auxquelles le territoire devra faire face, ainsi que la probabilité d'occurrence de ces variations climatiques / aléas.

Les éléments exposés sont les éléments tangibles et intangibles d'un milieu (populations, bâtiments systèmes écologiques), susceptibles d'être affectés par un aléa naturel ou anthropique.

Exemple 1 : L'exposition à la hausse du niveau de la mer d'une ville côtière dépend de l'intensité de l'aléa (hausse en centimètres) et de l'horizon de temps considéré (20 ans, 50 ans, 100 ans).

Exemple 2 : En cas de vague de chaleur, l'ensemble de la population d'une ville sera exposé aux fortes températures.

L'exposition peut être réduite par la mise en place de mesures structurelles (équipement de protection : digues, murs pare-avalanches) et non structurelles (actions de prévention : réglementation de l'utilisation des sols, information et éducation des populations).

4 : Troisième rapport d'évaluation du GIEC.
5 : PNUD - Gestion des risques climatiques, Oct 2010.

> Sensibilité

La sensibilité est une condition intrinsèque d'un élément (collectivité, organisation…) qui le rend particulièrement vulnérable. Elle se traduit par une propension à être affecté, favorablement ou défavorablement, par la manifestation d'un aléa.

Les effets ou impacts du changement climatique peuvent être directs (par exemple une modification des rendements agricoles liée à un changement de la valeur moyenne, de l'amplitude ou de la variabilité de la température) ou indirects (par exemple des dommages causés par la fréquence accrue des inondations de zones côtières dues à l'élévation du niveau de la mer)[6].

La sensibilité d'un territoire aux aléas climatiques est fonction de multiples paramètres : les activités économiques sur ce territoire, la densité de population, le profil démographique de ces populations… La sensibilité est inhérente à un territoire.

Exemple 1 : En cas de vague de chaleur, un territoire avec une population âgée sera plus sensible qu'un territoire avec une forte proportion de jeunes adultes.

Exemple 2 : Deux villes situées dans une zone inondable présenteront une sensibilité et, conséquemment, une vulnérabilité différente si l'une a déjà mis en place des systèmes d'alerte et de protection des riverains et l'autre pas.

Exemple 3 : Une collectivité dans laquelle survient un événement touchant directement sa seule source d'activité économique sera davantage éprouvée qu'une autre frappée par le même événement, mais moins sensible en raison d'une économie diversifiée.

La sensibilité d'un territoire au changement climatique peut être réduite par l'adoption de stratégies d'adaptation (diversification des activités économiques, mise en place de plans de gestion de crise sanitaire, etc.).

6 : OCDE, Adaptation au changement climatique et coopération pour le développement, 201.

> Capacité d'adaptation

La capacité d'adaptation comprend à la fois des qualités intrinsèques du territoire concerné et la possibilité d'envisager et d'adopter des mesures et stratégies destinées à réduire les impacts du changement climatique.

2. Les différents types de vulnérabilité

La vulnérabilité au changement climatique n'est pas uniforme, elle présente plusieurs facettes, et varie dans le temps et l'espace.

Les différents aspects de la vulnérabilité au changement climatique peuvent être abordés par une classification thématique, selon le secteur sur lequel des effets sont observés. Ainsi, le projet MOVE[7] propose une typologie des vulnérabilités selon six axes. Un septième (l'aspect sanitaire) peut être ajouté pour obtenir une couverture plus large des problématiques liées au changement climatique. On distinguera alors :

- La vulnérabilité **physique,** qui concerne les dégâts matériels affectant les constructions (bâtiments, infrastructures). Par exemple, l'endommagement de digues suite à la hausse du niveau de la mer, ou la déformation du revêtement d'une route due à des températures extrêmes ;
- La vulnérabilité **environnementale,** qui concerne les effets sur l'environnement naturel. Par exemple, la migration d'espèces animales ou végétales suite à l'augmentation de la température d'un cours d'eau, ou la prolifération de moustiques favorisée par les épisodes pluvieux pendant les saisons chaudes ;
- La vulnérabilité **économique**, qui concerne les effets sur les activités économiques à court ou long terme. Par exemple, une hausse des températures en hiver risquant d'entraîner une diminution de la couverture neigeuse dommageable pour les stations de sport d'hiver de moyenne montagne, ou les coûts de remise en état, de rachat de stock, et de perte d'activité après l'inondation d'un supermarché pendant quelques jours ;
- La vulnérabilité **sociale,** qui concerne les conséquences sur les populations et le lien social. Par exemple, l'isolation de personnes vivant seules suite à une inondation, ou les difficultés rencontrées par les personnes âgées fragiles pendant les épisodes de canicule ;
- La vulnérabilité **sanitaire**, qui concerne les effets sur la santé publique. Par exemple, la propagation de maladies due à la présence d'eaux stagnantes suite à une inondation, ou l'excès de décès observé lors des épisodes de canicule ;
- La vulnérabilité **culturelle**, qui concerne à la fois les dégâts matériels infligés au patrimoine culturel (monuments) et les effets sur la culture (traditions). Par exemple, la destruction d'un marché traditionnel par une tempête d'hiver, ou l'abandon de cultures fruitières régionales suite à l'évolution du climat ;
- La vulnérabilité **institutionnelle**, qui concerne l'organisation et le fonctionnement des sociétés et des institutions (autorités en place, familles, tissu entrepreneurial, vie associative). Par exemple, la dégradation de l'image des autorités locales suite à une catastrophe naturelle mal gérée, ou la réduction de la disponibilité des secours lorsqu'une caserne de pompiers subit des inondations.

Ces vulnérabilités sont variables dans l'espace et en fonction de l'échelle d'analyse considérée. Ainsi, à l'intérieur d'un même pays on peut observer des niveaux de vulnérabilité différents selon les régions. Plus localement, l'existence de microclimats associée à des particularismes divers (identité culturelle forte, situation économique spécifique, utilisation d'un matériau local pour les constructions) rend chaque situation unique.

De plus, tous les types de vulnérabilité évoluent dans le temps. Les éléments qui les constituent ne sont pas figés : le bâti est modifié, la situation économique subit des changements, les institutions adoptent des politiques et stratégies nouvelles, les populations s'adaptent aux nouveaux risques qu'elles rencontrent.

7 : MOVE : Methods for the improvement of vulnerability assessment in Europe, projet de recherche européen mené de 2008 à 2011 par 13 partenaires. Plus d'informations sur www.move-fp7.eu

Pourquoi le niveau local revêt-il de l'importance pour l'adaptation ?

(Extrait de « Prendre en compte l'adaptation au changement climatique dans la coopération pour le développement », OCDE 2009)

Du point de vue de l'adaptation au changement climatique, le niveau local revêt de l'importance pour trois grandes raisons :

• Premièrement, **les effets du changement climatique se manifestent au plan local**. Le changement climatique est certes essentiellement défini par une hausse de la température moyenne mondiale à l'origine de modifications des profils climatiques régionaux, mais il se fait néanmoins sentir au plan local, sous la forme de températures diurnes plus élevées, d'orages plus violents, d'une diminution de la pluviosité, de modifications dans la date de début et dans la durée des périodes de végétation, etc. Il affecte aussi par voie de conséquence les activités de subsistance, les entreprises économiques, les risques pour la santé, etc. au niveau local. Le changement climatique mondial se traduit par des phénomènes localisés en fonction de la géographie et d'autres facteurs environnementaux, économiques et socio-politiques.

• Deuxièmement, **la vulnérabilité et la capacité d'adaptation se manifestent également au plan local**. Elles sont en effet fonction du contexte ; elles sont le résultat d'interactions entre de nombreux facteurs et processus socio-écologiques tels que les niveaux de revenus, le peuplement du territoire, les infrastructures, la santé de l'écosystème et celle de la population humaine, le sexe, le degré de participation politique et les comportements individuels.

• Troisièmement, **les mesures d'adaptation peuvent être mieux observées au niveau local**. L'expérience effective ou la prévision des effets du changement climatique déterminent les décisions et les mesures d'adaptation - ces dernières étant la traduction des connaissances et des capacités en comportements et en actes.

3. Qu'est-ce qu'un indicateur ?

Un **indicateur** est « une donnée sélectionnée à partir d'un ensemble statistique plus important car elle possède une signification et une représentativité particulières »[8] . Comme son nom le révèle, c'est une information qui *indique* quelque chose.

Un indicateur simplifie l'information pour mettre en lumière des phénomènes parfois complexes. Il quantifie l'information, sous la forme d'une mesure simple ou d'une mesure agrégée (de données multiples et disparates) dont on suit l'évolution ou que l'on compare à des valeurs de références (objectif politique, valeur limite, valeur guide).

8 : Définition de l'IFEN, reprise dans « Indicateurs régionaux d'efficacité en CO_2 et de développement des énergies renouvelables », Cahier technique, ADEME/IRARE, 2004.

Un indicateur n'a pas de sens en soi, il est défini par rapport à un objectif ou une problématique. Les objectifs assignés à des indicateurs peuvent être multiples :

- comparer des objets différents (dans l'espace et le temps),
- déceler les grandes tendances, (aspect prospectif)
- déterminer des modèles, des réponses, des axes et des priorités politiques (aide à la décision),
- coordonner et mettre en pratique les plans proposés (planification),
- mesurer le niveau de performance des réponses (évaluation des actions et des politiques).

Un indicateur peut être employé pour approcher une information lorsque celle-ci n'est pas disponible directement. Par exemple, il est difficile de quantifier la proportion de foyers n'ayant pas accès aux technologies de communication modernes (Internet, téléphonie mobile). L'indicateur « foyer composé de personnes âgées de plus de 70 ans » peut servir de proxy pour cette information.

Un indicateur peut couvrir des valeurs exprimées de manière totalement numérique (on parle alors d'indicateur quantitatif), selon une échelle discrétisée de valeurs chiffrées (indicateur semi-quantitatif), ou des valeurs non numériques et non nécessairement ordonnées, (par exemple « oui », « non », on parle alors d'indicateur qualitatif).

> Indicateurs simples et composites

Il est important de noter qu'un indicateur **possède une certaine représentativité d'une réalité,** mais ne peut pas être interprété comme l'intégralité de cette réalité.

- Par exemple, la température du corps humain peut être un indicateur de santé (la santé, comme la vulnérabilité, est un phénomène qui n'a pas d'unité). Une forte température indique qu'il y a un problème mais ne précise pas lequel. Cet indicateur n'est pas « tout puissant » puisqu'il est possible d'avoir des problèmes de santé sans forcément avoir de fièvre. [9]
- Par rapport à la thématique de la vulnérabilité, un indicateur simple pourrait être le % de personnes de plus de 70 ans.

Un indicateur peut être simple (comme l'exemple de la température du corps pris plus haut) ou composite. Un **indicateur composite** (dans certains cas on parle d'indice, et la valeur est alors exprimée par un nombre compris entre 0 et 1, par exemple l'indice de développement humain) est une valeur dérivée d'une combinaison de divers indicateurs, basée sur un modèle théorique d'un concept multidimensionnel qui est mesuré.

À titre d'exemple, l'indicateur « indice de sensibilité côtière » (coastal sensitivty index, CSI, présenté page 19 en annexe 2.a) est composé de 6 variables structurelles (type de roche, pente, géomorphologie, type de barrières, exposition du littoral, modification du littoral) et de 3 variables liées aux processus (élévation du niveau de la mer, hauteur moyenne des vagues, ampleur moyenne des marées).

9 : Manuel d'utilisation de l'outil EVI (Environmental Vulnerability Index) par UNEP - SOPAC.

> Indicateurs permettant une comparaison géographique et/ou dans le temps

Si l'on recherche la comparaison entre des régions ou des systèmes, un certain degré d'agrégation est nécessaire dans la prise en compte des informations. Si l'objectif est d'étudier précisément la vulnérabilité à une échelle fine, des indicateurs spécifiques sont alors nécessaires, qui ne permettront pas la comparaison. La même démarche s'applique pour un suivi dans le temps, où le même indicateur est réutilisé à intervalles réguliers (tous les ans par exemple).

D'autre part, les informations disponibles à l'échelle locale sont extrêmement nombreuses mais aussi diverses d'un territoire à l'autre. Des évaluations fines de la vulnérabilité à l'échelle locale devraient utiliser ces données afin d'être pertinentes. La mise à jour des indicateurs peut cependant s'avérer longue.



C. Les indicateurs de vulnérabilité - La revue de littérature

La revue de littérature réalisée dans le cadre de cette étude a nécessité le recensement et l'analyse de documents très divers. Il a par conséquent été choisi de faire précéder la partie relative à la description des indicateurs par deux parties introductives : l'une porte sur le périmètre de la revue de littérature, l'autre sur le contexte et les modalités de réalisation des études sur les indicateurs.

1. Méthodologie d'analyse de la présente revue de littérature. Utilisation de l'approche du « European Topic Centre on Air and Climate Change » (ETC/ACC)

Une étude menée en 2010 par l'ETC/ACC (Urban Regions: Vulnerabilities Assessment by Indicators and Adaptation Options for Climate Change Impacts - Scoping study) dresse un état des lieux des études de la vulnérabilité au changement climatique en milieu urbain ayant recours à des indicateurs. Ce rapport a été étudié attentivement. Les nombreuses sources analysées permettent aux auteurs de définir une approche optimisée du processus de développement d'indicateurs, dans un cadre précis (l'environnement urbain).

Bien que cette analyse soit approfondie, elle ne correspond pas totalement à l'angle retenu pour notre étude. La revue de littérature entreprise ici est néanmoins inspirée de la méthodologie mise en place par les auteurs du rapport ETC/ACC (analyse des sources selon plusieurs critères prédéfinis, réalisation de fiches).

2. Présentation générale des indicateurs identifiés

Au cours de la revue de littérature, une première série d'indicateurs a été compilée et classée. Les tableaux des pages suivantes présentent cet échantillon d'indicateurs.

Le premier tableau présente les indicateurs d'exposition, qui concernent les constatations physiques des changements climatiques que pourrait potentiellement subir le territoire. Le second présente des indicateurs relatifs à la sensibilité et le troisième présente des indicateurs relatifs à la capacité d'adaptation. Des tableaux complémentaires, relatifs aux documents sources qui citent chaque indicateur sont disponibles en annexe. Chaque tableau précise, pour chaque indicateur considéré :

- à quel aléa lié au changement climatique peut s'appliquer l'indicateur,

- si l'indicateur est applicable sur tous types de territoires ou spécifique à un cadre géographique particulier,
- si l'indicateur est quantitatif, qualitatif ou semi-quantitatif,
- et lorsque cela s'applique dans quelle unité il est exprimé.

N°	Nom indicateur	Vague de chaleur	Manque d'eau, sécheresse	Feux de forêt	Inondations en milieu urbain	Hausse du niveau de la mer, inondation par submersion	Crue torrentielle / coulées de boue ou de débris	Intrusion salée	Avalanches	Érosion littorale	Mouvement de terrain et érosion	Tempête : vent	Tempête : pluie	Tempête : neige	Tempête : submersion littorale	Maladies	Indicateurs généraux	Littoral	Montagnes	Urbain	Plaine	Forêt	Quantitatif ou qualitatif	Unité
4	Altitude					X	X		X		X							X	X				Quantitatif	m
18	Durée de la tempête											X	X	X	X		X						Quantitatif	heures ou jours
19	Durée des inondations passées				X	X	X										X						Quantitatif	heures ou jours
21	Efficacité des précipitations		X	X													X						Quantitatif	
26	Faible hygrométrie / humidité du sol	X	X	X													X						Quantitatif	
27	Fréquence des inondations dues à la submersion marine (basé sur l'évolution projetée du niveau de la mer)					X												X					Quantitatif	jours par an
28	Fréquence des inondations fluviales				X																X		Quantitatif	jours par an
29	Fréquence des périodes de sécheresse		X														X						Quantitatif	jours par an
30	Fréquences des inondations torrentielles						X										X						Quantitatif	jours par an
31	Hausse du niveau de la mer					X									X			X					Quantitatif	m
33	Hauteur moyenne des vagues					X									X			X					Quantitatif	m
34	Humidité moyenne	X																	X				Quantitatif	
35	Indicateur de conditions climatiques favorables aux incendies			X																	X		Semi-quantitatif	indice
36	Indicateur de stress thermique Klima-Michel	X															X						Semi-quantitatif	Indice
38	Indice de sensibilité côtière					X				X	X							X					Semi-quantitatif	Indice
43	Jours de vague de chaleur	X															X						Quantitatif	jours par an
45	Longueur de l'estran					X									X			X					Quantitatif	m
46	Magnitude des inondations passées				X	X	X										X						Quantitatif	hauteur d'eau ? Coût ?
49	Morphologie de la côte					X									X			X					Qualitatif	
51	Moyenne de précipitations en été	X	X	X	X		X		X		X		X			X	X						Quantitatif	mm
52	Moyenne de précipitations en hiver		X	X	X		X		X		X		X			X	X						Quantitatif	mm
56	Nombre d'arrêtés d'état de catastrophe naturelle pris dans le passé		X	X	X	X	X	X	X		X						X						Quantitatif	
61	Période de retour des inondations				X	X	X										X						Quantitatif	jours
64	Pollution de l'air : présence de particules	X																	X				Quantitatif	
65	Pourcentage de la population décédée ou affectée par une catastrophe naturelle	X	X	X	X	X	X				X	X	X		X	X	X						Quantitatif	
66	Précipitations		X	X	X	X	X		X		X		X			X	X						Semi-quantitatif	
79	Radiation thermique ondes longues	X															X						Quantitatif	
80	Ratio nombre de décédés / personnes affectées pour les catastrophes passées	X	X	X	X	X	X				X	X	X		X	X	X						Quantitatif	
81	Recul du trait de côté					X		X										X					Quantitatif	m /an
89	Température	X	X	X												X	X						Semi-quantitatif	
90	Température nocturne élevée	X															X						Quantitatif	degrés
92	Type de tempête (pluie, neige, grêle…)											X	X	X	X		X						Qualitatif	
95	Vitesse et direction du vent			X								X	X	X	X		X						Semi-quantitatif	
96	Zones inondables				X	X												X					Qualitatif	

Figure 2 : **Tableau de recensement des indicateurs d'exposition cités dans la littérature.**

N°	Nom indicateur	Vague de chaleur	Manque d'eau, sécheresse	Feux de forêt	Inondations en milieu urbain	Hausse du niveau de la mer, inondation par submersion	Crue torrentielle / coulées de boue ou de débris	Intrusion salée	Avalanches	Érosion littorale	Mouvement de terrain et érosion	Tempête : vent	Tempête : pluie	Tempête : neige	Tempête : submersion littorale	Maladies	Indicateurs généraux	Littoral	Montagnes	Urbain	Plaine	Forêt	Unité	Thématique
1	Accès à l'assainissement	X	X	X	X	X	X				X	X	X		X	X	X							social
6	Caractéristiques du sol		X				X			X	X						X							Milieux et sols
7	Caractéristiques géomorphologiques / typologie de la côte					X				X					X			X						Milieux et sols
10	DDI Disaster Deficit Index	X	X		X						X									X			Indice	
11	Demande en eau		X														X						m³ ?	Économique
12	Démographie	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							Social
13	Densité et distribution des espèces d'arbres			X							X											X		Milieux et sols
15	Dimension de l'aire habitée (ville, village, hameau)				X							X					X						km² ?	Infrastructure
17	Disponibilité en eau		X					X									X							Milieux et sols
22	Érodibilité du sol									X	X							X	X					Milieux et sols
32	Hauteur des arbres			X																		X	m	Milieux et sols
37	Indicateur de vulnérabilité au feu			X																		X	Indice	
41	Isolation géographique des habitations			X								X	X	X			X							Infrastructure
42	Isolation sociale	X	X		X		X									X	X							Social
44	LDI Local Disaster Index	X	X		X						X									X			Indice	
48	Mobilité des personnes et des biens	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X							
50	Mortalité infantile	X	X			X		X		X	X						X							social
57	Occupation des plaines inondables et lits majeurs				X																X			Économique
58	Occupation du sol	X	X	X	X	X	X		X	X	X						X							Infrastructure
59	Part des terres cultivées irriguées	X	X			X		X		X	X						X							Économique
60	Pente				X	X	X		X	X	X						X						degrés	Milieux et sols
62	Perméabilité du sol		X		X	X	X								X		X							Milieux et sols
68	Proportion de logements dans des immeubles de 5 étages ou plus	X																		X			%	Social
69	Proportion de moins de 5 ans	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X						%	Social
70	Proportion de personnes ne parlant pas la langue locale	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X						%	Social
71	Proportion de personnes atteintes de maladies chroniques ou sévères	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X						%	Social
72	Proportion de plus de 65 ans	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X						%	Social
73	Proportion d'énergie hydraulique		X														X						%	Économique
74	Proportion des activités économiques liées à la mer					X									X			X					% ?	Économique
76	Proportion d'immigrés récents	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X						%	Social
77	Proximité d'une aire urbaine			X																		X		Infrastructure
78	PVI Prevalent Vulnerability Index	X	X		X						X									X			Indice	
82	Résilience des réseaux de transport				X	X	X		X		X	X	X	X	X		X							Infrastructure
84	RMI Risk Management Index	X	X		X						X									X			Indice	
85	Structure géologique									X	X						X							Milieux et sols
86	Système de gestion du ruissellement urbain				X															X				Infrastructure
87	Taux d'alphabétisation des 15-24 ans	X	X	X	X	X	X				X	X	X		X	X	X						%	Social
91	Topographie				X	X	X		X		X								X	X	X			Milieux et sols

Figure 3 : **Tableau de recensement des indicateurs de sensibilité cités dans la littérature.**

N°	Nom indicateur	Vague de chaleur	Manque d'eau, sécheresse	Feux de forêt	Inondations en milieu urbain	Hausse du niveau de la mer, inondation par submersion	Crue torrentielle / coulées de boue ou de débris	Intrusion salée	Avalanches	Érosion littorale	Mouvement de terrain et érosion	Tempête : vent	Tempête : pluie	Tempête : neige	Tempête : submersion littorale	Maladies	Indicateurs généraux	Littoral	Montagnes	Urbain	Plaine	Forêt	Quantitatif ou qualitatif	Unité	Thématique
2	Accès aux technologies de communication	X			X				X			X	X	X		X	X						Qualitatif	Indice	Économique
3	Acclimatation de la population aux températures élevées	X																		X			Qualitatif		Social
5	Ancienneté de l'installation dans la région	X	X	X	X		X		X		X	X	X	X		X	X						Quantitatif	Années	Social
8	Conception des bâtiments	X			X	X	X		X			X	X	X	X		X						Qualitatif		Infrastructure
9	Connaissance et préparation de la population	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X						Qualitatif		Social
14	Dépenses consacrées à la protection contre les inondations				X	X	X										X						Quantitatif	euro	Économique
16	Disponibilité de réseaux alternatifs d'évacuation de l'eau				X	X	X										X						Qualitatif		Infrastructure
20	Efficacité des politiques et plans de gestion des risques (multirisques ou un risque en particulier)	X	X	X	X	X	X		X	X	X					X	X						Qualitatif		Économique
23	Existence d'un système d'alerte	X		X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X						Qualitatif		Institutionnel
24	Existence d'un système de surveillance	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						Qualitatif		Social
25	Expérience personnelle des habitants face au risque	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X						Qualitatif		Social
39	Infrastructure de protection de la côte					X									X			X					Qualitatif		Infrastructure
40	Investissements pour la conservation de l'eau		X														X						Quantitatif	euro	Social
47	Mesures de prévention non structurelles liées à la santé (vaccination, …)															X	X						Qualitatif		Social
53	Nature du réseau routier dans les forêts			X																	X		Qualitatif		Infrastructure
54	Niveau de revenu	X	X									X	X	X	X	X	X						Semi-quantitatif		Économique
55	Niveau d'éducation	X	X									X	X	X	X	X	X						Semi-quantitatif		Social
63	PIB / habitant	X	X									X	X	X	X	X	X						Semi-quantitatif		Économique
67	Présence de tours de surveillance des incendies			X																	X		Qualitatif		Social
75	Proportion des logements assurés contre un ou plusieurs risques		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X						Quantitatif	%	Économique
83	Ressources économiques	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X						Semi-quantitatif		Économique
88	Taux de chômage	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X						Quantitatif	%	Social
93	Usage de mesures de mitigation structurelles				X	X	X	X	X	X	X						X						Qualitatif		Milieux et sols
94	Usage de sources alternatives d'approvisionnement en eau		X														X						Qualitatif		Social

Figure 4 : **Tableau de recensement des indicateurs de capacité d'adaptation cités dans la littérature.**

3. Quelques indicateurs à reprendre pour des collectivités

> Part de la population âgée de plus de 65 ans

On peut établir une échelle en se basant sur la proportion de personnes âgées de plus de 65 ans dans les régions de France métropolitaine (chiffres INSEE 2009). La moyenne est de 17,8 %, l'écart type de 2,4. On peut définir les classes comme suit :

- La classe "moyenne" correspond aux valeurs comprises entre "moyenne –½" et "moyenne +½", soit 16,6 à 19.
- La classe "faible" correspond aux valeurs comprises entre "moyenne –" et "moyenne –½", soit 14,2 à 16,6.
- La classe "importante" correspond aux valeurs comprises entre "moyenne +1/2" et "moyenne +", soit 19 à 21,4.
- Les classes "très faible" et "très importante", respectivement en dessous de la classe faible et au-dessus de la classe importante.

Très faible	Faible	Moyenne	Importante	Très importante
< 14,2 %	14,2 % à 16,6 %	16,6 % à 19 %	19 % à 21,4 %	> 21,4 %

> Nombre de jours à plus de 30°C par an en moyenne

Ici l'échelle de valeur sélectionnée est arbitraire, sans justification particulière. Cela peut par exemple correspondre à une connaissance d'un territoire particulier.

0	1	2	3	4	5
Aucun	1 à 5	6 à 10	11 à 15	16 à 20	Plus de 20

> Densité de population

Cet indicateur est issu du rapport du BRGM (voir annexes). La densité de population est donnée en habitants/km^2. La classification proposée par les auteurs est la suivante :

< 50	50 à 100	100 à 500	500 à 1 000	> 1 000

> Classe d'étendue des feux

Cet indicateur est issu de l'étude Ho et al. Pour chaque feu passé enregistré dans la base de données consultée pour leur étude, les auteurs attribuent une classe en fonction de la surface affectée par les flammes (surface en acres, unité de mesure impériale. 1 acre = 4 046,9 m^2 ≈ ½ hectare).

A	B	C	D	E	F	G
0 à 0,24	0,25 à 9,99	10 à 99,99	100 à 299,99	300 à 999,99	1 000 à 4 999,99	> 5 000

Ici encore, les indicateurs vont davantage refléter un état des lieux qu'une évaluation prospective de la vulnérabilité.

4. Description et commentaires sur les indicateurs identifiés

4.1 Possibilité de transfert de la méthodologie des indicateurs identifiés

À partir de ce recensement effectué, il est important de souligner que les méthodologies présentées dans les documents analysés ne sont pas toujours détaillées. Ainsi, si le calcul de certains indicateurs est expliqué, les formules exactes ne sont pas données. Dans la plupart des cas la description des indicateurs est trop succincte. Par exemple, l'indicateur « enfants de moins de 14 ans » est employé par Kim et al. pour identifier les jeunes foyers, mais les auteurs ne précisent pas comment cet indicateur est utilisé : considèrent-ils seulement la présence d'enfants de moins de 14 ans ou aussi le nombre d'enfants ? L'indicateur est-il utilisé en pourcentage pour évaluer la sensibilité d'un territoire dans son ensemble ou à une échelle plus fine pour évaluer la vulnérabilité d'un foyer en particulier ? Quel est le poids de cet indicateur dans le calcul de l'indicateur composite « jeunes foyers » ?

Même lorsque les méthodologies sont largement documentées, le transfert est difficilement envisageable. **La justification des choix d'indicateurs, de méthode de normalisation ou de pondération n'est pas expliquée.** Il n'est dès lors pas possible de comprendre comment adapter la méthode à un autre cadre. Ainsi dans l'étude de Ballester et al., les années sont divisées en mois chauds (mai à octobre) et mois froids (novembre à avril), ce qui correspond au climat de Valence, mais pas forcément à d'autres zones.

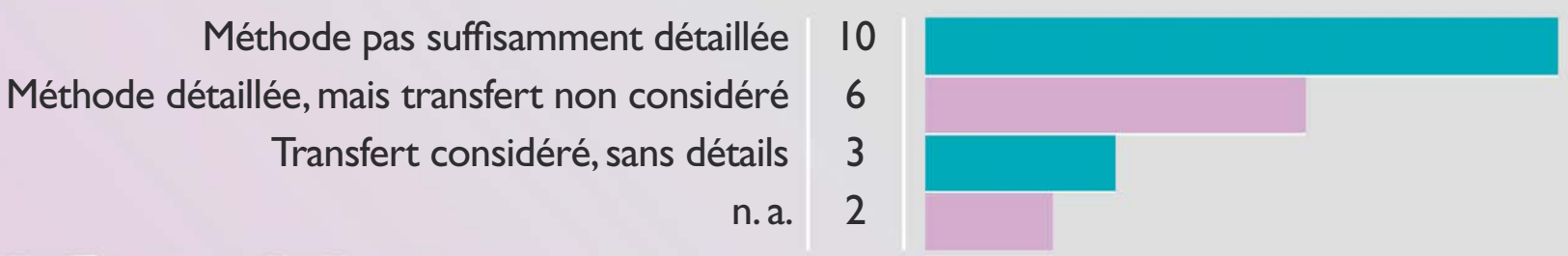
Certains des documents consultés mentionnent explicitement la possibilité de transférer la méthodologie développée à d'autres situations, mais le sujet n'est pas approfondi.

D'une manière générale, **les problématiques traitées sont pointues, et répondent à la réalité du terrain étudié, ce qui entrave considérablement la transposition des approches**. Cela est évoqué dans le rapport du BRGM[10]. Les auteurs ont choisi de centrer leur étude de la vulnérabilité côtière sur la région Languedoc-Roussillon, pour laquelle le corpus de données disponible est important. Cependant ils indiquent dès l'introduction que « réaliser une extension à d'autres régions n'est pas immédiat en raison des contextes hydro-sédimentaires et morphologiques différents ».

Il est important de noter que **certaines approches ne sont pas transférables pour des raisons culturelles.** Les indicateurs choisis peuvent refléter une situation différente selon les zones étudiées. L'acceptabilité des indicateurs est également à prendre en compte. Par exemple, dans plusieurs cas d'études en Amérique du Nord et en Australie l'origine ethnique des populations est utilisée comme indicateur de pauvreté ou de sensibilité accrue (« Asiatiques et Africains » pour Kim et al., « pourcentage de la population d'une race autre que blanche » pour Reid et al.). Un tel indicateur semble difficilement acceptable en France. D'ailleurs, de telles données n'y sont pas disponibles.

10 : Plus d'informations sur ce rapport en annexe.

Conseils sur l'application et le transfert des méthodes



4.2 Domaines variés et diversement étudiés

Les impacts du changement climatique sont nombreux et divers. La modification attendue de certains paramètres météorologiques, notamment la température ou le régime des précipitations, pourrait avoir des conséquences variées, sur des activités, des secteurs, des zones géographiques. La multiplicité des domaines pour lesquels des impacts sont envisagés ne saurait être couverte par une seule méthodologie. Dès lors il n'est pas surprenant que les documents étudiés se focalisent sur une ou plusieurs thématiques.

En revanche, il est intéressant d'étudier la distribution des thèmes. Ainsi, on observe que **le tiers des documents analysés traitent de l'augmentation des vagues de températures extrêmes et de leur effet sur la santé humaine.**

D'une manière générale, les aléas considérés sont d'abord l'augmentation de la fréquence des vagues de chaleur et l'élévation du niveau de la mer, puis les phénomènes directement liés aux modifications des régimes de température et de précipitations (feux, sécheresse).

Les secteurs impactés sont traités diversement. La plupart des études prennent en considération l'impact humain et social, ainsi que l'impact économique direct (dommages et pertes). Les activités humaines sont mentionnées dans plusieurs études, notamment l'agriculture et le tourisme.

Certaines études sont focalisées sur un thème précis (le littoral, les effets sanitaires), d'autres traitent plusieurs thèmes différents (notamment Adger et al., Kropp et al.).

Il est difficile de réaliser une liste exhaustive des thématiques à aborder dans un diagnostic de vulnérabilité, car cela dépend en grande partie du contexte considéré. De ce fait, la liste des indicateurs identifiés offre une première base de réflexion, qui doit être complémentée par des indicateurs spécifiques.



4.3 L'horizon temporel

La notion de vulnérabilité au changement climatique concerne les dommages potentiels futurs, les indicateurs de vulnérabilité devraient donc avoir une composante prospective. Cependant, parmi les documents analysés, **de nombreuses études se contentent de dresser un état des lieux de la vulnérabilité au changement climatique, souvent basé sur des données passées.** En effet, dans certains cas l'on peut se contenter d'émettre l'hypothèse que les évènements passés seront aggravés par le changement climatique.

Parmi les études qui envisagent une prospective, **seules cinq se basent sur des scénarios clairement définis** (scénarios du GIEC ou autres[11]).

Deux études[12] ne font pas explicitement référence à une approche prospective, mais offrent des résultats qui peuvent être utilisés pour une surveillance quotidienne et, si les seuils adéquats sont définis, pour prévenir les phases de vigilance et d'alerte.

11 : Les scénarios retenus pour ces études sont : les scénarios A2 et B2 du GIEC avec enjeux constants et situation économique constante pour l'étude du BRGM, les scénarios A1, A2 et B1 du GIEC pour l'étude de Kropp et al., le scénario GISS GCM 2100 pour l'étude de Lane et al., palliers de température définis pour chaque district pour le document du NHS, agrégation de différents scénarios à l'horizon 2030 pour l'étude de Preston et al.

12 : Ho et al. Et Huynen et al.

4.4 Quelques exemples d'indicateurs

> Indicateur composite sur la vulnérabilité des côtes CSI (Coastal Sensitivity Index)

Cet indicateur est issu de l'étude "Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index: a case study from Southeast Australia", P. A. O. Abuodha, C. D. Woodroffe.

Il s'agit d'un indice composite : l'indice de sensibilité côtière. Il est composé de 6 variables structurelles (type de roche, pente, géomorphologie, type de barrières, exposition du littoral, modification du littoral) et de 3 variables liées aux processus naturels (élévation du niveau de la mer, hauteur moyenne des vagues, ampleur moyenne des marées). Les données sont obtenues pour une période donnée par observation de photographies aériennes, et complétées par des mesures sur le terrain. La zone étudiée est découpée selon une grille en carrés de 1,5 Km de côté. L'indicateur est calculé pour chaque cellule de la grille.

Les neuf variables ainsi utilisées (a, b, c, d, e, f, g, h, i) sont évaluées sur une échelle de 1 à 5[13]. L'indice agrégé est ensuite calculé par le biais de la formule suivante :

$$CSI = \sqrt{(a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e \cdot f \cdot g \cdot h \cdot i)} / 9.$$

13 : Plus de détails sur les variables de l'indice CSI en annexe.

Le tableau de normalisation des indicateurs est le suivant :

	Ranking of Coastal Sensitivity Index (CSI)					
	Structural variables					
ID	Variable	Very low (1)	Low (2)	Moderate (3)	High (4)	Very high (5)
a	**Rock types**	-	Shoalhaven Group	Narrabeen Group	Illawarra Coal Measures	Quaternary sediments
b	**Coastal slope (degrees)**	Cliffed coast (> 45)	Steep slopes (> 20.1 - 45)	Moderate slopes (10.1-20.0)	Gentle slopes (6.1 - 10.0)	Low plains (0.0- 6.0)
c	**Geomorphology**	High hard rock sea cliffs	Medium hard rock sea cliffs	Coastal re-entrants	Sandy shores backed by bedrock & artificial structures	Sandy shores backed by dunes and plains
d	**Barrier type**	Prograded barriers	Mainland beach barriers	Stationary barriers	Transgressive dune barrier	receded Barriers
e	**Shoreline exposure (degrees)**	-	Sheltered (> 135)	Semi-exposed (45-135)	Exposed (30-45)	Fully exposed (0-30)
f	**Shoreline change (m/yr)**	> +2.0	1.0 - +1.9	± 0.9	- 1.0 – 1.9	< -2.0
	Process variables					
g	**Relative sea-level rise (mm/y)**	< 0.0	0.0 - 0.9	1.0 – 2.0	2.1 – 3.0	> 3.1
h	**Mean wave height (m)**	0.0 – 0.5	0.6 – 1.0	1.1 – 1.5	1.6 – 2.0	> 2.1
j	**Mean tide range (m)**	> 2.1	1.6 – 2.0	1.1 – 1.5	0.6 – 1.0	0.0 - 0.5

Figure 5 : **Tableau de normalisation des 9 variables utilisées dans l'indice CSI.**
Source : Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index: a case study from Southeast Australia, P.A. O. Abuodha, C. D. Woodroffe.

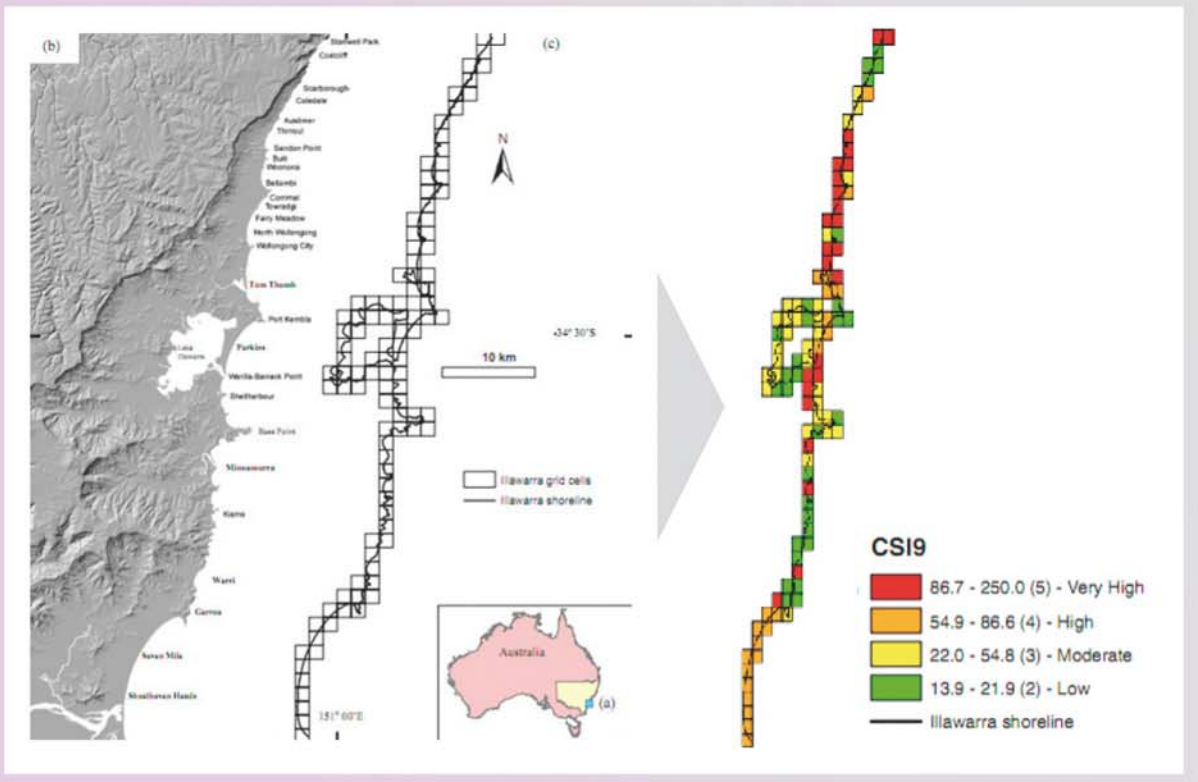


Figure 6 : **Carte normalisée utilisée par l'étude. Les résultats sont divisés en quartiles, nommés sensibilité très haute, haute, modérée et basse.**

> Regional Vulnerability Indicator (RVI) pour les vagues de chaleur, North Rhine Westphalia

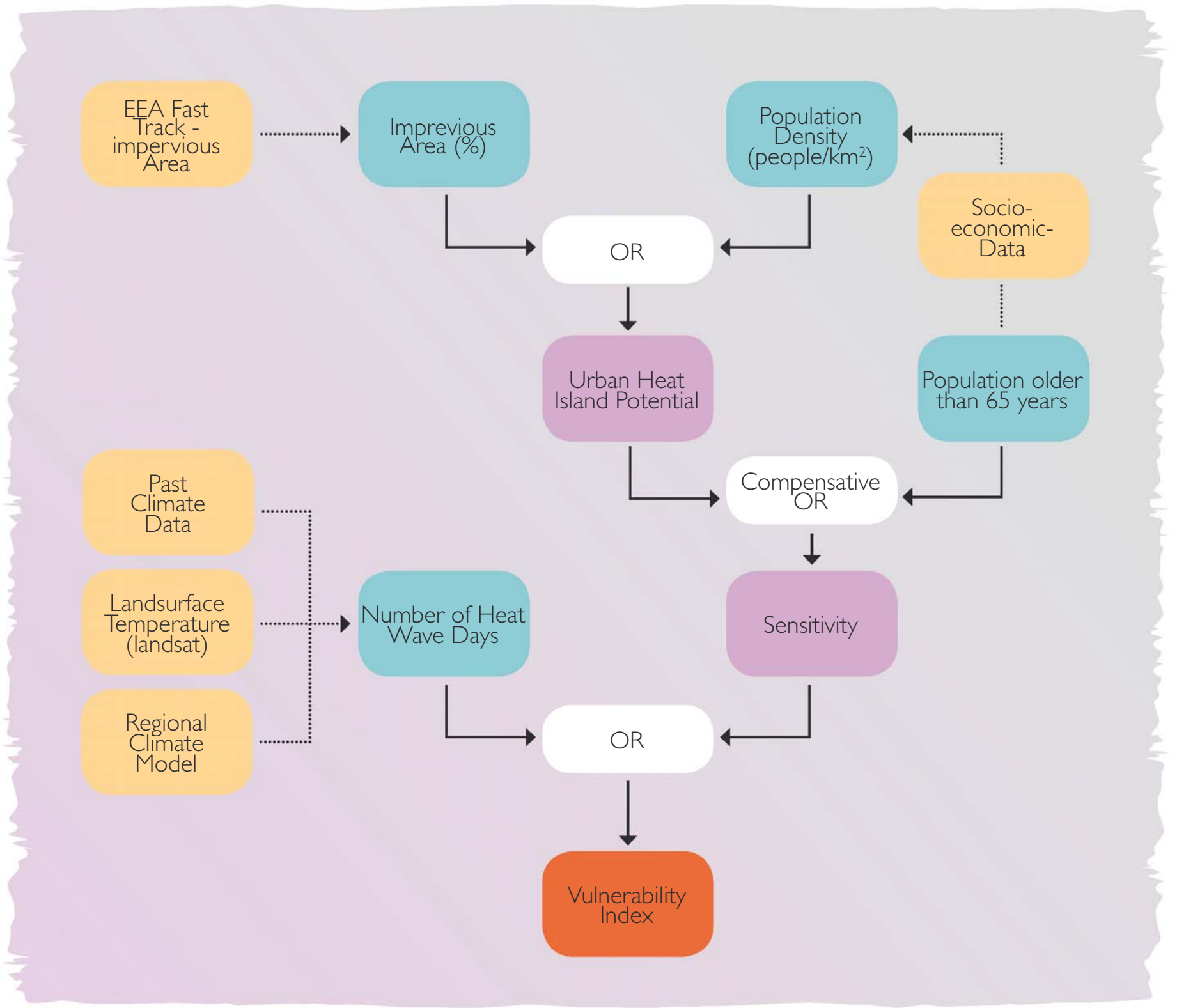
Cet indicateur est cité dans l'étude ETC.

Il s'agit d'un indicateur composite car il mêle des composants calculés dans des unités différentes :

- Exposition :
  - Nombre de jours de forte chaleur (2020, 2050, 2080).
- Sensibilité :
  - Zone imperméabilisée (%) ;
  - Densité de population (hab/km^2) ;
  - Population > 65 ans.

Les données sont normalisées sur des échelles de 0 à 1 selon une fonction linéaire entre le min et le max des valeurs atteintes.

Enfin, le résultat est calculé pour chaque zone et représenté sur des cartes, à horizon 2020, 2050 et 2080.



5. Conclusions

La thématique de la vulnérabilité au changement climatique est à rapprocher de l'étude des risques naturels.

Or, si le sujet de la vulnérabilité face aux risques naturels est exploré par les scientifiques depuis de nombreuses années, le changement climatique soulève des problématiques nouvelles. Les méthodes « traditionnelles » se heurtent aux larges incertitudes liées à l'évolution du climat. Face à ces questions, il est nécessaire d'envisager l'étude de la vulnérabilité sous un angle nouveau.

De l'étude de ces documents ressortent deux typologies d'études aux échelles nationales et locales :

- **Les indicateurs ou indices de vulnérabilité au changement climatique ont été principalement utilisés à un niveau national,** notamment dans le cadre des négociations internationales sur le changement climatique (afin de négocier l'attribution des financements liés à l'adaptation par exemple). Ces indices utilisent des statistiques très globales comme par exemple le PIB, la mortalité liée aux évènements climatiques suffisamment extrêmes pour que les pays aient par exemple fait appel à l'aide internationale (ouragan, inondations…) ;
- Les **études à un niveau plus local** sont souvent menées par des universités ou des laboratoires scientifiques dans le cadre de projets de recherche en collaboration avec des collectivités, et concernent soit des **régions précises,** soit des **risques précis** avec des modélisations complexes et notamment l'utilisation d'outils de cartographie. Le transfert de ces méthodes spécifiques à d'autres contextes est souvent difficilement envisageable.

Il ressort d'autre part que la création d'indicateurs de vulnérabilité présente plusieurs défis :

- **Les définitions de la vulnérabilité et de ses composantes** (exposition et sensibilité, parfois capacité d'adaptation) **sont souvent différentes d'une étude à l'autre**. Cela est dû au fait que selon la communauté scientifique (changement climatique, risques naturels mais aussi sécurité alimentaire ou pauvreté et développement), les définitions sont donc « personnalisées » différemment. .
- **La vulnérabilité n'a pas d'unité de mesure**, ainsi, pour pouvoir être interprétées, les données locales doivent être « normalisées », par exemple projetées sur des échelles allant de 0 à 5. L'utilisation d'indicateurs composites permet d'obtenir une vision générale d'une situation (prenant en compte plusieurs aspects), mais peut biaiser les comparaisons (le poids de chaque élément n'étant plus différenciable, deux situations différentes peuvent obtenir la même valeur d'indicateur)[14].
- La vulnérabilité au changement climatique **concerne les dommages futurs** que pourrait subir le territoire, alors que **beaucoup d'indicateurs ne prennent en compte finalement que l'état des lieux actuel**, ne trouvant pas de moyen satisfaisant d'intégrer l'aspect prospectif.

14 : Exemple : un indicateur I faisant la somme des données A (pourcentage de population âgée de moins de 5 ans) et B (pourcentage de population âgée de plus de 70 ans). Le „score" attribué sera le même pour un territoire X dont la population est constituée de 20% de moins de 5 ans et 5% de plus de 70 ans et pour un territoire Y dont la population comprend 10% de moins de 5 ans et 15% de plus de 70 ans. Pourtant, les situations de ces territoires sont différentes.

D. Annexes

I. Tableau des indicateurs avec les sources

Ces tableaux permettent de relier les indicateurs cités p.2 aux différentes études incluses dans la revue de bibliographie.

N°	Nom indicateur	Abuodha and Woodroffe 2010	Adger et al. 2004	Anshory et al. 2009	Ballester et al. 1997	BRGM 2009	Cardona 2005	EEA 2010	Espon (Draft Scientific Report)	German Meteo Institute, DWD	Harvey et al. 2009	Ho and Odening 2009	Huynens et al. 2001	ICRISAT 2009	Katzschner 2010	Kim 2007	Klinenberg 2002	Kropp et al. 2009	Kysely 2004	Lane et al. 1999	McGeehin andMirabelli 2001	Moeller 2004	Preston et al. 2008	Reid et al. 2009	Rinner et al. 2010	Sullivan 2008	UK's national heatwave plan 2009	Wilhelmi et al. 2004	Autre étude citée dans ETC
4	Altitude																												X
18	Durée de la tempête																												X
19	Durée des inondations passées										X																		
21	Efficacité des précipitations																												X
26	Faible hygrométrie / humidité du sol																												X
27	Fréquence des inondations dues à la submersion marine (basé sur l'évolution projetée du niveau de la mer)								X																X				
28	Fréquence des inondations fluviales								X																X				
29	Fréquence des périodes de sécheresse																												X
30	Fréquences des inondations torrentielles																								X				
31	Hausse du niveau de la mer										X														X				
33	Hauteur moyenne des vagues	X																											
34	Humidité moyenne			X																									
35	Indicateur de conditions climatiques favorables aux incendies											X																	
36	Indicateur de stress thermique Klima-Michel									X																			
38	Indice de sensibilité côtière	X																											
43	Jours de vague de chaleur																	X											
45	Longueur de l'estran	X																											
46	Magnitude des inondations passées										X																		
49	Morphologie de la côte				X																								
51	Moyenne de précipitations en été								X																				
52	Moyenne de précipitations en hiver								X																				
56	Nombre d'arrêtés d'état de catastrophe naturelle pris dans le passé				X																								
61	Période de retour des inondations										X																		
64	Pollution de l'air : présence de particules			X																									
65	Pourcentage de la population tuée ou affectée par une catastrophe naturelle		X																										
66	Précipitations																					X							
79	Radiation thermique ondes longues																										X		
80	Ratio nombre de tués / personnes affectées pour les catastrophes passées		X																										
81	Recul du trait de côté	X																											
89	Température								X				X					X				X							
90	Température nocturne élevée										X																		
92	Type de tempête (pluie, neige, grêle…)																												X
95	Vitesse et direction du vent										X																		
96	Zones inondables				X																								

Figure 8 : Tableau de recensement des indicateurs d'exposition cités dans la littérature, avec les ouvrages source.

N°	Nom indicateur	Abuodha and Woodroffe 2010	Adger et al. 2004	Anshory et al. 2009	Ballester et al. 1997	BRGM 2009	Cardona 2005	EEA 2010	Espon (Draft Scientific Report)	German Meteo Institute, DWD	Harvey et al. 2009	Ho and Odening 2009	Huynens et al. 2001	ICRISAT 2009	Katzschner 2010	Kim 2007	Klinenberg 2002	Kropp et al. 2009	Kysely 2004	Lane et al. 1999	McGeehin andMirabelli 2001	Moeller 2004	Preston et al. 2008	Reid et al. 2009	Rinner et al. 2010	Sullivan 2008	UK's national heatwave plan 2009	Wilhelmi et al. 2004	Autre étude citée dans ETC
1	Accès à l'assainissement		X																									
6	Caractéristiques du sol																											X
7	Caractéristiques géomorphologiques / typologie de la côte																											X
10	DDI Disaster Deficit Index						X																					
11	Demande en eau																											X
12	Démographie										X				X	X		X				X	X	X		X		
13	Densité et distribution des espèces d'arbres										X																	
15	Dimension de l'aire habitée (ville, village, hameau)														X							X						
17	Disponibilité en eau																											X
22	Érodibilité du sol																											X
32	Hauteur des arbres										X																	
37	Indicateur de vulnérabilité au feu										X																	
41	Isolation géographique des habitations																											X
42	Isolation sociale																				X						X	
44	LDI Local Disaster Index						X																					
48	Mobilité des personnes et des biens																											X
50	Mortalité infantile													X														
57	Occupation des plaines inondables et lits majeurs																											X
58	Occupation du sol																					X	X					
59	Part des terres cultivées irriguées													X											X			
60	Pente																											X
62	Perméabilité du sol																											X
68	Proportion de logements dans des immeubles de 5 étages ou plus																							X				
69	Proportion de moins de 5 ans																					X						
70	Proportion de personne ne parlant pas la langue locale															X								X				
71	Proportion de personnes atteintes de maladies chroniques ou sévères																						X			X		
72	Proportion de plus de 65 ans																					X		X		X		
73	Proportion d'énergie hydraulique																		X									
74	Proportion des activités économiques liées à la mer																											X
76	Proportion d'immigrés récents																							X				
77	Proximité d'une aire urbaine										X																	
78	PVI Prevalent Vulnerability Index						X																					
82	Résilience des réseaux de transport																											X
84	RMI Risk Management Index						X																					
85	Structure géologique	X																										
86	Système de gestion du ruissellement urbain																											X
87	Taux d'alphabétisation des 15-24 ans		X																									
91	Topographie					X																X						

Figure 9 : Tableau de recensement des indicateurs de sensibilité cités dans la littérature, avec les ouvrages source.

N°	Nom indicateur	Abuodha and Woodroffe 2010	Adger et al. 2004	Anshory et al. 2009	Ballester et al. 1997	BRGM 2009	Cardona 2005	EEA 2010	Espon (Draft Scientific Report)	German Meteo Institute, DWD	Harvey et al. 2009	Ho and Odening 2009	Huynens et al. 2001	ICRISAT 2009	Katzschner 2010	Kim 2007	Klinenberg 2002	Kropp et al. 2009	Kysely 2004	Lane et al. 1999	McGeehin andMirabelli 2001	Moeller 2004	Preston et al. 2008	Reid et al. 2009	Rinner et al. 2010	Sullivan 2008	UK's national heatwave plan 2009	Wilhelmi et al. 2004	Autre étude citée dans ETC
2	Accès aux technologies de communication																						X					
3	Acclimatation de la population aux températures élevées																										X	
5	Ancienneté de l'installation dans la région																											X
8	Conception des bâtiments														X							X						
9	Connaissance et préparation de la population																											X
14	Dépenses consacrées à la protection contre les inondations										X																	
16	Disponibilité de réseaux alternatifs d'évacuation de l'eau																											X
20	Efficacité des politiques et plans de gestion des risques (multirisques ou un risque en particulier)																											X
23	Existence d'un système d'alerte																											X
24	Existence d'un système de surveillance																											X
25	Expérience personnelle des habitants face au risque																											X
39	Infrastructure de protection de la côte																											X
40	Investissements pour la conservation de l'eau							X																				
47	Mesures de prévention non structurelles liées à la santé (vaccination, …)																											X
53	Nature du réseau routier dans les forêts										X																	
54	Niveau de revenu																X											
55	Niveau d'éducation			X							X											X	X	X				
63	PIB / habitant										X																	
67	Présence de tours de surveillance des incendies										X																	
75	Proportion des logements assurés contre un ou plusieurs risques																											X
83	Ressources économiques																											X
88	Taux de chômage																											X
93	Usage de mesures de mitigation structurelles	X																										
94	Usage de sources alternatives d'approvisionnement en eau							X																				

Figure 10 : **Tableau de recensement des indicateurs de capacité d'adaptation cités dans la littérature, avec les ouvrages source.**

2. Résumés des études recensées

Afin de faciliter la lecture des fiches réalisées sur chaque document inclus dans ce recueil, le tableau ci-dessous propose un court résumé des objectifs de chaque étude.

	TITRE	OBJECTIF DE L'ÉTUDE
A	**Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index: a case study from Southeast Australia**	Développer un indice semi-quantitatif basé sur plusieurs variables physiques (typologie de la côte, relief, géologie, …) permettant d'évaluer le degré de vulnérabilité à l'élévation du niveau de la mer d'une section de la côte sud-est de l'Australie.
B	**New indicators of vulnerability and adaptation capacity**	Rapport final d'un projet de recherche visant à mettre en place une base de données opérationnelle d'indicateurs socio-économiques de vulnérabilité au changement climatique (au niveau d'un pays) et étudier l'état de santé et le capital social en tant que facteurs de vulnérabilité.
C	**Mortality as function of temperature. A study in Valencia, Spain**	Étudier la relation entre le nombre de décès par jour et les variations de température dans la ville de Valence, Espagne.
D	**Impacts du changement climatique - Adaptation et coûts associés en France pour les risques côtiers**	Évaluer l'impact du changement climatique sur l'érosion littorale et la submersion ; avancer des mesures permettant de réduire le coût des impacts.
E	**A system of indicators for disaster risk management in the Americas**	Développer un système d'indicateurs permettant une évaluation systématique et quantitative des pays sur une période allant de 1980 à 2000.
F	**Safe water and healthy water services in a changing environment**	Rapport de préparation d'une conférence sur l'environnement et la santé. Les études analysées permettent d'établir dans quelle mesure les stratégies de planification peuvent constituer un outil efficace pour réduire les risques dus au changement climatique.
G	**Preliminary assessment and roadmap for the elaboration of Climate Change Vulnerability Indicators at regional level**	Évaluer la faisabilité du développement d'indicateurs accompagnant l'adoption de politiques européennes telles que définies dans le Livre Blanc de 2009. Fournir une liste d'indicateurs et les données sources adéquates, et évaluer les possibilités d'utilisation de ces indicateurs pour surveiller et évaluer les politiques de financement européennes d'adaptation et évaluer l'efficacité des propositions de politiques d'adaptation au niveau local, régional, national et européen.
H	**Weather-based estimation of wildfire risk**	Effectuer une étude statistique exploratoire de la prédiction pour répondre à deux questions : • Quelle est la probabilité qu'un feu se déclare en un jour donné selon les conditions météorologiques ? • Quand un feu se déclare, quelle sera son étendue ?

	TITRE	OBJECTIF DE L'ÉTUDE
I	**The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population**	Étudier l'impact de la température ambiante sur la mortalité aux Pays-Bas sur la période 1979-1997, et en particulier l'impact des épisodes fortes et basses températures.
J	**Quantitative assessment of vulnerability to climate change**	Développer des indicateurs de vulnérabilité démographique, climatique, et agricole.
K	**Assessment of socioeconomic vulnerability of Coastal Areas from an indicator based approach**	Présenter une approche méthodologique de l'évaluation de la vulnérabilité côtière, en particulier du point de vue socio-économique, à l'aide d'indicateurs.
L	**Klimawandel in Nordrhein-Westfalen**	Évaluer la sensibilité de secteurs définis au changement climatique (forêt…).
M	**Indicators of impacts of global Climate Change on United States water resources**	Identifier des indicateurs pour l'évaluation des ressources en eau.
N	**The potential impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States**	Étudier le lien entre les conditions climatiques extrêmes et la mortalité, et identifier les zones à approfondir par des recherches complémentaires, ainsi que les manques de données.
O	**Heatwave plan for England. Protecting health and reducing harm from extreme heat and heatwaves**	Guide présentant les bonnes pratiques et le plan canicule du ministère anglais de la santé.
P	**Systems approach to regional climate change adaptation strategies in metropolises**	Explorer les capacités d'adaptation du groupement des Conseils Côtiers de la région de Sydney face au changement climatique.
Q	**Mapping community determinants of heat vulnerability**	Spatialiser la vulnérabilité aux températures élevées et identifier les zones d'intervention potentielles, ainsi que les possibilités de recherche complémentaires.
R	**The role of maps in neighbourhood-level heat vulnerability assessment for the city of Toronto**	Développer des outils cartographiques permettant d'identifier les populations vulnérables et les zones sensibles, afin de guider l'action publique à court terme.
S	**The climate vulnerability index : relevance to the tourism sector**	Développer un indice synthétique de vulnérabilité climatique, et confirmer sa légitimité pour un secteur d'activité spécifique (le tourisme).
T	**Designing of a geospatial information infrastructure for mitigation of heat wave hazards in urban area**	Montrer l'importance et le rôle que peuvent jouer les SIG (systèmes d'information géographique) dans la compréhension et la mitigation des canicules en milieu urbain.
U	**Climate change vulnerability mapping for Southeast Asia**	Identifier les zones les plus vulnérables aux impacts du changement climatique en Asie du Sud-Est et les cartographier pour mieux cibler l'action et les mesures d'adaptation.

A

Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index : a case study from Southeast Australia

P.A. O. Abuodha, C. D. Woodroff - 2004

Source	Journal of coastal conservation, 2010, volume 14, pages 189-205
Objectif de l'étude	Développer un indice semi quantitatif basé sur plusieurs variables physiques (typologie de la côte, relief, géologie, …) permettant d'évaluer le degré de vulnérabilité à l'élévation du niveau de la mer d'une section de la côte sud-est de l'Australie.
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** [ ] experts, parties prenantes [ ] élus, décideurs [ ] grand public [ ] autre : [ ] au niveau local [ ] au niveau régional [X] au niveau national **[X] au niveau mondial**
Cas d'étude	Ilawara, côte sud de Nouvelle Galles du Sud
Échelle d'application	[ ] locale **[X] régionale** [ ] nationale [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	**[X] littoral** [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale [ ] autre :
Description de la méthode	Les données sont obtenues pour une période donnée par observation de photographies aériennes, et complétées par des mesures sur le terrain. La zone étudiée est découpée selon une grille en carrés de 1,5 Km de côté. L'indicateur est calculé pour chaque cellule de la grille. Les différentes variables employées (a, b, c, d, e, f, g, h, i) sont évaluées sur une échelle de 1 à 5.

Table 1 Coastal sensitivity index classes developed for the Illawarra coast. The colour scheme depicts the level of sensitivity with blue indicating very low sensitivity while red indicates very high sensitivity

	Ranking of Coastal Sensitivity Index (CSI)					
	Structural variables					
ID	Variable	Very low (1)	Low (2)	Moderate (3)	High (4)	Very high (5)
a	Rock types	-	Shoalhaven Group	Narrabeen Group	Illawarra Coal Measures	Quaternary sediments
b	Coastal slope (degrees)	Cliffed coast (> 45)	Steep slopes (> 20.1 - 45)	Moderate slopes (10.1-20.0)	Gentle slopes (6.1 - 10.0)	Low plains (0.0- 6.0)
c	Geomorphology	High hard rock sea cliffs	Medium hard rock sea cliffs	Coastal re-entrants	Sandy shores backed by bedrock & artificial structures	Sandy shores backed by dunes and plains
d	Barrier type	Prograded barriers	Mainland beach barriers	Stationary barriers	Transgressive dune barrier	receded Barriers
e	Shoreline exposure (degrees)	-	Sheltered (> 135)	Semi-exposed (45-135)	Exposed (30-45)	Fully exposed (0-30)
f	Shoreline change (m/yr)	> +2.0	1.0 - +1.9	± 0.9	- 1.0 – 1.9	< -2.0
			Process variables			
g	Relative sea-level rise (mm/y)	< 0.0	0.0 - 0.9	1.0 – 2.0	2.1 – 3.0	> 3.1
h	Mean wave height (m)	0.0 – 0.5	0.6 – 1.0	1.1 – 1.5	1.6 – 2.0	> 2.1
j	Mean tide range (m)	> 2.1	1.6 – 2.0	1.1 – 1.5	0.6 – 1.0	0.0 - 0.5

L'indice agrégé est ensuite calculé par le biais de la formule suivante :

$$CSI = \sqrt{(a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e \cdot f \cdot g \cdot h \cdot i)} / 9.$$

Alternativement, d'autres agrégations sont testées en n'utilisant que certaines variables. Ces autres agrégations permettent de déterminer celle qui rend le mieux compte de la situation. Les résultats sont divisés en quartiles, nommés sensibilité très haute, haute, modérée et basse.

Exemples d'indicateurs	L'indice final est un indice composite : l'indice de sensibilité côtière (coastal sensitivity index, CSI). Il est composé de 6 variables structurelles (type de roche, pente, géomorphologie, type de barrières, exposition du littoral, modification du littoral) et de 3 variables liées aux processus (élévation du niveau de la mer, hauteur moyenne des vagues, ampleur moyenne des marées).
Impacts considérés	**[X] aléas naturels** [ ] impact sanitaire [ ] impact social [ ] impact économique [ ] autre :
Données sources	[ ] statistique publique (recensement, …) **[X] données géographiques :** photographies aériennes, mesures de terrain avec GPS [ ] autres données :
Complexité	**[X] méthode scientifique complexe** [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	**[X] non explicité** [ ] précisé :
Illustrations	**[X] cartes :** illustration de l'indice final pour chaque cellule [ ] graphiques : [ ] autres :
Prospective et prévisions	[ ] la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement :
Conclusions et leçons	Un schéma se dessine clairement, les zones les plus sensibles sont visibles. L'indice CSI fournit une première indication de la sensibilité des zones littorales. Une intégration avec des données socio-économiques permettrait d'étendre cette analyse pour obtenir une évaluation de la vulnérabilité de ces zones.



B

New indicators of vulnerability and adaptation capacity

W. N. Adger, N. Brooks, G. Bentham, M. Agnew, S. Eriksen - 2004

Source	Rapport technique obtenu sur le site Internet du centre Tyndall http://www.tyndall.ac.uk/sites/default/files/Adger%20W.%20N%20.,%20Brooks,%20N.%20,%20Kelly,%20M.,%20Bentham,%20S.%20and%20Eriksen,%20S.%20(2004)%20New%20indicators%20of%20vulnerability%20and%20adaptive%20capacity%20(tr7).pdf
Objectif de l'étude	Rapport final d'un projet de recherche dont les objectifs étaient : − de mettre en place une base de données opérationnelle d'indicateurs socio-économiques de vulnérabilité au changement climatique, classifié selon les catégories d'impact considérées, − d'étudier deux processus qui conditionnent la vulnérabilité et qui ont fait l'objet de peu d'études jusqu'alors, l'état de santé et le capital social, − d'étudier la relation entre les indicateurs et les modèles théoriques relatifs à l'adaptation, dans l'optique de développer un modèle intégré d'évaluation, − de rechercher des co-financements pour permettre l'approfondissement des travaux sur certains éléments de l'étude, en particulier la santé.
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** [ ] experts, parties prenantes [ ] élus, décideurs [ ] grand public [ ] autre : [ ] au niveau local [ ] au niveau régional **[X] au niveau national [X] au niveau mondial**
Cas d'étude	n. a.
Échelle d'application	[ ] locale [ ] régionale **[X] nationale** [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	[ ] littoral [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale **[x] autre : Pas de cadre géographique spécifique, l'étude concerne les indicateurs en général**
Description de la méthode	Un cadre conceptuel est mis en place, pour permettre le développement d'indicateurs de vulnérabilité et de capacité d'adaptation. Dans ce cadre, des indicateurs simples sont identifiés, et mesurés en tant que résultat d'évènements causés par le changement climatique. Par la suite, des indicateurs prédictifs sont identifiés, afin d'approcher les conséquences possibles du changement climatique.
Exemples d'indicateurs	1) Pour la situation actuelle, des indicateurs synthétiques de risque sont développés. Les données d'entrée sont extraites de la base de données de catastrophes naturelles EMDAT. Les indicateurs sont calculés par pays, pour un type de risque, sur une période donnée (période entre 1971 et 2000 pour laquelle les données d'entrée sont disponibles et fiables, généralement 1981-2000). Dix catégories de risques sont étudiées : − les sécheresses − les épidémies − les vagues de températures extrêmes − les famines − les inondations − les infestations d'insectes − les glissements de terrain − les vagues et ondes de submersion (sauf tsunamis) − les incendies − les tempêtes Cinq variables sont considérées , avec un système de pondération : − le pourcentage de la population tuée ou affectée par des événements de ce type − le pourcentage de la population tuée − le nombre de tués ou affectés − le ratio tués / affectés − la moyenne des ratio tués / affectés pour les événements de ce type présents dans la base de données.

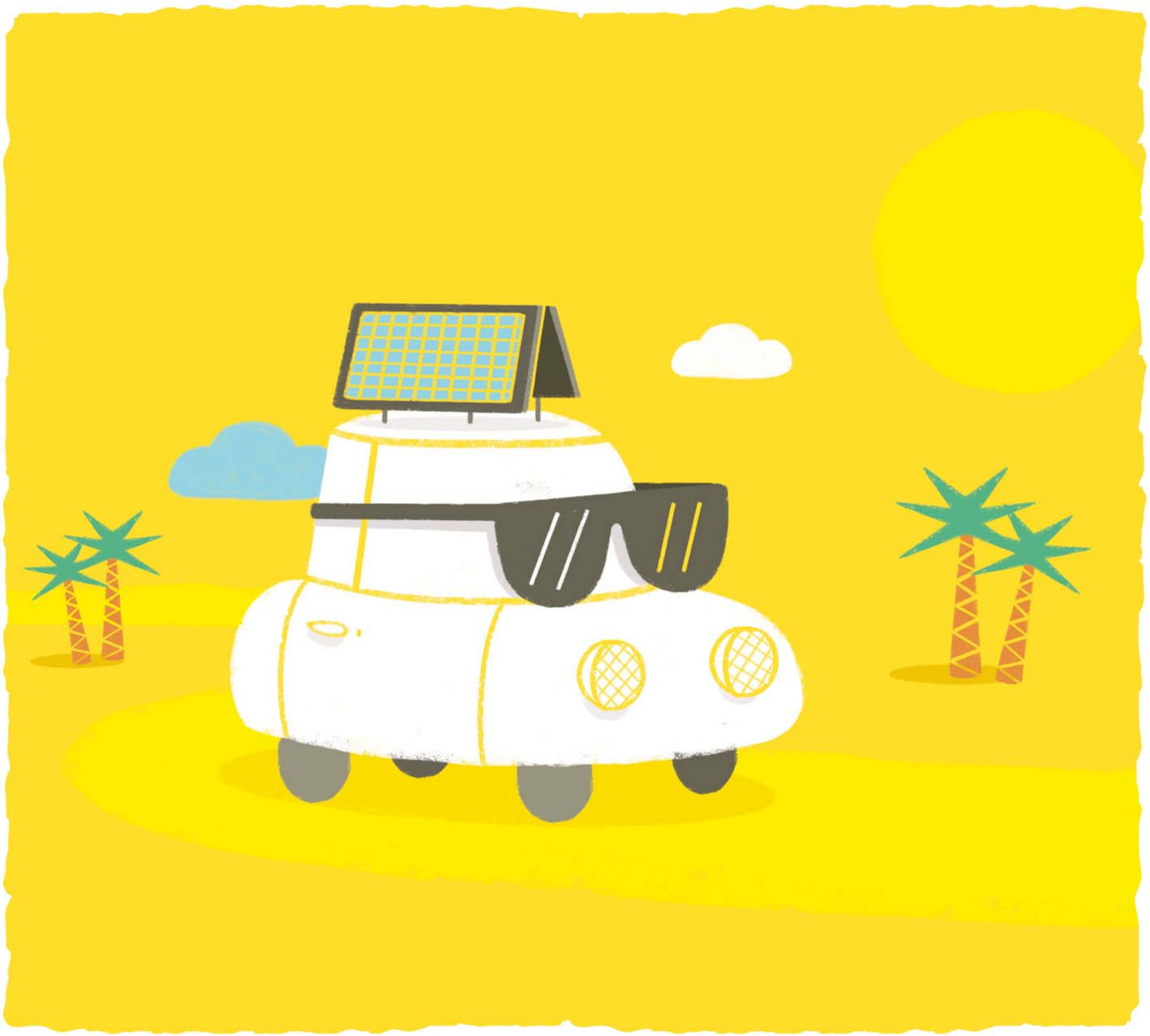
Exemples d'indicateurs (suite)	2) Les indicateurs prospectifs sont calculés sur la base de 11 variables identifiées comme pertinentes, et dont la disponibilité est assurée pour la plupart des pays : − le pourcentage de la population ayant accès à l'assainissement − le taux d'alphabétisation des 15-24 ans − le taux de mortalité en couches − le taux d'alphabétisation des plus de 15 ans − l'apport calorique journalier par personne − la représentation des populations au gouvernement et la responsabilité des gouvernants − les libertés civiles − les droits politiques − l'efficacité du gouvernement − le ratio taux d'alphabétisation des femmes / celui des hommes − l'espérance de vie à la naissance À chaque variable est attribué un score de 1 à 5. L'indicateur final est obtenu en calculant la moyenne des scores des variables, puis en la multipliant par 10. Le résultat est un score entre 10 et 50.
Impacts considérés	**[X] aléas naturels** **[X] impact sanitaire** **[X] impact social**
Données sources	**[X] statistique publique** (recensement, …) : démographie [ ] données géographiques : **[X] autres données** : base de données EMDAT, études des Nations unies, études de la Banque Mondiale
Complexité	**[X] méthode scientifique complexe** [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	**[X] non explicité** [ ] précisé :
Prospective et prévisions	**[X]** la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement : mais les scénarios employés ou les échelles de temps ne sont pas précisés
Conclusions et leçons	− Les résultats de ce projet indiquent que la santé, l'éducation et les indicateurs institutionnels permettent d'obtenir une évaluation raisonnable de la vulnérabilité au changement climatique, au moins en terme de mortalité liée aux évènements extrêmes. − L'utilisation d'indices séparés pour les différents éléments constitutifs de la vulnérabilité est plus utile que le calcul d'un indice unique, car cela permet d'obtenir des informations sur la structure de la vulnérabilité.

C

Mortality as function of temperature. A study in Valencia, Spain, 1991-1993 - F. Ballester, D Corella, S. Pérez-Hoyos, M. Sáez, A. Hervas - 1997

Source	International Journal of Epidemiology, 1997, volume 26 No 3 pages 551-561
Objectif de l'étude	Étudier la relation entre le nombre de décès par jour et les variations de température dans la ville de Valence, Espagne.
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** [ ] experts, parties prenantes [ ] élus, décideurs [ ] grand public [ ] autre : [ ] au niveau local **[X] au niveau régional** **[X] au niveau national [X] au niveau mondial**
Cas d'étude	Valence, Espagne
Échelle d'application	**[X] locale** [ ] régionale [ ] nationale [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	**[X] littoral** [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale [ ] autre :
Description de la méthode	Les corrélations entre le nombre de décès et le climat sont étudiées statistiquement.
Exemples d'indicateurs	Indicateurs de sensibilité (concernant les décès, pour chaque jour de la période étudiée) : – mortalité totale – mortalité des plus de 70 ans – mortalité totale, à l'exception des causes externes (accidents) – décès causé par des maladies du système circulatoire – décès causé par des maladies du système respiratoire – décès causés par des tumeurs malignes Indicateurs d'exposition (conditions climatiques, pour chaque jour de la période étudiée) : – température moyenne – humidité moyenne de l'air – pollution de l'air : présence de particules – épidémies
Impacts considérés	[ ] aléas naturels **[X] impact sanitaire** [ ] impact social [ ] impact économique [ ] autre :
Données sources	**[X] statistique publique** (recensement, …) : registre des décès de la ville **[X] données géographiques** : données climatiques **[X] autres données** : pollution, suivi des épidémies
Complexité	**[X] méthode scientifique complexe** [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	**[X] non explicité** [ ] précisé :

Illustrations	[ ] cartes : **[X] graphiques : l**es corrélations entre le nombre de décès et certains facteurs climatiques sont illustrées par des graphiques [ ] autres :
Prospective et prévisions	[ ] la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement :
Conclusions et leçons	L'étude démontre la corrélation entre les décès et la température. Les auteurs concluent que la mortalité est accrue en hiver, et identifient les températures minimales saisonnières comme réduisant la mortalité (pour les périodes froides de novembre à avril, autour de 15°c, pour les périodes chaudes entre mai et octobre, autour de 24°c). L'étude montre également que les décès surviennent moins le week-end que les jours de semaine.



D

Impacts du changement climatique - Adaptation et coûts associés en France pour les risques côtiers

BRGM, Groupe de travail "risques naturels, assurances et adaptation au changement climatique" : G. Le Cozannet, N. Lenôtre, P. Nacass, S. Colas, C. Perherin, C. Vanroye, C. Peinturier, C. Haiji, B. Poupat, C. Azzam, J. Chemitte, F. Pons - 2009

Source	Groupe de travail « Risques Naturels, Assurances et adaptation au changement climatique » dans le cadre de l'étude « Évaluation du coût des impacts du changement climatique et de l'Adaptation en France », du MEDDTL. Étude réalisée dans le cadre des projets de service public du BRGM.
Objectif de l'étude	Évaluer l'impact du changement climatique sur l'érosion littorale et la submersion; avancer des mesures permettant de réduire le coût des impacts.
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** **[X] experts, parties prenantes** **[X] élus, décideurs** [ ] grand public [ ] autre : [ ] au niveau local [ ] au niveau régional **[X] au niveau national** [ ] au niveau mondial
Cas d'étude	France, en particulier la région Languedoc-Roussillon (nombreuses études disponibles sur le sujet).
Échelle d'application	[ ] locale **[X] régionale** [ ] nationale [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	**[X] littoral** [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale [ ] autre :
Description de la méthode	Les enjeux actuels sont croisés avec les aléas (en prenant en compte leur évolution selon des hypothèses de changement climatique) : par exemple, cartographie des zones basses par rapport à un niveau marin centennal. Cela permet de quantifier les populations et les enjeux soumis aux risques identifiés. Par la suite, les coûts induits sont estimés en prenant pour référence les montants moyens (observés lors d'évènements passés) suivants : – coût d'une submersion temporaire : 5 000 € par logement ou par entreprise, – coût d'une submersion permanente ou de l'érosion : 250 000 € par logement ou par entreprise, incluant le prix de la perte du terrain, – coût de la reconstruction après destruction par submersion permanente ou érosion : 100 000 € par logement ou par entreprise. Des mesures d'adaptation sont ensuite proposées.
Exemples d'indicateurs	Indicateurs d'exposition : – topographie – trait de côte – morphologie de la côte – zones inondables Indicateurs de sensibilité (population exposée) : – population exposée au risque de submersion permanente à l'horizon 2100 (population occupant des zones dont l'altitude est inférieure à 1 m) – population exposée au risque de submersion temporaire (risque décennal) à l'horizon 2100 (population occupant des zones dont l'altitude est comprise entre 1 et 2 m) – population exposée au risque de submersion temporaire (risque centennal) à l'horizon 2100 (population occupant des zones dont l'altitude est comprise entre 2 et 3M) – population exposée au risque d'érosion à l'horizon 2100

Exemples d'indicateurs (suite)	Indicateurs de sensibilité (enjeux exposés) , les mêmes zones que les populations sont considérées. Dans chaque zone sont recensés : – les artisans, commerçants et prestataires de services – les entreprises agricoles – les sites industriels – les établissements publics Un indicateur intéressant emprunté à une autre étude (« Vulnérabilité du territoire national aux risques littoraux » réalisée par le CETE Méditerranée, le CETE de l'Ouest et le CETMEF) est également mentionné : – Nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle liés à la mer (base de données GASPAR)
Impacts considérés	**[X] aléas naturels** [ ] impact sanitaire [ ] impact social **[X] impact économique** [ ] autre :
Données sources	[ ] statistique publique (recensement, …) **[X] données géographiques** : sur l'aléa et les enjeux [ ] autres données :
Complexité	**[X] méthode scientifique complexe** [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	[ ] non explicité **[X] précisé :** aménagement et protection du littoral, sécurité des populations
Coût de la méthode (budget, expertise, personnes/jour)	2 ans (durée du projet)
Illustrations	**[X] cartes** : aléas et enjeux [ ] graphiques : [ ] autres :
Prospective et prévisions	**[X]** la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement : les scénarios A2 et B2 du GIEC sont utilisés, à l'horizon 2100. Les hypothèses retenues sont les suivantes : – élévation du niveau de la mer de 1 m – régime des tempêtes inchangé – régime des vagues et marées inchangé (notamment hauteur) – régime des surcôtes marines inchangé (hors élévation) – régime des précipitations inchangé – situation économique constante – enjeux constants
Conclusions et leçons	Conclusions : le coût des dommages potentiels dus à l'érosion et à la submersion marine permanente est plus important que les coûts des dommages potentiels dus à la submersion marine temporaire. Cela implique la nécessité de définir des stratégies d'aménagement durable des zones côtières. Recommandations (entre autres) : étendre la collecte de données, affiner l'évaluation des coûts, renforcer l'application des dispositifs existants (PPR, PLU, SCOT) et mieux prendre en compte le changement climatique dans la réalisation des documents, encourager une gestion multi-acteurs

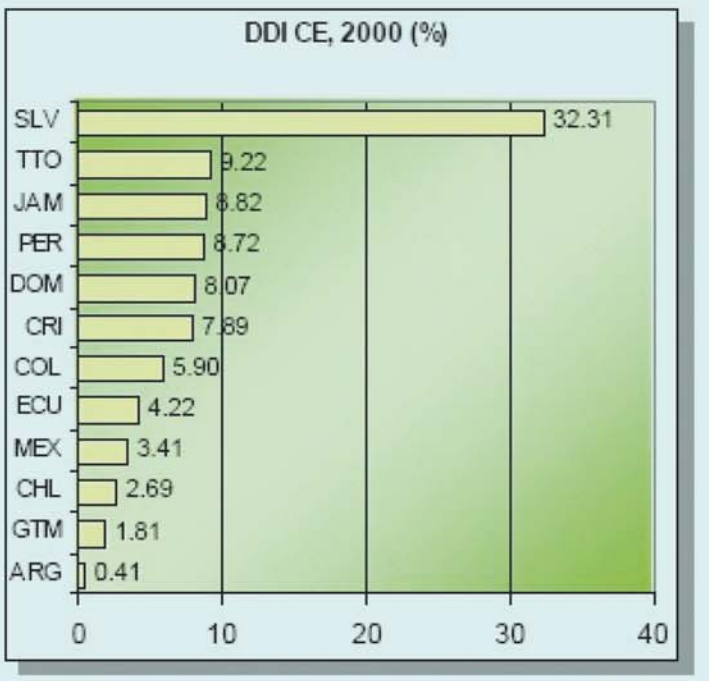
E

A system of indicators for disaster risk management in the Americas - O. D. Cardona - 2005

Source	Groupe de travail « Risques Naturels, Assurances et adaptation au changement climatique » dans le cadre de l'étude « Évaluation du coût des impacts du changement climatique et de l'Adaptation en France », du MEDDTL. Étude réalisée dans le cadre des projets de service public du BRGM
Objectif de l'étude	Évaluer l'impact du changement climatique sur l'érosion littorale et la submersion; avancer des mesures permettant de réduire le coût des impacts.
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** **[X] experts, parties prenantes** **[X] élus, décideurs** [ ] grand public [ ] autre : [ ] au niveau local [ ] au niveau régional **[X] au niveau national** [ ] au niveau mondial
Cas d'étude	France, en particulier la région Languedoc-Roussillon (nombreuses études disponibles sur le sujet)
Échelle d'application	[ ] locale **[X] régionale** [ ] nationale [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	**[X] littoral** [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale [ ] autre :
Description de la méthode	Plusieurs indicateurs composites sont calculés, puis agrégés pour obtenir un indicateur synthétique. Le calcul est détaillé ci-dessous.
Exemples d'indicateurs	**DDI Disaster Deficit Index**, indicateur composite décrivant la sensibilité financière DDI = pertes maximum suite à une catastrophe / résilience économique Indicateurs employés : – valeur économique des enjeux – vulnérabilité des enjeux – assurance – fonds disponibles pour lutter contre les catastrophes naturelles – possibilité de créer de nouvelles taxes – impôts – possibilité de réallouer des budgets – accès au crédit externe – accès au crédit interne **DDI' Disaster Deficit Index** (complément) DDI' = pertes annuelles attendues / dépenses annuelles LDI local Disaster Index, indicateur composite de sensibilité sociale et environnementale LDI = nombre de décès + nombre de personnes affectées + étendue des dommages PVI Prevalent Vulnerability Index, indicateur composite de vulnérabilité physique, socio-économique, et du manque de capacité de résilience $PVI = PVI_{ES} + PVI_{SF} + PVI_{LR}$ Indicateurs employés pour PVI_{ES} (exposition physique) : – croissance démographique annuelle – croissance urbaine annuelle – densité de population – pourcentage de population vivant sous le seuil de pauvreté – capitaux – imports et exports de biens en pourcentage du PIB – investissement intérieur en pourcentage du PIB – terres arables et culture permanentes en pourcentage du territoire national

Exemples d'indicateurs (suite)	Indicateurs employés pour PVI_{SF} (sensibilité socio-économique) : – indice de pauvreté humaine (HPI) – pourcentage de la population active dépendante – disparité sociale (indice Gini) – pourcentage de la population active sans emploi – inflation des prix des denrées alimentaires – part de la croissance annuelle reposant sur l'agriculture – dettes, en pourcentage du PIB – dégradation du sol par les activités humaines Indicateurs employés pour PVI_{LR} (manque de résilience) : – indice de développement humain (HDI) – indice de développement lié au genre (GDI) – dépenses publiques sociales (retraites, santé, éducation) en pourcentage du PIB – indice de gouvernement (Kaufmann) – pourcentage des logements et infrastructures assurés – nombre de lits d'hôpital pour 1 000 habitants – indice de durabilité environnementale (ESI) RMI Risk Management Index, indicateur agrégé de gestion des risques $RMI = (RMI_{RI} + RMI_{RR} + RMI_{DM} + RMI_{FP}) / 4$ Indicateurs employés pour RMI_{RI} (identification des risques) : – inventaire systématique des catastrophes naturelles et dommages liés – surveillance et prévision des aléas – évaluation et cartographie des aléas – évaluation de la vulnérabilité et des risques – information du public et participation communautaire – formation et éducation à la gestion des risques Indicateurs employés pour RMI_{RR} (réduction des risques) : – prise en compte des risques dans l'aménagement du territoire – intervention sur les bassins hydrographiques et protection environnementale – implémentation de mesures de protection – amélioration des habitations et délocalisation des habitats hors des zones à risque – mise à jour et application des normes de sécurité et des codes de construction – renforcement et rétro-adaptation des biens privés et publics Indicateurs employés pour RMI_{DM} (gestion des catastrophes) : – organisation et coordination des opérations d'urgence – planification de la réponse et implémentation de systèmes d'alerte – dotation en équipement, outils et infrastructures – simulation, mise à jour et test de la réponse interinstitutionnelle – préparation et formation des communautés – planification de la réhabilitation et de la reconstruction Indicateurs employés pour RMI_{PF} (protection financière et gouvernementale) : – organisation décentralisée, interinstitutionnelle et multisectorielle – fonds disponibles pour le renforcement des institutions – allocation et mobilisation de budgets – implémentation de dispositifs de sécurité sociaux – couverture assurancielle et stratégie de transfert des pertes de biens publics – couverture assurancielle et réassurance des logements et des biens privés
Impacts considérés	[ ] aléas naturels [ ] impact sanitaire **[X] impact social** **[X] impact économique** **[X] autre : impact institutionnel**
Données sources	**[X] statistique publique** (recensement, …) : démographie, information économique, indices calculés par les Nations unies [ ] données géographiques : **[X] autres données :** statistiques diverses
Complexité	**[X] méthode scientifique complexe** [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques

E

Adéquations avec les compétences des collectivités	**[X] non explicité** [ ] précisé :
Illustrations	[ ] cartes : **[X] graphiques :** les „scores“ obtenus par les différents pays étudiés sont comparés sur des graphiques  Fig. 3 DDI' based on capital expenditure for countries of LAC, 2000 Exemple : illustration de l'indice DDI' en 2000 : Les pays mentionnés sont, de haut en bas : Salvador, Trinité et Tobago, Jamaique, Pérou, République dominicaine, Costa Rica, Colombie, Équateur, Mexique, Chili, Guatemala, Argentine. [ ] autres :
Prospective et prévisions	[ ] la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement :
Conclusions et leçons	Les indicateurs développés sont des proxy qui mesurent les différents éléments du risque „total“ au niveau national ou régional. Cela permet de cibler les actions et mesures. L'auteur recommande de procéder à deux séries de calculs, une dirigée par des scientifiques et l'autre par des parties prenantes, afin de réduire les biais. Il recommande également la diffusion d'instructions pour un usage simplifié de sa méthode.

F

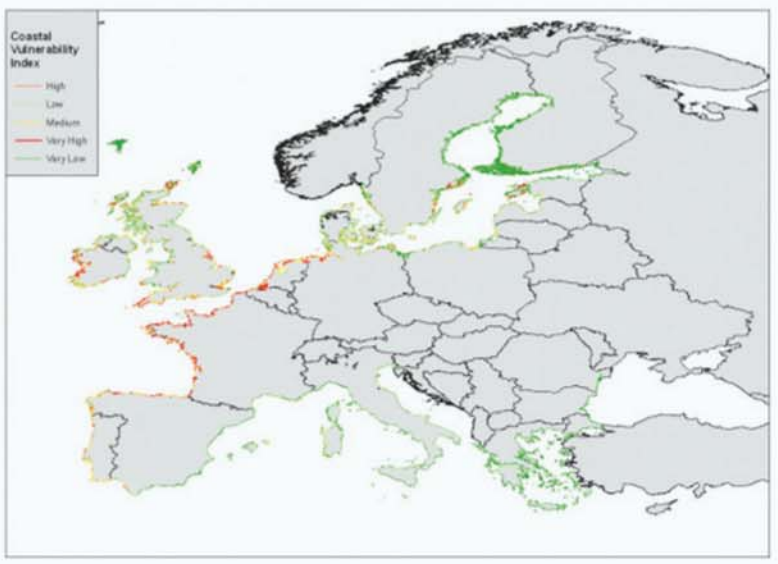
Safe water and healthy water services in a changing environment - Agence Environnementale Européenne (EEA) - 2011

Source	Document public.
Objectif de l'étude	Ce document est à l'origine un rapport de préparation d'une conférence sur l'environnement et la santé. Il vise à répondre à l'objectif des Nations Unies de réduire de moitié d'ici à 2015 la proportion de personnes qui n'ont pas d'accès durable à l'eau potable et à l'assainissement, et ce dans le nouveau cadre imposé par le changement climatique.
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** [X] experts, parties prenantes **[X] élus, décideurs** [ ] grand public [ ] autre : [ ] au niveau local [ ] au niveau régional **[X] au niveau national** **[X] au niveau mondial**
Cas d'étude	Union Européenne et pays partenaires
Échelle d'application	[ ] locale [ ] régionale [ ] nationale [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	[ ] littoral [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale [ ] autre :
Description de la méthode	Revue d'études sur le sujet.
Exemples d'indicateurs	n.a.
Impacts considérés	[ ] aléas naturels **[X] impact sanitaire** [ ] impact social [ ] impact économique [ ] autre :
Données sources	[ ] statistique publique (recensement, …) [ ] données géographiques : [ ] autres données :
Complexité	[ ] méthode scientifique complexe [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	[ ] non explicité **[X] précisé :** indirectement, les études analysées peuvent permettre d'établir dans quelle mesure les stratégies de planification peuvent constituer un outil efficace pour réduire les risques dus au changement climatique, quels obstacles se dressent sur ce chemin, quelles pratiques existantes constituent de bons exemples, et comment les synergies entre les différentes parties prenantes impliquées peuvent être améliorées.
Prospective et prévisions	[ ] la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement :
Conclusions et leçons	Le document ne présente qu'une revue d'études existantes.

G

Preliminary assessment and roadmap for the elaboration of Climate Change Vulnerability Indicators at regional level - A. Harvey, J. Hinkel, L. Horrocks, R. Klein, R. Lasage, N. Hodgson, T. Sajwaj, M. Benzie - 2009

Source	European Commission's DG Environment Reference: ENV.G.1/ETU/2008/0092r
Objectif de l'étude	Le but premier de cette étude est d'évaluer la faisabilité du développement d'indicateurs accompagnant l'adoption de politiques européennes telles que définies dans le Livre Blanc de 2009 (réduction de la vulnérabilité au changement climatique). En second lieu, les auteurs fournissent une liste d'indicateurs et les données sources adéquates, et évaluent les possibilités d'utilisation de ces indicateurs pour surveiller et évaluer les politiques de financement européennes d'adaptation et évaluer l'efficacité des propositions de politiques d'adaptation au niveau local, régional, national et Européen.
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** **[X] experts, parties prenantes** **[X] élus, décideurs** [ ] grand public [ ] autre : [ ] au niveau local [ ] au niveau régional **[X] au niveau national** **[X] au niveau mondial**
Cas d'étude	Union Européenne
Échelle d'application	[ ] locale **[X] régionale** **[X] nationale** [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	[ ] littoral [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale [ ] autre
Description de la méthode	L'étude repose sur une revue des indicateurs existants et le développement d'un processus de construction d'indicateurs de vulnérabilité. Ce processus est ensuite appliqué à des problématiques clés du changement climatique en Europe afin d'obtenir une première série d'indicateurs. Les critères de sélection des problématiques clés sont le niveau de risque, l'implication de la Commission Européenne, le potentiel d'agrégation avec d'autres problématiques, et la disponibilité des données nécessaires. Concrètement, l'étude débute par une revue de bibliographie et une revue des données disponibles. Par la suite un atelier de discussion avec des experts et des parties prenantes est organisé, puis une première sélection d'indicateurs est réalisée. Enfin une feuille de route présentant des recommandations pour le développement futur d'indicateurs est préparée.
Exemples d'indicateurs	Indicateurs de vulnérabilité à l'élévation du niveau de la mer : – population habitant les zones côtières – densité de population – altitude – élévation du niveau de la mer – magnitude du risque de submersion marine due aux tempêtes Indicateurs de vulnérabilité aux inondations : – débit des cours d'eau – fréquence et magnitude des inondations fluviales – densité de population – dommages dus aux inondations – étendue des plaines inondables Indicateurs de vulnérabilité à l'augmentation des besoins en irrigation : – part des zones cultivées irriguées – type de cultures – rendement des cultures Indicateurs de vulnérabilité aux dérangements naturels (feux, tempêtes, maladies et épidémies) : – saisonnalité des feux de forêt – indice de climat favorable aux feux (fire weather index) – danger de feu

Exemples d'indicateurs (suite)	Indicateurs de vulnérabilité aux canicules : – température nocturne – durée des épisodes de canicule – démographie – population âgée de plus de 60 ans Indicateurs de vulnérabilité des rendements agricoles : – rendements agricoles Indicateurs de capacité d'adaptation : – PIB – niveau d'éducation – dépenses pour la protection **Le CVI Coastal Vulnerability Index** CVI = √ ((ampleur des marées x élévation du niveau de la mer x hauteur des vagues x densité de population x pente x présence de défense côtière) / 6) Le résultat est par la suite divisé en quintiles (niveau de vulnérabilité très haut, haut, moyen, bas, très bas) et cartographié.
Impacts considérés	**[X] aléas naturels** [ ] impact sanitaire [ ] impact social **[X] impact économique** [ ] autre :
Données sources	**[X] statistique publique** (recensement, …) : données Eurostat **[X] données géographiques** : **[X] autres données** : études du JRC, données de l'USGS, études existantes
Complexité	**[X] méthode scientifique complexe** [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	[ ] non explicité **[X] précisé :** responsabilités de l'Union et de la Commission Européennes
Illustrations	**[X] cartes** : : les variables employées sont cartographiées, les indicateurs agrégés également [ ] graphiques : [ ] autres : **Figure 12:** The Coastal Vulnerability Index (CVI) for the European coastline. 
Prospective et prévisions	**[X]** la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement : quand des scénarios et données sont disponibles.
Conclusions et leçons	Le développement d'indicateurs est simplifié et rendu plus efficace si une ligne directrice spécifique est adoptée (objectif clair, politique assumée). Il n'y a pas de consensus dans la littérature sur la méthodologie appropriée. Il est nécessaire d'impliquer les utilisateurs finaux dans le processus de développement des indicateurs.

H

Weather-based estimation of wildfire risk - J. Ho, M. Odening - 2009

Objectif de l'étude	Améliorer la connaissance des feux pour renforcer la prévention et la mitigation et permettre une meilleure prévision.
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** **[X] experts, parties prenantes** [ ] élus, décideurs [ ] grand public [ ] autre : [ ] au niveau local [ ] au niveau régional [ ] au niveau national [ ] au niveau mondial
Cas d'étude	USA
Échelle d'application	[ ] locale **[X] régionale** [ ] nationale [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	[ ] littoral [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale [ ] autre :
Description de la méthode	L'étude présente une approche statistique exploratoire de la prédiction. Elle cherche à répondre à deux questions : − Quelle est la probabilité qu'un feu se déclare en un jour donné selon les conditions météorologiques ? − Quand un feu se déclare, quelle sera son étendue ? Le calibrage du modèle obtenu est fait en utilisant les données couvrant une période de 37 ans allant de 1970 à 2007.
Exemples d'indicateurs	Température, précipitations, humidité et saturation de l'air
Impacts considérés	**[X] aléas naturels** [ ] impact sanitaire [ ] impact social [ ] impact économique [ ] autre :
Données sources	[ ] statistique publique (recensement, …) **[X] données géographiques** : données météorologiques **[X] autres données** : occurrence de feux (avec date, cause, étendue, ...)
Complexité	**[X] méthode scientifique complexe** [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	[ ] non explicité **[X] précisé :** prévision et gestion des feux de forêt
Illustrations	[ ] cartes : **[X] graphiques :** [ ] autres :
Prospective et prévisions	[ ] la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement :
Conclusions et leçons	L'estimation du risque avec le modèle développé est correcte, mais la prévision de l'étendue du feu n'est pas possible. Le modèle peut être utilisé comme base informative pour la gestion du risque de feu selon le principe de précaution : les données météorologiques peuvent être utilisées en temps réel pour évaluer le risque de feu, et alerter les responsables et éventuellement la population. En revanche une prospective à moyen ou long terme est difficilement envisageable.

The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population - M. M. T. E. Huynens, P. Martens, D. Schram, M. P. Weijenberg, A. E. Kunst - 2001

Source	Environmental Health Perspectives, volume 109 No 5 pages 463-470
Objectif de l'étude	Étudier l'impact de la température ambiante sur la mortalité aux Pays-Bas sur la période 1979-1997, et en particulier l'impact des épisodes fortes et basses températures.
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** [ ] experts, parties prenantes **[X] élus, décideurs** [ ] grand public [ ] autre : [ ] au niveau local [ ] au niveau régional **[X] au niveau national** **[X] au niveau mondial**
Cas d'étude	Pays-Bas
Échelle d'application	[ ] locale [ ] régionale **[X] nationale** [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	[ ] littoral [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale [ ] autre :
Description de la méthode	Pour chacun des indicateurs considérés (voir ci-dessous) la moyenne glissante sur 31 jours est calculée. Ensuite la relation entre la température et la mortalité est modélisée.
Exemples d'indicateurs	Indicateurs relatifs à la mortalité : – nombre de décès pour chaque jour, pour la période 1988-1997 avec informations sur la cause du décès (trois causes sont particulièrement étudiées : néoplasme malin, maladie respiratoire et maladie cardiovasculaire) et l'âge de la personne (plus ou moins de 65 ans) Indicateurs relatifs à la météorologie : – température minimale et maximale par 24h – vague de chaleur = au moins 5 jours consécutifs où la température excède 25°C, dont au moins 3 jours à plus de 30°C – vague de froid = au moins 9 jours consécutifs où la température est inférieure à -5°C, dont au moins 6 à moins de -10°C
Impacts considérés	[ ] aléas naturels **[X] impact sanitaire** [ ] impact social [ ] impact économique [ ] autre :
Données sources	**[X] statistique publique** (recensement, …) : mortalité **[X] données géographiques** : météorologie [ ] autres données :
Complexité	**[X] méthode scientifique complexe** [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	[ ] non explicité **[X] précisé :** prévention des risques liés aux températures extrêmes
Illustrations	[ ] cartes : **[X] graphiques :** [ ] autres :
Prospective et prévisions	[ ] la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement :
Conclusions et leçons	Les auteurs constatent une faible influence de la température sur la mortalité par maladies graves et chez les moins de 65 ans. En revanche la mortalité augmente en période de canicule, surtout chez les plus de 65 ans et les personnes atteintes de maladies respiratoires. Lors des vagues de froid ce sont les personnes atteintes de maladies cardiovasculaires qui sont plus sensibles. Les résultats peuvent être mis à profit pour affiner les politiques de prévention et cibler les populations à risque, par exemple avec un système de seuils d'alertes en fonction des prévisions de température (court terme).

Quantitative assessment of vulnerability to climate change

ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics) - 2009

Objectif de l'étude	Exercice de développement et utilisation d'indicateurs.
Public ciblé	[ ] communauté scientifique **[X] experts, parties prenantes** **[X] élus, décideurs** [ ] grand public [ ] autre : [ ] au niveau local [ ] au niveau régional [ ] au niveau national [ ] au niveau mondial
Cas d'étude	Districts côtiers de l'État de Tamil Nadu, Inde
Échelle d'application	[ ] locale **[X] régionale** [ ] nationale [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	[ ] littoral [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale [ ] autre :
Description de la méthode	Après avoir collecté les données nécessaires, une normalisation statistique est réalisée, puis la pondération des indicateurs est envisagée selon plusieurs méthodes.
Exemples d'indicateurs	Indicateurs de vulnérabilité démographique : – densité de population (hab/km²) – taux d'alphabétisation (%) – mortalité infantile (‰) Indicateurs de vulnérabilité climatique : – variance des précipitations annuelles (mm²) – variance de la mousson du Sud-Est (mm²) – variance de la mousson du Nord-Est (mm²) – variance des températures maximales (°c) – variance des températures minimales (°c) – variance de la variation de température diurne (°c²) Indicateurs de vulnérabilité agricole : – rendement des cultures de céréales (t/ha) – rendement des cultures majoritaires (t/ha) – part des terres cultivées irriguées (%) – zones de forêt (%) Indicateurs de vulnérabilité de l'emploi – employés agricoles (nombre) – employés de l'industrie (nombre) – population active (nombre)
Impacts considérés	**[X] aléas naturels** [ ] impact sanitaire **[X] impact social** **[X] impact économique** [ ] autre :
Complexité	[ ] méthode scientifique complexe **[X] expertise nécessaire** [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	**[X] non explicité** [ ] précisé :
Prospective et prévisions	[ ] la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement :
Conclusions et leçons	n.a.

K

Assessment of socioeconomic vulnerability of Coastal Areas from an indicator based approach

S. Kim, C. A. Arrowsmith, J. Handmer - 2007

Objectif de l'étude	(Article – Débat) Cet article présente une approche méthodologique de l'évaluation de la vulnérabilité côtière, en particulier du point de vue socio-économique, à l'aide d'indicateurs.
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** [ ] experts, parties prenantes [ ] élus, décideurs [ ] grand public [ ] autre : [ ] au niveau local [ ] au niveau régional [ ] au niveau national [ ] au niveau mondial
Cas d'étude	Kingston City (région de Melbourne), Australie
Échelle d'application	**[X] locale** [ ] régionale [ ] nationale [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	**[X] littoral** [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale [ ] autre :
Description de la méthode	Le choix des indicateurs répond à plusieurs impératifs : – inclure les caractéristiques de l'aléa – montrer le degré de développement d'une zone – tenir compte des caractéristiques culturelles, sociales, et de la situation économique
Exemples d'indicateurs	Pour identifier les populations sensibles, des proxy sont proposés. Proxy pour identifier les jeunes foyers (ce qui signifie que le foyer est soumis à une charge financière) : – enfants de moins de 14 ans – élèves / étudiants – couples avec enfants – logement faisant l'objet d'un crédit – employés Proxy pour identifier les migrants pauvres : – parlent mal / pas du tout la langue locale – origine géographique des migrants – faible niveau d'éducation – sans emploi Proxy pour identifier les foyers âgés (ce qui signifie que le foyer a moins facilement accès aux nouvelles technologies) : – pas d'accès à Internet – faible niveau d'éducation – revenus moyens – plus de 60 ans Proxy pour identifier les populations très mobiles (ce qui indique que ces populations peuvent manquer d'information sur les risques locaux / l'adaptation) : – locataires – depuis moins d'un an à l'adresse actuelle
Impacts considérés	[ ] aléas naturels [ ] impact sanitaire **[X] impact social** **[X] impact économique** [ ] autre :
Complexité	**[X] méthode scientifique complexe** [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	**[X] non explicité** [ ] précisé :
Prospective et prévisions	[ ] la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement :
Conclusions et leçons	L'approche proposée à des limites claires : – il est difficile de quantifier la vulnérabilité – il y a peu de données fines disponibles sur la situation socio-économique des personnes (respect de la vie privée)

L

Klimawandel in Nordrhein-Westfalen. Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren

J. Kropp, A. Holsten, T. Lissner, O. Roithmeier, F. Hattermann, S. Huang, J. Rock, F. Wechsung, A. Lüttger, S. Pompe, I. Kühn, L. Costa, M. Steinhäuser, C. Walter, M. Klaus, S. Ritchie, M. Metzger - 2009

Objectif de l'étude	Évaluer la sensibilité de secteurs définis au changement climatique (sols et agriculture, forêts et sylviculture, protection de la nature, eaux, tourisme, santé, aménagement et planification urbaine).
Public ciblé	[ ] communauté scientifique [ ] experts, parties prenantes **[X] élus, décideurs** [ ] grand public [ ] autre : [ ] au niveau local **[X] au niveau régional** **[X] au niveau national** [ ] au niveau mondial
Cas d'étude	Land de Rhénanie du Nord Westphalie, Allemagne
Échelle d'application	[ ] locale **[X] régionale** [ ] nationale [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	[ ] littoral [ ] plaine [ ] montagne **[X] zone urbaine** [ ] zone rurale [ ] autre :
Exemples d'indicateurs	Indicateurs d'exposition (climat) : – température moyenne (°c) – variation de la température moyenne (°c) – précipitations moyennes (mm) – variations des précipitations moyennes (mm) Indicateurs de sensibilité des forêts : – protection de la nature – activités touristiques – aménagement et planification urbaine
Impacts considérés	[ ] aléas naturels **[X] impact sanitaire** [ ] impact social [ ] impact économique [ ] autre :
Données sources	[ ] statistique publique (recensement, …) **[X] données géographiques** : météorologie **[X] autres données** : modèles climatiques
Complexité	**[X] méthode scientifique complexe** [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	[ ] non explicité **[X] précisé : méthode visant à aider et soutenir les décideurs**
Illustrations	**[X] cartes :** **[X] graphiques :** [ ] autres :
Prospective et prévisions	[X] la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement : en se basant sur les scénarios A1, A2 et B1 du GIEC
Conclusions et leçons	Les approches retenues pour évaluer la vulnérabilité sont différentes pour chaque thème, et ne font pas toujours appel à des indicateurs.

M

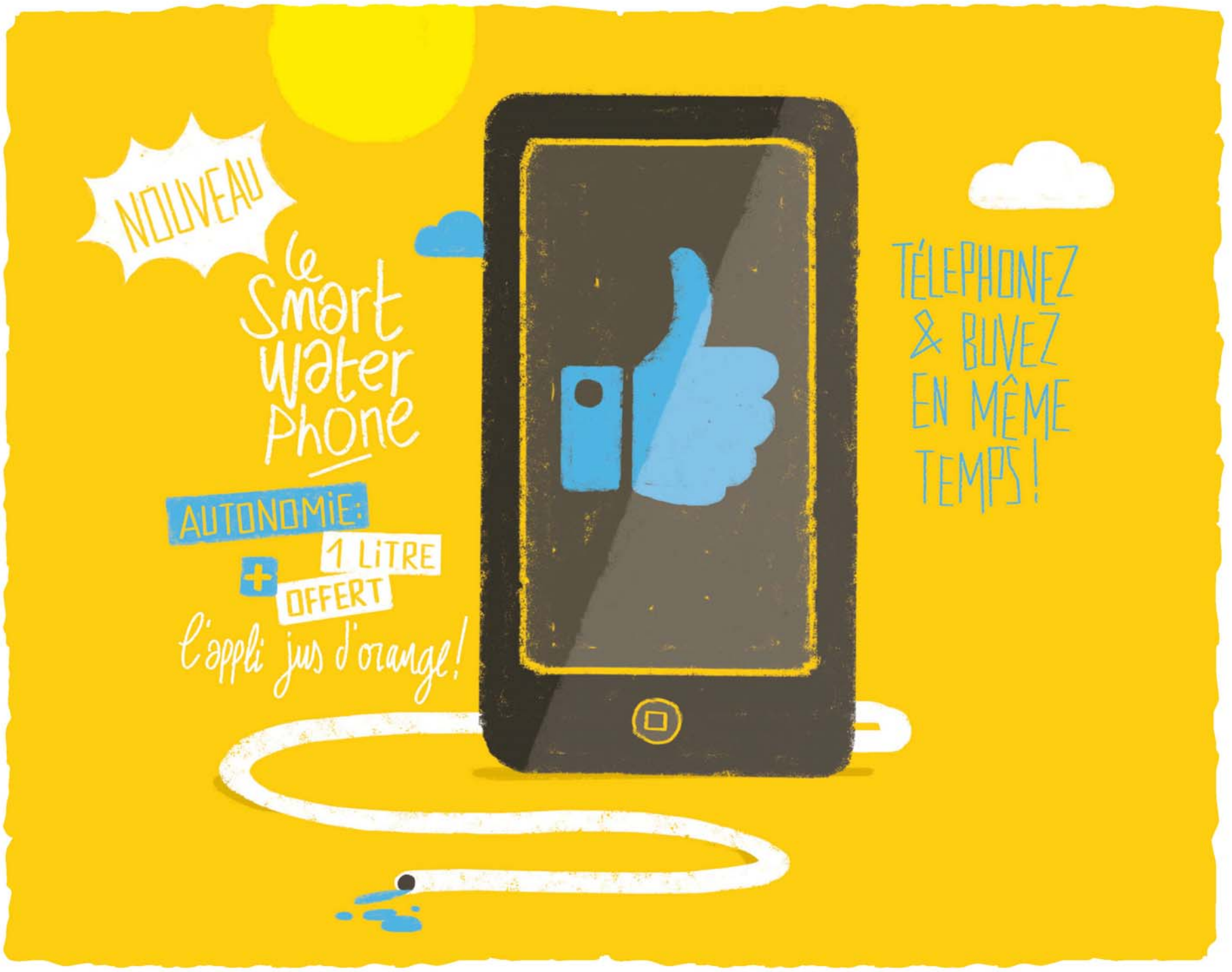
Indicators of impacts of global Climate Change on United States water resources - M. E. Lane, P. H. Kirshen, R. M. Vogel - 1999

Source	Journal of water resources planning and management, July-August 1999, pages 194-204
Objectif de l'étude	Identifier des indicateurs pour l'évaluation des ressources en eau.
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** [ ] experts, parties prenantes [ ] élus, décideurs [ ] grand public [ ] autre : [ ] au niveau local [ ] au niveau régional **[X] au niveau national** **[X] au niveau mondial**
Cas d'étude	USA
Échelle d'application	[ ] locale **[X] régionale** **[X] nationale** [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	[ ] littoral [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale [ ] autre :
Exemples d'indicateurs	Consommation d'eau Part de l'hydro énergie Pauvreté Mortalité infantile Taux de participation aux élections Stress hydrique Qualité de l'eau
Impacts considérés	[ ] aléas naturels [ ] impact sanitaire [ ] impact social [ ] impact économique [ ] autre :
Données sources	**[X] statistique publique (recensement, …)** [ ] données géographiques : **[X] autres données :**
Complexité	**[X] méthode scientifique complexe** [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	**[X] non explicité** [ ] précisé :
Illustrations	**[X] cartes :** **[X] graphiques :** [ ] autres :
Prospective et prévisions	[X] la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement : à l'horizon 2100 (scénario GISS GCM 2100)
Conclusions et leçons	Les auteurs proposent une série d'indicateurs destinés à mesurer les impacts socio-économiques et environnementaux du changement climatique sur les ressources en eau aux USA.

N

The potential impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States - M.A. Mc Geehin, M. Mirabelli - 2001

Source	Environmental Health Perspectives, volume 109 suppl. pages 185-189
Objectif de l'étude	Étudier le lien entre les conditions climatiques extrêmes et la mortalité, et identifier les zones à approfondir par des recherches complémentaires, ainsi que les manques de données.
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** [ ] experts, parties prenantes **[X] élus, décideurs** [ ] grand public [ ] autre : [ ] au niveau local [ ] au niveau régional **[X] au niveau national** **[X] au niveau mondial**
Cas d'étude	USA
Échelle d'application	[ ] locale [ ] régionale **[X] nationale** [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	[ ] littoral [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale [ ] autre :
Description de la méthode	Revue de littérature
Exemples d'indicateurs	Facteurs de risque identifiés Conditions de vie : – population urbaine – accès à l'air conditionné – logements aux étages supérieurs – îlots de chaleur urbaine Âge : – jeunes enfants – plus de 65 ans Facteurs socio-économiques : – isolation sociale – mauvaise compréhension de la langue locale – faible accès aux médias – pauvreté – maladies nécessitant un repos alité – ethnicité Capacité d'adaptation : – présence d'air conditionné – modification du comportement (boire plus, …) – planification et systèmes d'alerte communautaires – plans d'action spécifiques pour les canicules – application des facteurs de risque connus pour cibler les mesures
Impacts considérés	[ ] aléas naturels **[X] impact sanitaire** [ ] impact social [ ] impact économique [ ] autre :
Données sources	**[X] statistique publique** (recensement, …) : démographie [ ] données géographiques : [ ] autres données :



Complexité	[ ] méthode scientifique complexe [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	**[X] non explicité** [ ] précisé :
Illustrations	[ ] cartes : [ ] graphiques : [ ] autres :
Prospective et prévisions	[ ] la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement :
Conclusions et leçons	Des pistes de recherche complémentaire et des recommandations sont proposées : – identifier les facteurs climatiques à surveiller pour proposer des seuils d'alerte – clarifier le lien entre les températures élevées et les maladies, pour identifier les pathologies à surveiller – améliorer la formation des travailleurs sociaux pour mieux accompagner les personnes isolées – amorcer une standardisation des statistiques sur les décès pendant les périodes de canicule – proposer un retour d'expérience sur les villes ayant mis en place un plan canicule

Heatwave plan for England. Protecting health and reducing harm from extreme heat and heatwaves

NHS (Ministère de la santé) - 2009

Objectif de l'étude	Guide présentant les bonnes pratiques (comportements) et le plan canicule du ministère
Public ciblé	[ ] communauté scientifique [ ] experts, parties prenantes **[X] élus, décideurs** **[X] grand public** [ ] autre : **[X] au niveau local** **[X] au niveau régional** **[X] au niveau national** [ ] au niveau mondial
Cas d'étude	Angleterre
Échelle d'application	[ ] locale [ ] régionale **[X] nationale** [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	[ ] littoral [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale [ ] autre :
Description de la méthode	n. a.
Exemples d'indicateurs	Facteurs de risque : – âge élevé, en particulier les femmes de plus de 75 ans – maladies chroniques – capacité de régulation thermique réduite (malades, bébés et jeunes enfants, personnes âgées, personnes sous l'emprise de drogues ou d'alcool) Facteurs d'exposition : – résider en zone urbaine – résider dans les étages supérieurs – être sans abri – travailler à l'extérieur – avoir un métier physique
Impacts considérés	[ ] aléas naturels **[X] impact sanitaire** [ ] impact social [ ] impact économique [ ] autre :
Données sources	[ ] statistique publique (recensement, …) [ ] données géographiques : [ ] autres données :
Complexité	[ ] méthode scientifique complexe [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	[ ] non explicité [ ] précisé :
Prospective et prévisions	[ ] la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement :
Conclusions et leçons	Le document présente le plan canicule mis en place par le ministère, en détaillant les seuils de vigilance et d'alerte ainsi que les responsabilités au niveau national, régional et local pour chaque niveau de vigilance ou d'alerte.


HYPERMARCHÉ
PENDANT LA CANICULE
OUVERT DU LUNDI AU SAMEDI DE 22H À 5H45

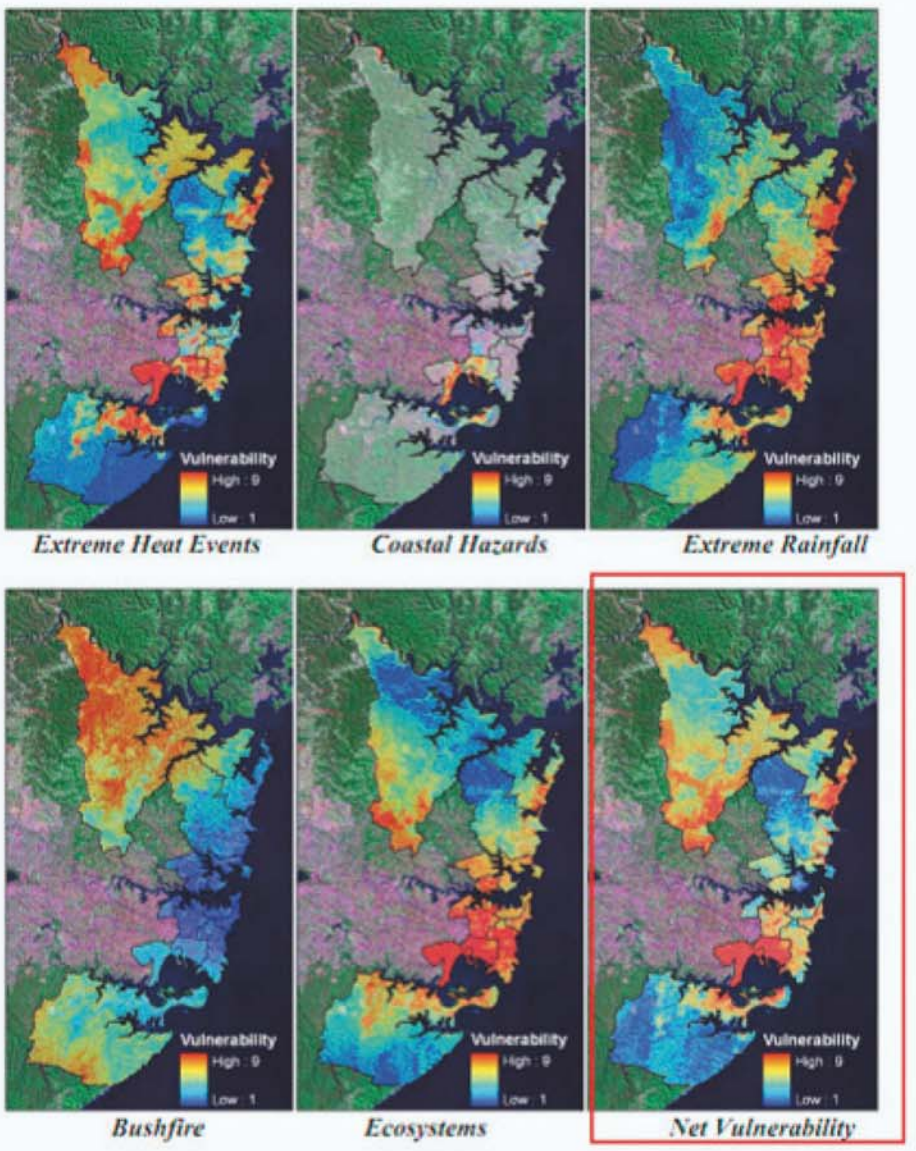
P

Systems approach to regional climate change adaptation strategies in metropolises. Mapping climate change vulnerability in the Sydney Coastal councils group

B. L. Preston, T. F. Smith, C. Brooke, R. Gorddard, T. G. Measham, G. Withycombe, B. Beveridge, C. Morrison, K. McInnes, D. Abbs - 2008

Objectif de l'étude	Ce projet de recherche explore les capacités d'adaptation du groupement des Conseils Côtiers de la région de Sydney face au changement climatique.
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** **[X] experts, parties prenantes** **[X] élus, décideurs** [ ] grand public [ ] autre : **[X] au niveau local** **[X] au niveau régional** [ ] au niveau national [ ] au niveau mondial
Cas d'étude	Région de Sydney, Australie
Échelle d'application	[ ] locale **[X] régionale** [ ] nationale [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	**[X] littoral** [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale [ ] autre :
Description de la méthode	La vulnérabilité est évaluée selon un cadre méthodologique précis, puis cartographiée. Des indicateurs sont identifiés dans les modèles développés puis convertis en échelles quantitatives et normalisés.
Exemples d'indicateurs	Indicateurs d'exposition : – température maximale en janvier (°c) – température moyenne en janvier (°c) – nombre de jours à plus de 30°c – projection de température maximale à l'horizon 2030 (°c) – couverture du sol – densité de population (hab/km²) – précipitations moyennes (mm) – projection de changement du régime des précipitations à l'horizon 2030 (mm) – distance à la côte (m) – altitude de la côte (m) – pente (%) Indicateurs de sensibilité : – pourcentage de la population âgée de plus de 65 ans – pourcentage de la population âgée de plus de 65 ans et vivant seuls – pourcentage de la population âgée de moins de 4 ans – pourcentage de la population habitant des immeubles – projection de croissance de la population à l'horizon 2019 Indicateurs de capacité d'adaptation : – pourcentage de la population ayant au moins le baccalauréat – pourcentage de la population ne parlant pas la langue locale – pourcentage de la population propriétaire de son habitation – revenu moyen par foyer ( ) – pourcentage de la population ayant accès à Internet
Impacts considérés	**[X] aléas naturels** **[X] impact sanitaire** [ ] impact social [ ] impact économique [ ] autre :
Données sources	**[X] statistique publique** (recensement, …) : démographie **[X] données géographiques** : topographie, occupation du sol **[X] autres données** : projections climatiques

Complexité	**[X] méthode scientifique complexe** [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	[ ] non explicité **[X] précisé** : évaluation de la vulnérabilité comme base informative pour la réalisation de plans
Illustrations	**[X] cartes** : exposition, sensibilité, capacité d'adaptation et vulnérabilité [ ] graphiques : [ ] autres :



igure 11: Results of vulnerability assessments for the five areas of potential impact and net egional vulnerability based upon weighted aggregation of the five areas of potential impact see Preston et al., 2008).

Prospective et prévisions	**[X]** la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement : différents scénarios sont agrégés, les prévisions sont faites à l'horizon 2030.
Conclusions et leçons	Il est important de toujours garder à l'esprit que la vulnérabilité est vue selon le prisme du cadre méthodologique dans lequel elle est évaluée, et que cela influence le résultat.

Q

Mapping community determinants of heat vulnerability

C. E. Reid, M. S. O'Neill, C. J. Gronlund, S. J. Brines, D. G. Brown, A.V. Diez-Roux, J. Schwartz - 2009

Source	Environmental health perspectives, volume 117 No 11 November 2009 Pages 1730-1736
Objectif de l'étude	Spatialiser la vulnérabilité aux températures élevées et identifier les zones d'intervention potentielles, ainsi que les possibilités de recherche complémentaires.
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** [ ] experts, parties prenantes [ ] élus, décideurs [ ] grand public [ ] autre : [ ] au niveau local [ ] au niveau régional [ ] au niveau national [ ] au niveau mondial
Cas d'étude	USA
Échelle d'application	**[X] locale** [ ] régionale **[X] nationale** [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	[ ] littoral [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale [ ] autre :
Description de la méthode	Cartographie et analyse de 10 facteurs de vulnérabilité aux températures élevées aux USA. Pour chaque thématique un score est calculé, puis ces scores sont agrégés pour obtenir un indice de vulnérabilité à la chaleur.
Exemples d'indicateurs	Démographie : – population sous le seuil de pauvreté (%) – population n'ayant pas de diplôme de niveau bac (%) – population non blanche (%) – population vivant seule (%) – population de plus de 65 ans (%) – population de plus de 65 ans vivant seule (%) Couverture du sol : – part du sol non couvert par de la végétation (%) Prévalence du diabète : – pourcentage de la population diagnostiquée comme diabétique Accès à l'air conditionné : – pourcentage des foyers sans climatisation centrale – pourcentage des foyers sans air conditionné (même mobile)
Impacts considérés	[ ] aléas naturels **[X] impact sanitaire** [ ] impact social [ ] impact économique [ ] autre :
Données sources	**[X] statistique publique** (recensement, …) : démographie **[X] données géographiques** : couverture du sol **[X] autres données** : maladies, données sur les logements
Complexité	**[X] méthode scientifique complexe** [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	**[X] non explicité** [ ] précisé :

Illustrations	**[X] cartes** : l'indice agrégé est cartographié (échelle nationale + loupes sur des villes particulières) [ ] graphiques : [ ] autres :
Prospective et prévisions	[ ] la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement :
Conclusions et leçons	La vulnérabilité à la chaleur varie dans l'espace. L'étude met en évidence une vulnérabilité plus élevée dans les centres villes que dans les quartiers périphériques, quelle que soit la ville considérée.



R

The role of maps in neighbourhood-level heat vulnerability assessment for the city of Toronto

C. Rinner, D. Patychuck, K. Bassil, S. Nasr, S. Gower, M. Campbell - 2010

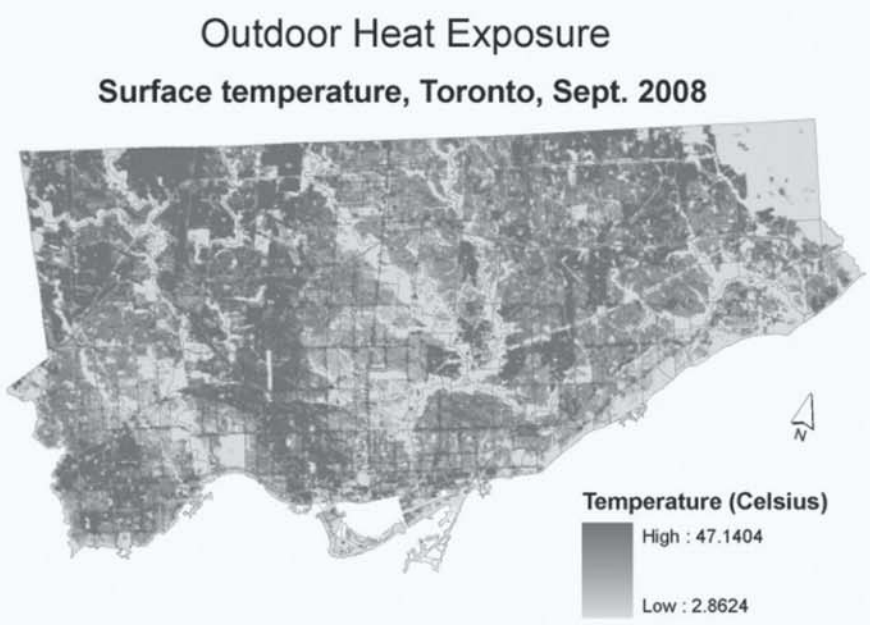
Source	Cartographic and geographic information science, 37(1) pages 31-44
Objectif de l'étude	Développer des outils cartographiques permettant d'identifier les populations vulnérables et les zones sensibles, afin de guider l'action publique à court terme.
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** **[X] experts, parties prenantes** **[X] élus, décideurs** [ ] grand public [ ] autre : **[X] au niveau local** **[X] au niveau régional** **[X] au niveau national** **[X] au niveau mondial**
Cas d'étude	Toronto, Canada
Échelle d'application	**[X] locale** [ ] régionale **[X] nationale** [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	[ ] littoral [ ] plaine [ ] montagne **[X] zone urbaine** [ ] zone rurale [ ] autre :
Description de la méthode	Chaque indicateur est cartographié. Les indicateurs sont agrégés et pondérés.
Exemples d'indicateurs	Indicateurs d'exposition : – température – absence d'espaces verts – logements anciens – logements sans air conditionné Indicateurs de sensibilité : – malades chroniques – personnes âgées – enfants – personnes ayant de faibles revenus – locataires – sans abri – migrants récents Indicateurs de capacité d'adaptation : – air conditionné – présence d'établissements climatisés (bibliothèque, centre commercial)
Impacts considérés	[ ] aléas naturels **[X] impact sanitaire** **[X] impact social** [ ] impact économique [ ] autre :
Données sources	**[X] statistique publique** (recensement, …) **[X] données géographiques :** limites administratives [ ] autres données :
Complexité	**[X] méthode scientifique complexe** [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	[ ] non explicité **[X] précisé :** prise en considération des besoins des décideurs dans la préparation de l'étude

Illustrations

[X] cartes : l'indice agrégé est cartographié (échelle nationale + loupes sur des villes particulières)

[ ] graphiques :

[ ] autres :



Prospective et prévisions

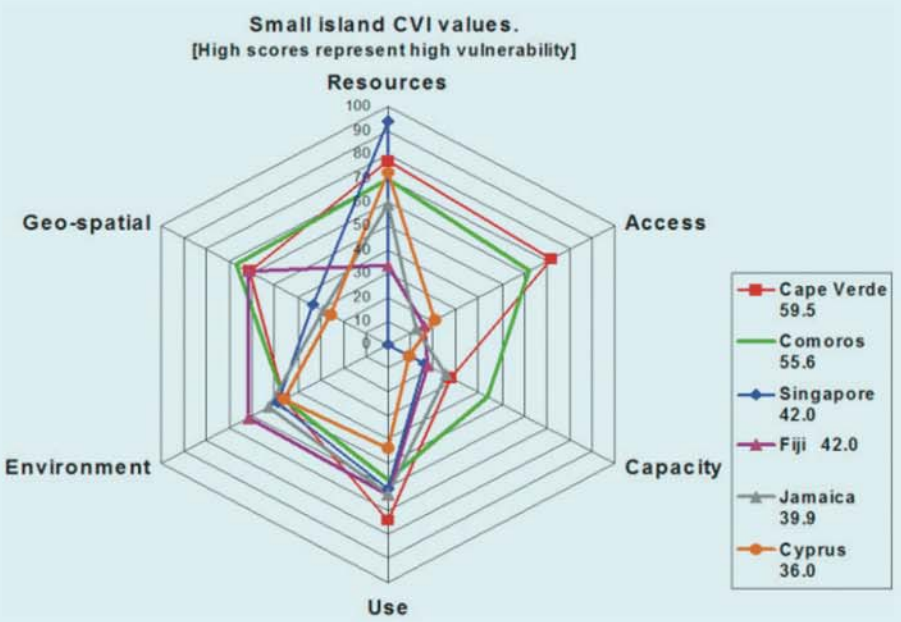
[ ] la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement :



S

The climate vulnerability index : relevance to the tourism sector (PowerPoint presentation) - C. Sullivan - 2008

Objectif de l'étude	Développement d'un indice synthétique de vulnérabilité climatique, et confirmer sa légitimité pour un secteur d'activité spécifique (tourisme).
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** **[X] experts, parties prenantes** [ ] élus, décideurs [ ] grand public **[X] autre : ONG** [ ] au niveau local **[X] au niveau régional** **[X] au niveau national** [ ] au niveau mondial
Cas d'étude	L'indice est calculé pour chaque pays du monde
Échelle d'application	[ ] locale [ ] régionale **[X] nationale** [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	[ ] littoral [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale [ ] autre :
Description de la méthode	Les données nécessaires pour chaque indicateur sont collectées en lien avec les parties prenantes locales. Le passage des données aux valeurs des indicateurs n'est pas expliqué. Une formule permet de calculer l'indice.
Exemples d'indicateurs	Un indicateur composite est calculé au niveau national à partir de 6 sujets. Informations géospatiales : – élévation du niveau de la mer – érosion – fonte des glaciers Ressources : – ressources en eau Accès : – à l'eau – à l'irrigation Capacité : – mortalité – niveau d'éducation – existence de systèmes de prévention Usage : – consommation d'eau Environnement : – densité de peuplement – fréquence des inondations
Impacts considérés	**[X] aléas naturels** **[X] impact sanitaire** **[X] impact social** **[X] impact économique** [ ] autre :
Données sources	**[X statistique publique** (recensement, …) **[X] données géographiques** : sur l'environnement physique **[X] autres données** : économiques
Complexité	**[X] méthode scientifique complexe** [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques

Adéquations avec les compétences des collectivités	**[X] non explicité** [ ] précisé :
Illustrations	**[X] cartes** : indice final au niveau national **[X] graphiques** : possibilité de représenter l'indice final sous forme de radar [ ] autres : 
Prospective et prévisions	**[X]** la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement : prospective basée sur le scénario "policy first" de l'UNEP et le modèle climatique HadCM3 à l'horizon 2030
Conclusions et leçons	Il est nécessaire de combiner sciences physiques et sociales pour approcher la question du changement climatique.



T

Designing of a geospatial information infrastructure for mitigation of heat wave hazards in urban areas

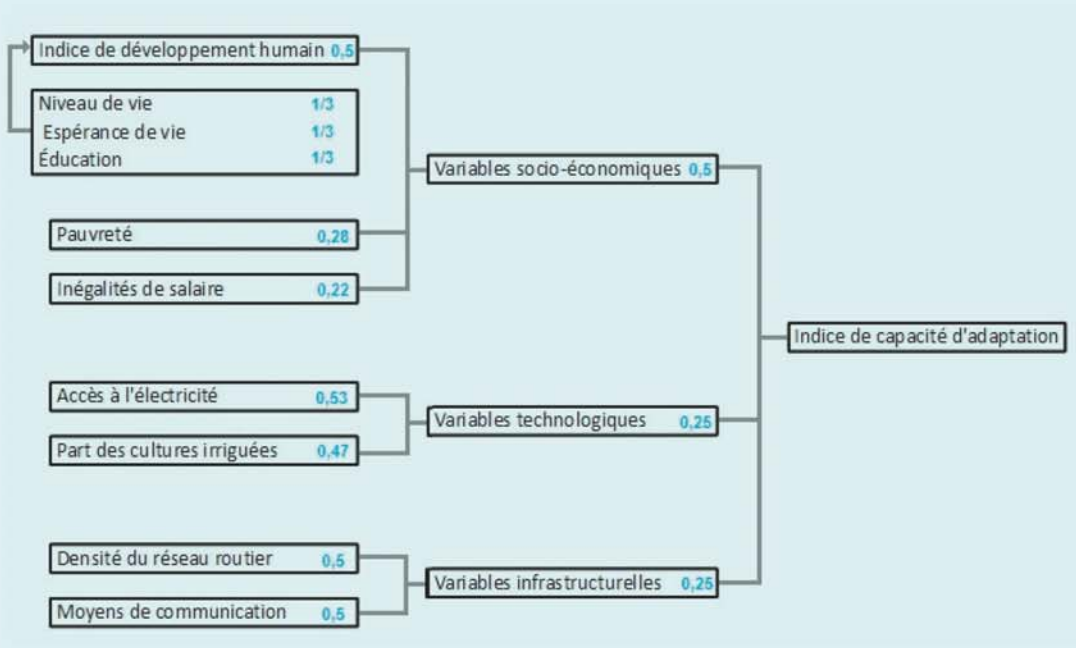
O.V.Wilhelmi, K. L. Purvis, R. C. Harriss - 2004

Source	Natural hazards review, August 2004 pages 147-158
Objectif de l'étude	Montrer l'importance et le rôle que peuvent jouer les SIG (systèmes d'information géographique) dans la compréhension et la mitigation des canicules en milieu urbain.
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** [ ] experts, parties prenantes [ ] élus, décideurs [ ] grand public [ ] autre : [ ] au niveau local [ ] au niveau régional [ ] au niveau national **[X] au niveau mondial**
Cas d'étude	USA
Échelle d'application	[ ] locale [ ] régionale [ ] nationale [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	[ ] littoral [ ] plaine [ ] montagne **[X] zone urbaine** [ ] zone rurale [ ] autre :
Description de la méthode	Revue de littérature sur les stratégies employées en zone urbaine. Un cadre conceptuel de développement d'infrastructures d'information géospatiale, orienté vers la mitigation, est présenté.
Exemples d'indicateurs	Climat : humidité, radiations, vent Pauvreté, genre. Ethnie Maladie Urbanisation Durée des épisodes de canicule Revenu moyen
Impacts considérés	[ ] aléas naturels **[X] impact sanitaire** **[X] impact social** [ ] impact économique [ ] autre :
Données sources	**[X] statistique publique** (recensement, …) **[X] données géographiques** : [ ] autres données :
Complexité	**[X] méthode scientifique complexe** [ ] expertise nécessaire [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	**[X] non explicité** [ ] précisé :
Prospective et prévisions	[ ] la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement :
Conclusions et leçons	Les auteurs concluent sur la nécessité : – d'une approche interdisciplinaire de la recherche – du développement d'une base de données sur l'environnement urbain – de l'implication des parties prenantes dans la démarche

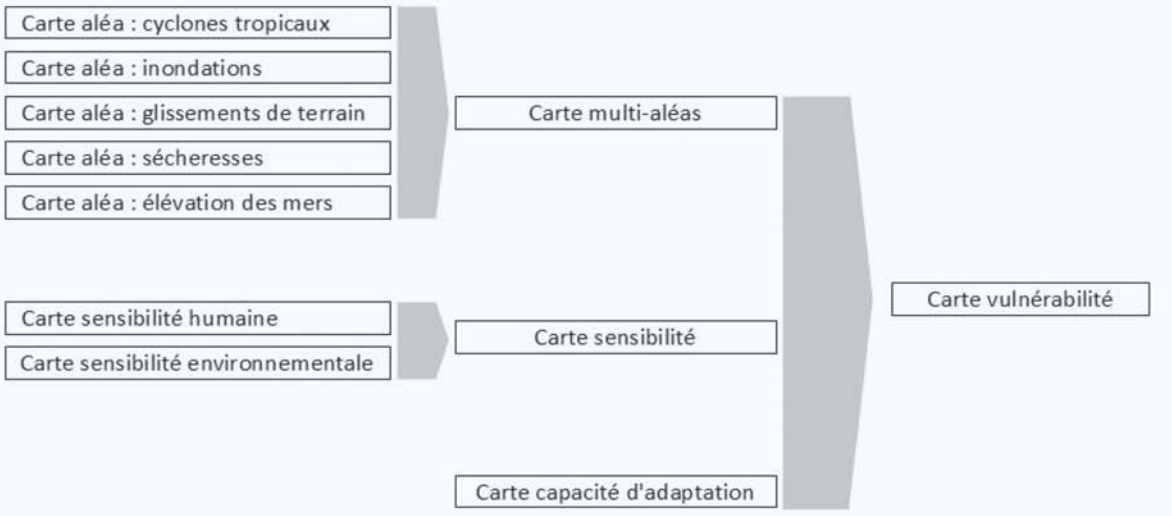
U

Climate change vulnerability mapping for Southeast Asia

A. A. Yusuf, H. Francisco - 2009

Objectif de l'étude	Identifier les zones les plus vulnérables aux impacts du changement climatique en Asie du Sud-Est et les cartographier pour mieux cibler l'action et les mesures d'adaptation.
Public ciblé	**[X] communauté scientifique** **[X] experts, parties prenantes** [ ] élus, décideurs [ ] grand public **[X] autre : donateurs potentiels** [ ] au niveau local [ ] au niveau régional [ ] au niveau national [ ] au niveau mondial
Cas d'étude	Asie du Sud-Est : Indonésie, Thaïlande, Vietnam, Laos, Cambodge, Malaisie, Philippines
Échelle d'application	**[X] locale** **[X] régionale** [ ] nationale [ ] internationale
Cadre géographique spécifique	[ ] littoral [ ] plaine [ ] montagne [ ] zone urbaine [ ] zone rurale [ ] autre :
Description de la méthode	L'étude est faite à l'échelle sub-nationale, les zones étudiées sont des régions, des districts ou des provinces. L'approche en 6 points suit une méthodologie proposée par le GIEC : − l'exposition est évaluée en se basant sur les catastrophes passées − des cartes d'exposition sont réalisées pour 5 aléas (cyclones tropicaux, inondations, glissements de terrain, sécheresses, élévation du niveau de la mer) − la sensibilité humaine est évaluée (en utilisant la densité de population comme proxy) et cartographiée − la sensibilité environnementale est évaluée (en utilisant la part de zones protégées comme proxy) et cartographiée − un indice de capacité d'adaptation est calculé (voir ci-dessous), en fonction de facteurs socio-économiques, technologiques, et infrastructurels, puis cartographié − les cartes sont croisées (formule ci-dessous) pour obtenir une carte de la vulnérabilité. Indice de capacité d'adaptation : 

U

Description de la méthode (suite)	Obtention de la carte de vulnérabilité à partir des autres cartes : 
Exemples d'indicateurs	Indicateurs d'exposition (aléas) : – fréquence des évènements sur la période 1980-2000, pour les sécheresses, inondations et cyclones – exposition aux glissements de terrain – zones soumises aux risques d'élévation du niveau de la mer (en dessous de 5m d'altitude) Indicateurs de sensibilité : – densité de population – proportion des zones naturelles protégées Indicateurs de capacité d'adaptation (voir aussi schéma au-dessus) : – niveau de vie, espérance de vie et niveau d'éducation, regroupés dans un indice synthétique, l'Indice de Développement Humain – pauvreté – inégalités salariales – accès à l'électricité – pourcentage des cultures irriguées – densité du réseau routier – accès aux moyens de communication
Impacts considérés	**[X] aléas naturels** [ ] impact sanitaire [ ] impact social [ ] impact économique [ ] autre :
Données sources	**[X] statistique publique (recensement, …)** : démographie **[X] données géographiques** : données du NGI sur les glissements **[X] autres données** : données de Nations Unies, données du WWF sur les zones protégées
Complexité	[ ] méthode scientifique complexe **[X] expertise nécessaire** [ ] applicable sans connaissances spécifiques
Adéquations avec les compétences des collectivités	[X] non explicité [ ] précisé :
Illustrations	**[X] cartes** : chaque aléa et chaque indicateur fait l'objet d'une carte. Les résultats finaux sont également présentés sous forme de carte [ ] graphiques : [ ] autres :
Prospective et prévisions	**[X]** la méthode prend en compte des scénarios de changement climatique et/ou de développement : seuls les évènements passés sont considérés, dans l'hypothèse que ces évènements seront aggravés par le changement climatique.
Conclusions et leçons	Les zones les plus vulnérables sont identifiées : les Philippines, les delta du Mékong au Vietnam, la plupart du territoire du Cambodge, le nord et l'Est du Laos, la région de Bangkok en Thaïlande, l'Ouest et le Sud de Sumatra et l'Ouest et l'Est de java en Indonésie.

3. Table des figures

Figure 1 :
Comparaison de la terminologie changement climatique et risques naturels, *source I Care Environnement . . 4*

Figure 2 :
Tableau de recensement des indicateurs d'exposition cités dans la littérature . *12*

Figure 3 :
Tableau de recensement des indicateurs de sensibilité cités dans la littérature *13*

Figure 4 :
Tableau de recensement des indicateurs de capacité d'adaptation cités dans la littérature *14*

Figure 5 :
Cartes de représentation du RVI,, *source : ETC technical paper Décembre 2010 . . . . . 18*

Figure 6 :
Tableau de recensement des indicateurs d'exposition cités dans la littérature, avec les ouvrages source *22*

Figure 7 :
Tableau de recensement des indicateurs de sensibilité cités dans la littérature, avec les ouvrages source *23*

Figure 8 :
Tableau de recensement des indicateurs de capacité d'adaptation cités dans la littérature, avec les ouvrages source . *24*

Figure 9 :
Tableau de recensement des indicateurs de capacité d'adaptation cités dans la littérature, avec les ouvrages source . *30*

Figure 10 :
Tableau de recensement des indicateurs de capacité d'adaptation cités dans la littérature, avec les ouvrages source . *31*

PERSONNES AYANT CONTRIBUÉ À CE RECUEIL

Comité de pilotage

Céline Phillips, Service Climat
Eric Vésine, Service Climat
Eric Prud'homme, Service Animation Territoriale
Christian Frouin, Direction Régionale Pays de la Loire
François Boisleux, Direction Régionale Nord Pas de Calais
Claire Barais, Direction Régionale Bretagne
Sandrine Wenisch, Direction Régionale Poitou-Charentes

Auteurs

Marjory Angignard, Institut d'Aménagement du Territoire de l'Université de Dortmund
Prof. Stefan Greiving, Institut d'Aménagement du Territoire de l'Université de Dortmund
Boris Bailly, Associé I Care Environnement
Manon Delachenal, Consultante I Care Environnement
Marine Glon, Manager I Care Environnement

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. www.ademe.fr

Les observations du climat confirment que le territoire français est déjà impacté par le changement climatique depuis plusieurs décennies, notamment par un réchauffement de la température moyenne annuelle. Les modèles climatiques indiquent que ces tendances vont se poursuivre. Afin de s'y préparer au mieux, chaque acteur va devoir analyser l'impact des changements du climat sur son activité.
Ce document s'adresse aux collectivités territoriales souhaitant élaborer des indicateurs de leur vulnérabilité au changement climatique. Il présente une analyse de la littérature scientifique internationale. La présentation très opérationnelle des articles de recherche, ainsi qu'une synthèse des principaux enseignements, permettra à chaque collectivité de s'en inspirer pour bâtir les indicateurs les plus pertinents pour leur territoire.

7406 n° ISBN : 978-2-35838-266-3 - Février 2013 - Mise en page & illustrations : RC2C

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01
www.ademe.fr