

**SANTÉ  
ENVIRONNEMENT**

**JANVIER 2021**

MÉTHODE

**QUELS INDICATEURS**  
**POUR FACILITER LA PRISE EN COMPTE**  
**DE LA SANTÉ PUBLIQUE**  
**DANS LES POLITIQUES D'ADAPTATION**  
**AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?**

## Résumé

### Quels indicateurs pour faciliter la prise en compte de la santé publique dans les politiques d'adaptation au changement climatique ?

Les impacts sanitaires du changement climatique couvrent tous les champs de la santé publique. Pourtant, ils sont encore peu considérés dans les politiques d'adaptation au changement climatique. Le développement d'indicateurs appropriés pourrait faciliter la prise en compte de la santé dans l'identification et à la priorisation des besoins d'adaptation. La création d'indicateurs présuppose des données, des connaissances et leur structuration. Elle peut constituer une démarche intéressante pour amener des professionnels de l'environnement, de l'aménagement, de l'urbanisme et des professionnels de santé publique à collaborer, et à terme, contribuer à l'intégration de la santé dans toutes les politiques.

Ce document présente les conclusions de la réflexion menée à Santé publique France pour produire des indicateurs de danger, d'exposition, de vulnérabilité, d'impact et d'intervention. Ces indicateurs doivent fournir des informations quantitatives, synthétiques, pour des enjeux sanitaires susceptibles d'être influencés directement ou indirectement par les évolutions climatiques passées, en cours ou à venir, et permettre d'analyser des tendances spatiales, temporelles ou sociodémographiques. Le présent rapport propose une grille d'analyse des qualités scientifiques, métrologiques, pédagogiques et décisionnelles devant être associées à un indicateur.

Ces éléments y sont discutés de manière générale, afin d'être transposables pour tous les thèmes de santé publique potentiellement affectés par le changement climatique, l'adaptation ou l'atténuation de ses effets, et ce pour toutes les échelles géographiques.

**MOTS CLÉS :** INDICATEUR, CHANGEMENT CLIMATIQUE, EXPOSITION, IMPACT, VULNERABILITE, INTERVENTION

**Citation suggérée :** Pascal M. *Quels indicateurs pour faciliter la prise en compte de la santé publique dans les politiques d'adaptation au changement climatique ?* Saint-Maurice : Santé publique France, 2021.66 p. Disponible à partir de l'URL : [www.santepubliquefrance.fr](http://www.santepubliquefrance.fr)

ISSN : 2647-4816 - ISBN-NET : 979-10-289-0680-1 - RÉALISÉ PAR LA DIRECTION DE LA COMMUNICATION, SANTÉ PUBLIQUE FRANCE - DÉPÔT LÉGAL : JANVIER 2021

## Abstract

### Witch indicators to facilitate the inclusion of public health in climate change adaptation policies?

The health impacts of climate change cover all the fields of public health. Yet, they are still poorly taken into account in adaptation policies. Developing relevant health indicators of climate change could facilitate the integration of health into the identification and prioritization of adaptation needs. Creating indicators presupposes the existence and the structuration of data and knowledge on climate and health. It can be used to engage public health professionals and other professionals (environment, architects, urbanisms...) to work together on this structuration, and, *in fine*, to include health in all policies.

This report presents the conclusion of a work developed at Santé publique France to produce indicators of danger, exposure, vulnerability and intervention. Indicators must provide quantitative, synthetic information, for health issue likely to be influenced, directly or indirectly, by past, present or future climate trends. They must allow the analyses of spatial, temporal, or socio-demographic trends. The report proposes a grid to discuss the qualities of the indicator (scientific, pedagogic, relevance for decision-making).

Those aspects are discussed globally, to be applicable to various public health issue, to consider adaptation and mitigation, and various geographical scales.

**KEY WORDS:** INDICATOR, CLIMATE CHANGE, EXPOSURE, IMPACT, VULNERABILITY, INTERVENTION

## Auteur

**Mathilde Pascal** Santé publique France

## Participants du groupe de travail

<b>Pascal Beaudeau</b>	Santé publique France
<b>Myriam Blanchard</b>	Santé publique France
<b>Christine Chan-Chee</b>	Santé publique France
<b>Magali Corso</b>	Santé publique France
<b>Marie-Christine Delmas</b>	Santé publique France
<b>Marion Hulin</b>	Santé publique France
<b>Karine Laaidi</b>	Santé publique France
<b>Robin Lagarrigue</b>	Santé publique France
<b>Alain Le Tertre</b>	Santé publique France
<b>Marie-Claire Paty</b>	Santé publique France
<b>Anne Thuret</b>	Santé publique France
<b>Agnès Verrier</b>	Santé publique France
<b>Nicolas Vincent</b>	Santé publique France
<b>Jean-Marc Yvon</b>	Santé publique France

## Relecture scientifique

**Rémy Slama** Inserm (Institut national de la santé et de la recherche médicale)

## Abréviations

<b>Dpseea</b>	<i>Driving force – pressure – state – exposure – effect – action</i>
<b>HCSP</b>	Haut Conseil de la santé publique
<b>GES</b>	Gaz à effet de serre
<b>GIEC</b>	Groupe intergouvernemental d'expert sur le climat
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la santé
<b>Onerc</b>	Observatoire national des effets du réchauffement climatique
<b>PM</b>	Particule fine ( <i>Particulate matter</i> )
<b>Pnacc-2</b>	2 <sup>e</sup> plan national d'adaptation au changement climatique
<b>PNC</b>	Plan national canicule
<b>PNSE</b>	Plan national santé environnement
<b>RCP</b>	Profils représentatifs d'évolution de concentration ( <i>Representative Concentration Pathways</i> )

## Sommaire

<b>1. LE CHANGEMENT CLIMATIQUE, UN DÉTERMINANT MAJEUR DE SANTÉ PUBLIQUE..</b>	<b>6</b>
<b>2. L'OBSERVATION DES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE : UN OUTIL POUR L'ADAPTATION.....</b>	<b>10</b>
<b>3. OBJECTIFS DE CE RAPPORT .....</b>	<b>12</b>
<b>4. MÉTHODE DE TRAVAIL .....</b>	<b>13</b>
<b>5. PROPOSITION DE DÉMARCHE POUR DÉVELOPPER DES INDICATEURS DES EFFETS SANITAIRES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE .....</b>	<b>14</b>
5.1 Qu'est-ce qu'un indicateur d'effet sanitaire du changement climatique ? .....	14
5.2 Dans quel cas est-il pertinent de construire des indicateurs d'effets sanitaires du changement climatique ? .....	15
5.3 Que veut-on mesurer ? .....	19
5.4 Quelles sont les qualités requises pour un indicateur ? .....	21
5.5 Quelles échelles géographiques et temporelles choisir ? .....	22
5.6 Quelles informations produire en accompagnement des indicateurs ? .....	22
5.7 Comment présenter et accompagner la démarche et les indicateurs ? .....	23
<b>6. EXEMPLES.....</b>	<b>24</b>
6.1 Effets des canicules sur la santé.....	24
6.2 Effets de la pollution de l'air sur la santé .....	26
<b>7. DISCUSSION .....</b>	<b>28</b>
Glossaire .....	29
<b>Annexe 1. Exemple d'indicateurs d'impacts du changement climatique utilisés dans le Monde.....</b>	<b>34</b>
<b>Annexe 2. Proposition d'indicateurs « canicule » .....</b>	<b>42</b>
Synthèse des indicateurs proposés .....	42
Illustration à l'échelle nationale .....	43
Fiche de synthèse – Indicateurs canicules.....	46
<b>Annexe 3. Proposition d'indicateurs « pollution de l'air » .....</b>	<b>51</b>
Synthèse des indicateurs proposés .....	51
Illustration à l'échelle des 18 villes du programme de surveillance air et santé .....	53
Fiche de synthèse – Indicateurs pollution .....	57
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>60</b>

# 1. LE CHANGEMENT CLIMATIQUE, UN DÉTERMINANT MAJEUR DE SANTÉ PUBLIQUE

Le changement climatique fait l'objet de nombreux travaux scientifiques depuis plus de 50 ans [1, 2] et d'une démarche politique internationale concrétisée par l'Accord de Paris [3]. Aujourd'hui, le réchauffement global moyen est de +1°C par rapport à l'ère préindustrielle. Si les dynamiques actuelles d'évolution des émissions de gaz à effet de serre (GES) se poursuivent, il est très probable que le réchauffement global sera supérieur à +4°C d'ici 2100. Il s'agit d'une moyenne globale, et le réchauffement pourra être bien plus élevé régionalement [4]. Un réchauffement global moyen de +1,5°C est considéré comme dangereux, de +3°C comme catastrophique, et de +5°C ou plus nous entraînant dans une zone inconnue et constituant une « menace existentielle pour l'humanité » [5].

Si la conséquence la plus emblématique du changement climatique est l'augmentation de la température moyenne du globe, de nombreuses autres conséquences sont aussi observées : hausse du niveau de la mer, acidification des océans, modifications des écosystèmes, sécheresse et incendies, par exemple.

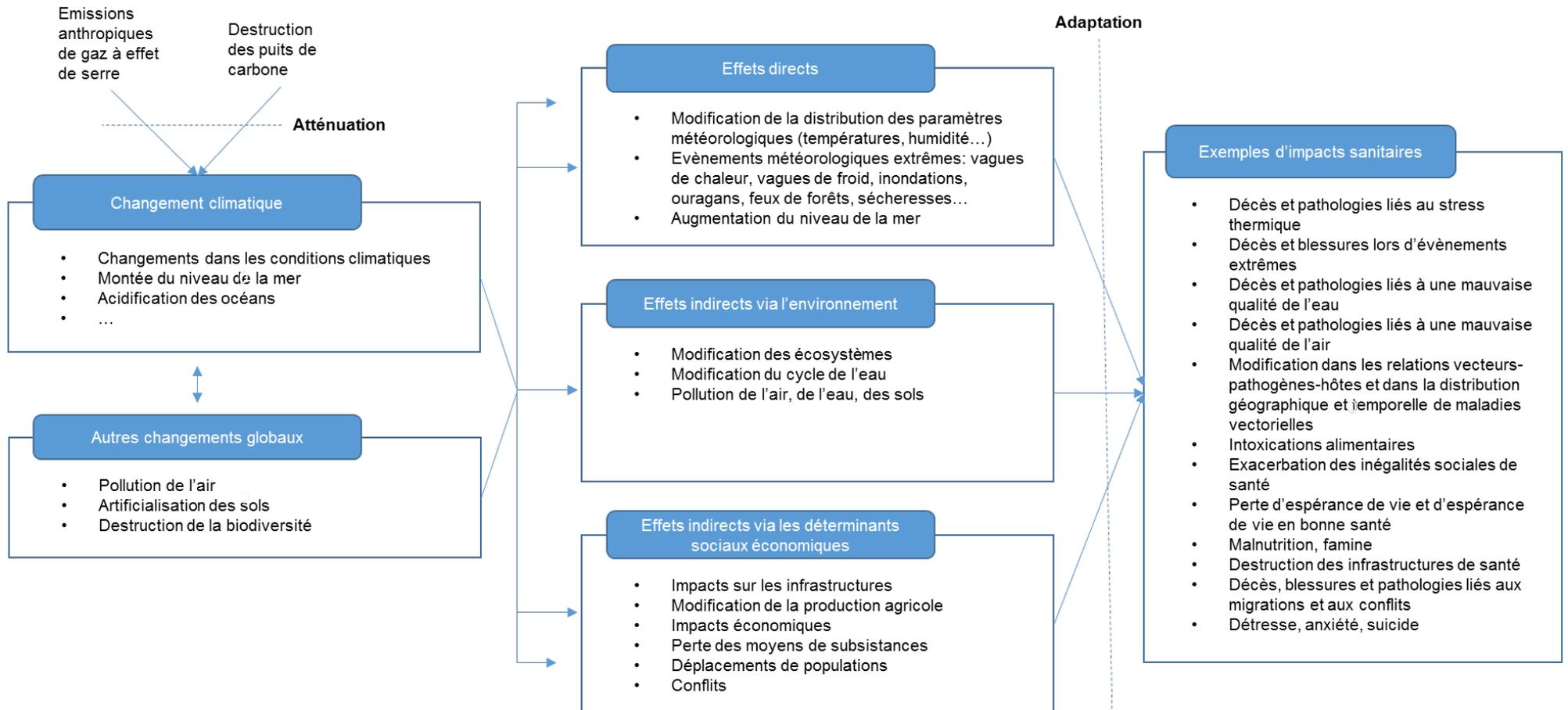
Dans le même temps, d'autres évolutions environnementales affectent la santé et les écosystèmes : destruction de la biodiversité [6], pollution globalisée, artificialisation des sols... Certaines ont des causes communes avec le changement climatique, et/ou des effets synergiques à différents niveaux. Par exemple, les polluants de l'air tels que les particules fines et les GES partagent des sources communes (trafic, industrie, agriculture, production d'énergie...). Au niveau atmosphérique, climat et pollution interagissent ; le climat influence les conditions atmosphériques et l'évolution des polluants, alors que les polluants jouent sur le forçage radiatif et donc sur le climat. Enfin, une synergie entre conditions météorologiques et polluants de l'air est également observée lorsqu'on s'intéresse aux conséquences sanitaires (synergie en termes d'exposition, mais également en termes d'interaction sur le plan physiologique).

Aussi, les liens étroits entre les causes et les répercussions de ces grands changements environnementaux appellent à ne pas les séparer les uns des autres et à raisonner en termes de changement global [7].

Les impacts sanitaires identifiés du changement climatique sont nombreux et couvrent tous les champs de la santé publique [8]. Comme schématisé sur la Figure 1, on distingue classiquement les effets directs (ex. les canicules, les inondations...), les effets indirects entraînés par la dégradation de l'environnement (ex. la pollution de l'air, la difficulté d'accès à l'eau, la qualité nutritionnelle des aliments...), et ceux entraînés par les retombées sur les déterminants sociaux de la santé (ex. les déplacements de population, les crises économiques découlant des catastrophes...) [8]. Cette classification est toutefois artificielle car effets directs et indirects sont interdépendants. Ils dépendent également des autres évolutions environnementales en cours. Par exemple, la pauvreté et l'exacerbation des inégalités sociales de santé induites par l'artificialisation des sols et la perte de biodiversité pourront augmenter la vulnérabilité aux effets directs et indirects du changement climatique. De même, l'enchaînement d'événement extrêmes sur un territoire peut modifier les écosystèmes et les organisations sociales, conduisant à des effets multiples [9].

I FIGURE 1 I

### Schématisation des principaux liens entre changements climatiques et santé



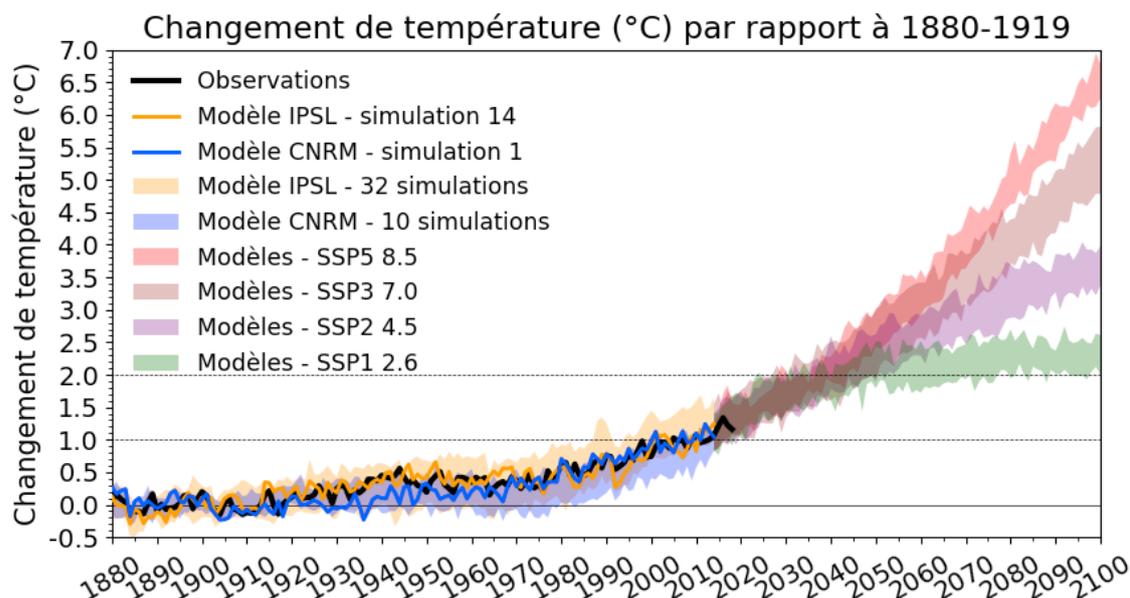
La Figure 1 permet également d'identifier la complémentarité entre les politiques d'adaptation, qui visent à prévenir les effets sanitaires des modifications environnementales, et les politiques d'atténuation, qui visent à réduire l'amplitude des changements à venir.

Adaptation et atténuation sont en effet complémentaires. La longue demi-vie atmosphérique des GES et l'inertie du système climatique rend inéluctable la poursuite des changements climatiques au cours des prochaines décennies, et donc le besoin d'adaptation, quelles que soient les politiques d'atténuation appliquées.

Cette dynamique est illustrée par la Figure 2 qui présente l'évolution attendue de la température moyenne globale pour différentes trajectoires socio-économiques correspondant à différentes ambitions d'atténuation. Jusqu'en 2040, la tendance dépend très peu de ces trajectoires et souligne le besoin rapide d'adaptation. À partir de 2040, les différences seront très importantes selon les politiques d'atténuation retenues aujourd'hui, et se répercuteront sur les besoins d'adaptation (voire l'impossibilité de l'adaptation sous les réchauffements les plus extrêmes) [7]. Ainsi, aujourd'hui, on a une bonne vision, d'une part, des évolutions auxquelles il va falloir s'adapter d'ici 2040 et, d'autre part, de l'atténuation qu'il faut mettre en place dès maintenant pour en limiter la portée au-delà de 2040 et protéger la santé des générations futures [2].

## I FIGURE 2 I

**Évolution de la température moyenne globale selon différents modèles et différentes trajectoires socio-économiques (SSP). Période de référence : 1880-1919 [16]**



De plus, les politiques d'adaptation menées pour des motivations autres que la santé pourraient avoir des répercussions (négatives ou positives) en matière sanitaire. De même, les politiques d'atténuation peuvent avoir des conséquences sanitaires. Un pan de la recherche se consacre actuellement à l'identification des impacts positifs, également appelés co-bénéfices, des politiques d'atténuation, via leurs actions sur des déterminants des maladies chroniques non transmissibles. Une littérature abondante documente par exemple les bénéfices sanitaires associés à des réductions de la consommation de viande, à l'amélioration de la qualité de l'air ou à la promotion des mobilités actives [10-15].

Il faut par ailleurs souligner que les impacts futurs, dont l'ampleur dépendra fortement de l'amplitude du réchauffement, sont probablement largement sous-estimés par les connaissances actuelles. Cette sous-estimation reflète d'une part la difficulté à prendre en compte les non-linéarités, les interdépendances et les possibilités de changements abrupts dans les modèles actuels [16, 17] et d'autre part un biais normatif qui conduit à minimiser la portée des simulations les plus graves identifiées par les modèles climatiques [7, 18].

Pour l'ensemble de ces raisons, le changement climatique est désormais identifié comme le déterminant majeur de la santé publique pour les générations à venir [19].

## 2. L'OBSERVATION DES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE : UN OUTIL POUR L'ADAPTATION

Le 2<sup>e</sup> plan national d'adaptation au changement climatique (Pnacc-2) souhaite le renforcement de la mesure des impacts sanitaires du changement climatique et leur prise en compte à l'échelle des territoires [20]. Une des attentes exprimées dans ce plan est de développer des indicateurs sanitaires du changement climatique, en particulier pour les observatoires nationaux et régionaux du changement climatique. L'objectif de ces observatoires est de collecter des données pour informer et alimenter les réflexions en matière d'adaptation à l'échelle d'un territoire.

Les politiques publiques d'adaptation ont pour objectifs « *d'anticiper les impacts à attendre du changement climatique, de limiter leurs dégâts éventuels en intervenant sur les facteurs qui contrôlent leur ampleur* » [21]. L'adaptation est souvent conceptualisée comme un cycle couplant la caractérisation des enjeux actuels, l'estimation des évolutions futures, le choix et la mise en œuvre d'actions d'adaptation et leur évaluation. Une telle approche peut également être appliquée à des questions de santé publique, en prenant en compte leur dimension multifactorielle et en intégrant le fait que l'ensemble des influences du changement climatique sur les déterminants de la santé ne sont pas encore bien caractérisées [22]. Dans le champ de la santé, l'adaptation s'apparente à la thérapeutique des effets du changement climatique. L'atténuation s'apparente à de la prévention.

Dans cette démarche, des indicateurs sanitaires pourraient contribuer à l'identification et à la priorisation des besoins d'adaptation, voire à l'évaluation de certaines actions. La création d'indicateurs présuppose un minimum de construction et de structuration de la connaissance et des données disponibles. À l'échelle d'un territoire, la démarche de création d'indicateurs peut constituer une méthode intéressante pour amener des professionnels de l'environnement, de l'aménagement, de l'urbanisme et des professionnels de santé à collaborer, et, à terme, contribuer à l'intégration de la santé dans toutes les politiques.

Les indicateurs sanitaires jouent également un rôle important dans la communication et la pédagogie concernant le changement climatique. L'illustration des impacts sanitaires du changement climatique pourrait être une motivation pour agir, tant en termes d'adaptation qu'en termes de réduction des émissions de GES [7, 23].

Or, actuellement en France, seuls quatre indicateurs sont regroupés dans la rubrique « Santé et société » de l'Observatoire national des effets du réchauffement climatique (Onerc) parmi les vingt-neuf indicateurs destinés à décrire l'état du climat et de ses effets sur l'ensemble du territoire [24] (Annexe 1) :

- « Exposition de la population aux risques climatiques »
- « Feux de forêts météorologiques »
- « Indice de rigueur climatique »
- « Indicateur de pollen de bouleau ».

Les impacts économiques et sociaux associés à ces indicateurs sont soulignés dans les fiches d'accompagnement, mais seul l'indicateur « pollen du bouleau » est justifié par un argument sanitaire [24]. On retrouve par ailleurs des justifications ayant trait à la santé dans les fiches descriptives d'indicateurs classés dans d'autres rubriques :

- Rubrique « Atmosphère, Températures et Précipitations » : les pertes en vie humaine sont mentionnées pour l'indicateur « Pluies diluviennes dans le sud-est méditerranéen de la France ».
- Rubrique « Eau et Biodiversité » ; les risques sanitaires sont mentionnés pour l'indicateur « Front d'expansion de la chenille processionnaire du pin ».

Au regard des effets avérés ou potentiels (Figure 1), les informations actuellement disponibles au niveau de l'Onerc fournissent une vision très partielle des enjeux de santé publique réels. En particulier, plusieurs des risques sanitaires identifiés comme les plus importants en France métropolitaine (vague de chaleur, pollution de l'air, maladies vectorielles...) [8] n'y sont pas représentés.

Dans une approche différente, le Haut Conseil de santé publique (HCSP) s'est penché sur des indicateurs appropriés pour mesurer les objectifs de résultats des actions du 3<sup>e</sup> plan national santé environnement (PNSE3), en considérant six champs thématiques, dont un champ « *changement global et impact sur la santé (dont changement climatique et agents infectieux, vecteurs, allergies et pollens)* » [25]. Il ne s'agit pas d'indicateurs d'impacts ou de suivi des effets du changement climatique, mais d'indicateurs d'évaluation d'actions visant à réduire ces impacts. Il ressort de cette analyse que dix-sept actions du PNSE3 sont rattachées au champ thématique « changement global », mais sans fournir une image adéquate de la diversité des impacts sanitaires : quatre concernent les risques polliniques, et douze la production et la diffusion d'information [25]. Ce travail du HCSP ne répond pas au besoin d'indicateurs tel qu'exprimé par le Pnacc-2.

Enfin, un recensement des indicateurs d'effets sanitaires suivi dans d'autres pays, à partir d'un travail réalisé en 2017 par l'Organisation météorologique mondiale [26], complété par une recherche pour identifier d'éventuels travaux plus récents a mis en évidence l'absence de structuration dans la construction des indicateurs actuellement utilisés dans le monde. On note une grande diversité (cf. les exemples en Annexe 1), et très peu de justification des choix réalisés. Seul un document des États-Unis propose une démarche pour définir des indicateurs des effets sanitaires du changement climatique à une échelle locale [27], mais s'appuyant sur une liste préétablie d'indicateurs disponibles au niveau national et sans expliciter les choix ayant conduit à établir cette liste. Aussi, il a été jugé utile de réfléchir au sein de Santé publique France à un cadre pour accompagner le développement d'indicateurs d'effets sanitaires du changement climatique.

### 3. OBJECTIFS DE CE RAPPORT

Pour contribuer efficacement à l'application de politiques d'adaptation, les indicateurs des effets sanitaires doivent être capables de synthétiser une connaissance complexe, incertaine et multifactorielle, couvrant plusieurs champs de la santé. Ils doivent aussi être accessibles à un public varié et le plus souvent étranger à la santé.

Or, un indicateur n'a de sens que vis-à-vis d'un objectif et d'un contexte donné. Une simple liste présente donc moins d'intérêt qu'une méthode permettant de construire des indicateurs pertinents par rapport aux enjeux considérés. Ainsi, ce document présente les conclusions de la réflexion menée à Santé publique France concernant les indicateurs d'effet sanitaire du changement climatique quant à leurs objectifs, typologies, qualités et diffusion auprès de différents publics cibles.

Ces éléments sont discutés de manière générale, afin d'être transposables pour tous les thèmes de santé publique potentiellement concernés par le changement climatique, l'adaptation ou l'atténuation, et pour toutes les échelles géographiques. Les propositions portées dans ce rapport sont illustrées par quelques exemples définis à partir des données et des méthodes déjà disponibles à Santé publique France. En revanche, il ne traite pas des besoins de partenariats ou de développements méthodologiques qui pourraient être nécessaires pour développer des indicateurs relatifs à un thème donné.

L'objectif est que ce rapport serve de référentiel pour la production d'indicateurs des effets du changement climatique afin d'alimenter les observatoires nationaux et régionaux du changement climatique. La démarche peut s'appliquer pour définir des indicateurs utiles à l'adaptation, mais également pour suivre des co-bénéfices sanitaires des mesures d'atténuation.

## 4. MÉTHODE DE TRAVAIL

Les éléments discutés ci-dessous sont issus des échanges au sein d'un groupe de travail transversal rassemblant plusieurs représentants des directions de l'Agence (environnement, travail, maladies transmissibles, maladies non transmissibles, prévention et promotion de la santé, région). Ils suivent la démarche générale de construction d'un indicateur à Santé publique France, en discutant certaines des étapes suivantes [28] :

- quel est l'objectif ?
- que veut-on mesurer ? Quelles sont les propriétés requises pour cela ?
- cet indicateur est-il déjà produit ailleurs ?
- sinon, les données pour le produire sont-elles disponibles ?
- quelles représentations, restitution, interprétation, restitution, communication ?

# 5. PROPOSITION DE DÉMARCHE POUR DÉVELOPPER DES INDICATEURS DES EFFETS SANITAIRES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

## 5.1 Qu'est-ce qu'un indicateur d'effet sanitaire du changement climatique ?

Pour l'Onerc, un indicateur est une « *information associée à un domaine géographique et à un phénomène précis, permettant d'en indiquer les tendances dans le temps de façon objective* » [29].

En santé publique, un indicateur est une variable que l'on mesure pour décrire et effectuer des comparaisons dans le temps, l'espace ou les caractéristiques de la population [28]. Ces indicateurs portent classiquement sur une dimension particulière de l'état de santé d'une population, mais des indicateurs environnementaux ou sociaux peuvent également être des indicateurs de santé publique.

Un indicateur doit « *transformer de la donnée en information* » [30], c'est-à-dire quantifier l'information mais également la « *simplifier* » [31]. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) s'est intéressée à la création d'indicateurs en lien avec les objectifs du développement durable ; de tels indicateurs devraient « *permettre aux parties prenantes d'aborder de manière simplifiée le nexus santé – environnement – développement* » [32]. Une réflexion similaire peut s'appliquer à des indicateurs d'effets sanitaires du changement climatique.

Aux États-Unis, l'objectif retenu pour les indicateurs de suivi des impacts sanitaires du changement climatique est de « *faciliter la prise en compte des tendances liées aux évolutions climatiques dans le contexte plus large de la programmation des départements locaux de santé* » [27]. Ces indicateurs doivent pouvoir identifier des zones vulnérables et mettre en avant des inégalités territoriales [27]. L'agence de protection de l'environnement des États-Unis souligne que ces indicateurs jouent également un rôle important dans la communication car ils peuvent « *donner corps au changement climatique* » [33]. En Nouvelle-Zélande, les indicateurs visent également à promouvoir des collaborations interdisciplinaires [34].

On retrouve ainsi des objectifs d'identification des enjeux actuels, de tendances géographiques et temporelles, de mise en évidence d'inégalités de santé, de partage d'information avec différents acteurs et de plaidoyer. Ces différents objectifs n'impliquent pas de devoir forcément quantifier le rôle relatif du changement climatique dans les tendances observées [33].

Sur la base de ces éléments, l'objectif général retenu pour ce rapport est qu'un indicateur d'effet sanitaire du changement climatique doit :

- fournir une information quantitative, synthétique, éclairant un danger sanitaire susceptible d'être influencé directement ou indirectement par les évolutions climatiques passées, en cours ou à venir, pour une zone géographique ou une population donnée.
- permettre d'analyser des tendances spatiales, temporelles ou sociodémographiques afin d'orienter les politiques d'adaptation et d'aider les parties prenantes à comprendre les enjeux actuels et futurs.

Au cas par cas, des objectifs spécifiques peuvent également être exprimés, par exemple pour contribuer à l'évaluation d'une action d'adaptation donnée. Toutefois, il faut conserver en tête que l'évaluation d'une mesure d'adaptation visant à protéger la santé ne peut pas se résumer à un suivi d'indicateurs et doit faire l'objet d'une réflexion plus complète [35].

## 5.2 Dans quel cas est-il pertinent de construire des indicateurs d'effets sanitaires du changement climatique ?

Le Tableau 1 résume plusieurs enjeux sanitaires actuels en France, susceptibles d'être déjà influencés par le changement climatique. Tous ne sont pas nécessairement pertinents à traduire en indicateurs d'effets sanitaires pour les politiques d'adaptation.

Deux critères sont proposés pour sélectionner un enjeu sanitaire qu'il serait *a priori* intéressant de transcrire en indicateurs d'effets sanitaires du changement climatique.

- 1) il existe un lien avéré avec le changement climatique ou des hypothèses sérieuses d'influence du changement climatique sur l'enjeu sanitaire considéré.
- 2) l'impact de santé publique est supposé conséquent quant à la taille de la population touchée, la gravité des effets ou l'effet disproportionné sur des populations vulnérables, contribuant ainsi aux inégalités sociales de santé.

Pour juger de ces critères, il est nécessaire de s'appuyer sur une conceptualisation des déterminants du risque et de l'impact afin d'identifier largement les influences possibles du changement climatique. Cette conceptualisation va également aider à identifier le type d'indicateurs qui pourront être construits.

Plusieurs cadres conceptuels peuvent être mobilisés pour cela. Les questions de santé environnementale sont souvent structurées autour du modèle *Dpseea* (*Driving Force - Pressure - State - Exposure - Effect - Action*) (Figure 4) [34, 36]. Ce modèle est en partie utilisé par les *Centers for Disease Control* (CDC) [37] ou par le *Lancet* par exemple [19] pour justifier les choix d'indicateurs des effets sanitaires du changement climatique.

Des approches alternatives se sont développées ces dernières années, avec pour ambition d'inclure davantage les liens entre la santé humaine et la santé des écosystèmes, par exemple l'approche « une seule santé » (*one health*) et l'approche « santé planétaire » [38, 39]. L'approche « une seule santé » est très ciblée sur les liens écosystèmes/santé animale/santé humaine et elle est plutôt utilisée pour étudier les zoonoses. L'approche « santé planétaire » revendique d'aller plus loin que les approches *Dpseea* ou « une seule santé », avec une intégration plus explicite des écosystèmes humains (par exemple des systèmes politiques ou économiques). En définitive, le cadre utilisé va conditionner la manière dont l'enjeu sera formulé. Par exemple, sous une logique *Dpseea*, un enjeu peut être « la pollution de l'air ambiant », avec dans les forces et pressions « l'utilisation de véhicules thermiques ». Dans une logique de santé planétaire, un enjeu peut être « l'utilisation de véhicules thermiques », résultant en risques associées : « accident, pollution de l'air, manque d'activité physique, bruit... ». L'avantage de l'approche « santé planétaire » est alors de mettre l'accent sur les interactions entre différents sujets et de pointer explicitement les transformations technologiques et sociales sous-jacentes à l'atténuation et à l'adaptation.

La notion d'*exposome* [40] peut également être mobilisée pour rendre compte de l'ubiquité des impacts sanitaires possibles du changement climatique. Elle paraît moins opérationnelle pour l'identification et la construction d'indicateurs dans l'immédiat, mais ouvre des perspectives en matière d'utilisation des données de biosurveillance pour développer des indicateurs ou en

matière de construction d'indicateurs de multi-exposition à des polluants aux effets probables ou avérés.

Un schéma d'analyse simplifié s'inspirant du modèle Dpseea a déjà été utilisé par Santé publique France (ex-InVS) pour identifier les risques sanitaires sensibles au climat à l'horizon 2030 [8]. Il est proposé de repartir de ce schéma, illustré par la Figure 4, pour identifier et résumer les influences possibles du changement climatique sur un enjeu sanitaire donné. En pratique, il s'agit de distinguer le *danger*, l'exposition (la rencontre du danger et de la population), les facteurs de risques (déterminants individuels, économiques, sociaux, territoriaux...) susceptibles de moduler les impacts d'une exposition donnée, et les impacts eux-mêmes.

Le changement climatique peut influencer un ou plusieurs de ces éléments. Étant donné la diversité, la multiplicité et la complexité des influences possibles, le premier critère ne doit pas conduire à se limiter à des enjeux pour lesquels des liens causaux avec le changement climatique sont avérés, voire pour lesquels on peut déjà calculer une fraction attribuable au changement climatique. L'existence d'hypothèses étayées et raisonnables d'une influence du changement climatique sur un des éléments de la figure 4 peut suffire.

Pour définir si les hypothèses sont suffisantes, il est proposé de s'inspirer de l'approche utilisée par la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques pour définir un degré de confiance fondé sur la quantité, la qualité et la concordance des preuves disponibles [41] :

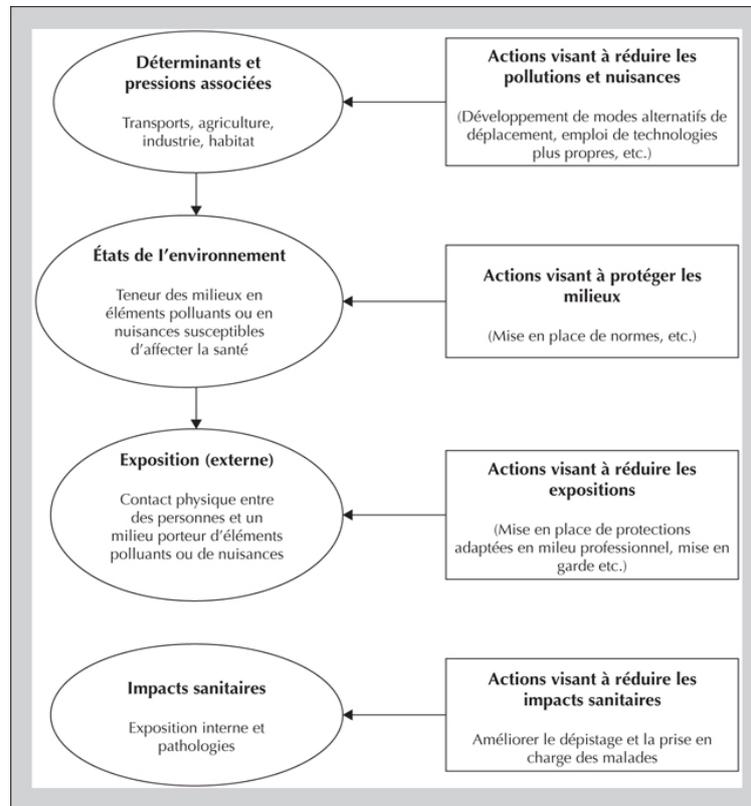
- Bien établi : les études disponibles sont nombreuses, de bonne qualité et avec un haut degré de concordance (par exemple méta-analyse complète ou autre synthèse ou études indépendantes multiples qui concordent).
- Établi mais incomplet : les études disponibles sont peu nombreuses ou de moindre qualité, mais avec un haut degré de concordance.
- Controversé : on dispose de nombreuses études de bonne qualité dont plusieurs suggèrent un effet, mais dont les conclusions ne concordent pas globalement.
- Non concluant : les études sont insuffisantes, admettant l'existence de lacunes importantes au plan des connaissances.

Pour un enjeu sanitaire donné, une déclinaison en indicateurs semble se justifier si une influence du changement climatique est bien établie ou établie mais incomplète. De même, suivant le principe de précaution, on pourrait inclure des effets controversés qui, s'ils étaient avérés, correspondraient à un impact sanitaire majeur.

Quant au deuxième critère d'impact sur la santé publique, il doit prendre en compte la situation actuelle mais également les perspectives d'évolution à moyen terme, compte-tenu des évolutions environnementales et démographiques attendues.

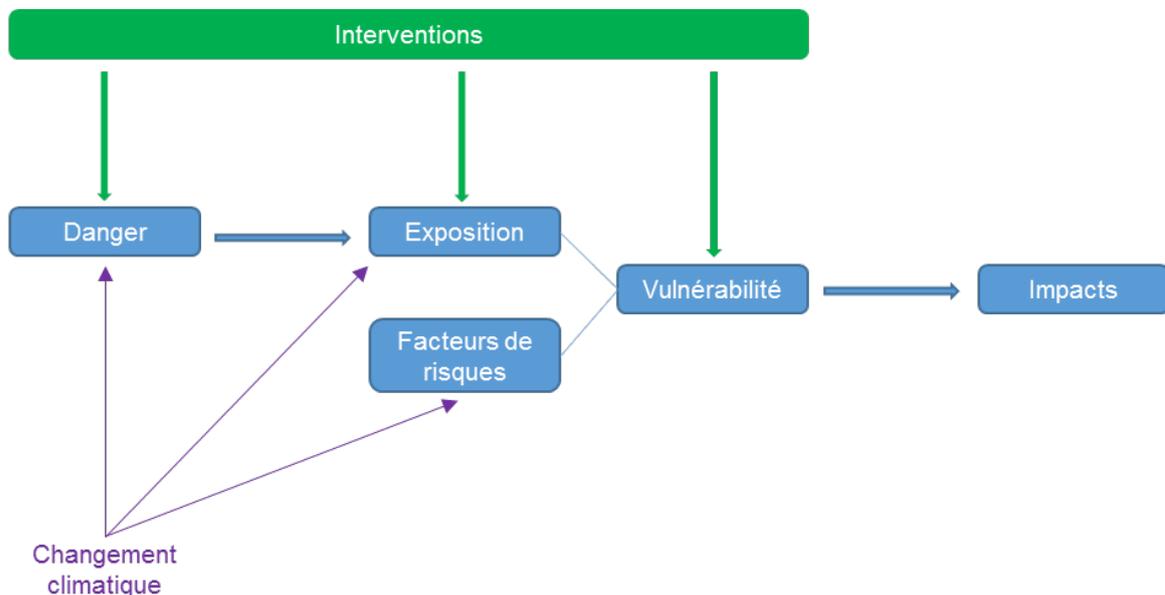
I FIGURE 3 I

Le schéma Dpseea (traduction [49])



I FIGURE 4 I

Schématisation de la chaîne allant du danger aux impacts et permettant d'identifier des influences possibles du changement climatique et les possibilités d'adaptation (interventions)



## I TABLEAU 1 I

### Exemples d'enjeux sanitaires susceptibles d'évoluer d'ici 2030 en France (inspiré de [19])

Enjeux	Exemples d'évolution pressentie à l'horizon 2030
<b>Chaleur</b>	Augmentation de la fréquence et de la durée des très fortes chaleurs, modification des zones géographiques touchées.
<b>Froid/Neige/Verglas</b>	Diminution du nombre de périodes de grand froid et de neige mais possibilité d'événement plus extrêmes.
<b>Inondations, tempêtes, vagues de submersion</b>	Augmentation des précipitations intenses dans certaines régions, modification de la saisonnalité Augmentation du niveau de la mer favorisant les surcôtes et submersion.
<b>Feux de forêt</b>	Augmentation des surfaces à risque et du nombre d'incendies
<b>Sécheresses</b>	Augmentation des sécheresses
<b>Pollution de l'air ambiant</b>	Augmentation des pics d'ozone, et des pics de particules fines en liant avec feux de forêt ou les brumes de sables du Sahara Augmentation du nombre de jours avec fortes pollutions et fortes chaleurs.
<b>Pollution de l'air intérieur/confort thermique</b>	Augmentation des températures à l'intérieur des logements Augmentation de la prolifération de micro-organismes associés à la présence d'humidité excessive Modification de la qualité de l'air intérieur du fait d'un changement dans l'émission des polluants de sources intérieures et de l'altération de la qualité de l'air extérieur
<b>Allergènes respiratoires</b>	Augmentation de l'aire de répartition de l'ambrosie Modification des périodes et zones de diffusion des pollens Augmentation des quantités de pollens produites et de leur allergénicité (influence de la chaleur et du CO <sub>2</sub> et de la pollution)
<b>Rayonnement ultraviolet (UV)</b>	Diminution de la couverture nuageuse et augmentation des UV Augmentation des périodes d'ensoleillement et d'exposition
<b>Eaux de consommation</b>	Augmentation des phénomènes climatiques défavorables à la qualité de l'eau (salinisation, étiage, crues turbides) Augmentation de la température de l'eau défavorable à sa qualité (prolifération bactérienne, qualité de la désinfection) Augmentation des efflorescences de cyanobactéries Modification des comportements exposants dans une logique d'adaptation à la sécheresse (ex utilisation d'eau de pluie...)
<b>Eaux de loisirs naturelles</b>	Augmentation des efflorescences de cyanobactéries, algues vertes, <i>Ostreopsis ovata</i> , bactéries toxiques... Modification des comportements exposants (ex augmentation de fréquentation en lien avec la chaleur estivale, diminution du nombre de site de baignade naturelle...) Extension de la leptospirose
<b>Maladies véhiculées par des arthropodes (<i>Aedes albopictus</i>, <i>Aedes aegypti</i>, anophèles, <i>Culex</i> spp, phlébotome, tiques)</b>	Extension de l'habitat du vecteur Augmentation des populations des réservoirs animaux Modification des comportements exposants
<b>Maladies véhiculées par des rongeurs</b>	Extension de l'habitat du vecteur Augmentation des populations des réservoirs animaux Modification des comportements exposants
<b>Maladies liées à l'alimentation</b>	Augmentation des infections d'origine alimentaire (ex rupture de la chaîne du froid) Augmentation des contaminations environnementales (ex algues...) Modification des ressources alimentaires (ex baisse de production et de qualité nutritive)
<b>Légionelloses</b>	Augmentation des installations à risque de diffusion de légionelles (systèmes de brumisation, ...), Augmentation de la température moyenne de l'eau des réseaux ou naturelles provoquant une multiplication bactérienne
<b>Champignons/moisissures</b>	Augmentation des expositions suites à des inondations

## 5.3 Que veut-on mesurer ?

Le choix pourrait être fait de se concentrer uniquement sur des indicateurs d'impacts directement liés à l'état de santé d'une population. Ceci serait toutefois très limité en termes d'interprétation et d'aide à la décision. D'une part, les politiques d'adaptation visent majoritairement à intervenir en amont de l'impact, c'est-à-dire directement sur le danger, ou sur l'exposition. D'autre part, plusieurs facteurs conjoncturels sont susceptibles d'influencer les impacts et doivent être pris en compte dans l'interprétation. Par exemple, l'impact d'une vague de chaleur sera différent si elle survient dans une zone très peu ou très peuplée. Considérer uniquement le nombre de décès annuel lié aux vagues de chaleur n'est donc pas suffisant pour en tirer des hypothèses sur l'adaptation.

Il est donc préférable de suivre des indicateurs de chacune des briques de la Figure 4. Pour un enjeu donné, on peut ainsi avoir des indicateurs de danger, d'exposition, de vulnérabilité, d'impacts et d'interventions (Tableau 2). À noter que cette typologie est largement reprise à l'étranger, mais sans que le raisonnement sous-jacent à la construction des indicateurs soit le plus souvent explicité. Des exemples d'indicateurs relevant de ces classifications et utilisés à l'international sont recensés dans l'Annexe 1.

Pour un même enjeu, on peut imaginer plusieurs indicateurs, à condition qu'ils apportent des éclairages complémentaires sans introduire une complexité trop importante. De plus il n'est ni obligatoire ni nécessaire de produire des indicateurs de chaque type pour tous les enjeux. On peut choisir par exemple de se concentrer sur les types d'indicateurs pour lesquels on peut raisonnablement penser que le changement climatique a une influence importante ou celui qui apparaît le plus pertinent pour motiver la mise en place d'actions de prévention.

Les indicateurs de danger sont en général un prérequis à la construction d'indicateurs d'exposition mais ils peuvent également avoir un intérêt propre pour l'adaptation (par exemple, nombre de jours de canicules en France, extension de l'aire d'habitat d'*Aedes albopictus*). Ils sont le plus souvent hors des missions de Santé publique France et produit par des partenaires. Certains pays suivent des indicateurs de danger exprimés à des niveaux très macroscopiques, par exemple, l'évolution des émissions de GES ou de la biodiversité. Cette démarche est intéressante dans une logique de plaidoyer mais peu informative pour soutenir des politiques d'adaptation locale.

Les indicateurs d'exposition découlent du croisement du danger et de la population. Ils peuvent exprimer par exemple des tailles de population exposées, des fréquences de contacts, des situations favorables à l'exposition...

À noter que la classification d'un indicateur entre danger et exposition peut donner lieu à discussion : la mesure d'un paramètre environnemental (*a priori* danger) peut être réalisée selon un plan d'échantillonnage répondant à un objectif de représentativité de la population et donc s'apparenter à un indicateur d'exposition.

Les facteurs de risque peuvent être pris en compte en propre mais le plus souvent, ils seront intégrés dans les indicateurs d'exposition (en stratifiant sur des sous-populations) ou dans la vulnérabilité. La première approche est *a priori* à favoriser. En effet, la notion de vulnérabilité est fréquemment utilisée mais avec peu de partage quant au sens qu'on lui donne, ce qui peut être un obstacle à la compréhension et à l'*acceptabilité* des indicateurs. La « vulnérabilité » n'exclut pas une dimension subjective, avec notamment le risque de donner un poids important à des facteurs individuels, de stigmatiser les populations concernées, et éventuellement d'induire en erreur les approches préventives [42]. Santé publique France définit la vulnérabilité comme « *la propension à augmenter le risque de survenue d'un événement sanitaire défavorable (maladie, symptôme, situation...), en comparaison avec le risque « standard » de survenue de cet*

événement (celui de la dite population générale ou de référence) » [42]. De plus, cette propension pouvant être évolutive dans le temps, il serait plus adapté de parler de « situation de vulnérabilité ».

Les indicateurs d'impact ciblent des dimensions de la santé dont on sait qu'elles sont liées à l'exposition (en reprenant la notion de liens « bien établis » ou « établis mais incomplets »). Ils peuvent s'appuyer sur des approches quantitatives (par exemple nombre de cas, incidence...), ou de proxy de dimensions plus qualitatives de l'état de santé (par exemple échelle standardisée pour des aspects de la santé mentale, indicateurs de santé déclarée). À noter que pour une même dimension sanitaire, plusieurs indicateurs sont envisageables mais répondant à des objectifs parfois légèrement différents, avec des contraintes méthodologiques plus ou moins importantes. Dans un objectif de soutien à l'adaptation, la validité de l'indicateur en population générale, dans une finalité de santé publique, va être déterminante, ainsi que son acceptabilité et sa compréhension par un grand nombre d'acteurs hors du champ sanitaire.

Les indicateurs peuvent enfin être stratifiés en sous-groupe (par exemple âge, sexe, catégories sociales, etc.).

Les indicateurs d'interventions peuvent regrouper des informations concernant la mise en place d'actions de prévention ou des informations relatives aux perceptions, connaissances et comportements face au danger. Ils peuvent également être pris dans une acception plus large : définition de politiques publiques, actions réglementaires, taxation...

## I TABLEAU 2 I

### Typologie possible des indicateurs

Type d'indicateur	Définition	Intérêt pour l'adaptation
Indicateur de danger	Caractéristique environnementale pouvant présenter un risque pour la santé	Illustrer des tendances Mettre en évidence les implications sanitaires potentielles de données environnementales
Indicateur d'exposition	Croisement de la donnée environnementale et de données de population ou de comportements indiquant le contact entre le danger et la personne L'exposition peut être stratifiée par groupe de population (par exemple âge, sexe, catégorie socio-professionnelle...)	Illustrer des tendances Mettre en évidence les implications sanitaires potentielles de données environnementales Identifier les dangers/expositions prioritaires Identifier des territoires ou des populations avec un risque accru Identifier les territoires ou populations prioritaires
Indicateur de vulnérabilité	Croisement d'une exposition avec des facteurs de risque individuels ou populationnels susceptibles d'aggraver les effets de cette exposition	Identifier des besoins de prévention/d'adaptation
Indicateur d'impact	Impact en termes de décès, de morbidité ou de recours aux soins, dont on estime qu'il peut être associé à un danger sensible au climat (sans forcément avoir la part attribuable) Une déclinaison économique est également possible	Illustrer le poids de santé publique et ses tendances Illustrer le poids des dépenses de santé Évaluer des actions de prévention/d'adaptation
Indicateur d'intervention	Déploiement d'outils, des plans de prévention, des supports de communications, réglementation, taxation ou subventionnement, urbanisme... enseignement, pratiques et comportements vis-à-vis de ce risque	Suivre la mise en place des actions de prévention/d'adaptation Comprendre les évolutions des comportements

## 5.4 Quelles sont les qualités requises pour un indicateur ?

Un indicateur doit répondre à plusieurs critères qui vont permettre de le considérer comme synthétique, fiable et utile à la décision. Dans le cas particulier du changement climatique, plusieurs qualités sont recommandées :

- 1) des qualités « scientifiques » et « métrologiques » [43, 44] telles que :
  - les paramètres métrologiques fondamentaux de l'indicateur ; reproductibilité, précision ;
  - la capacité à montrer des tendances temporelles (conditionnée à la comparabilité de la mesure à travers le temps et à la possibilité de produire l'indicateur à intervalles réguliers) ;
  - la transparence des données, des méthodes, des procédures d'assurance qualité ;
  - l'explicitation des incertitudes et les sources de variabilité (qualitatives et quantitatives) associées ;
  - l'existence d'une procédure d'évaluation et de revue par les pairs, des méthodes, modèles et mesures mobilisés ;
  - la faisabilité et l'acceptabilité de la collecte de l'indicateur ;
- 2) des qualités « pédagogiques » [37, 45] telles que la facilité d'accès et d'interprétation, y compris par des non-professionnels de santé ;
- 3) des qualités « décisionnelles » [34, 37, 45] telles que :
  - la possibilité d'intégration dans des plans de suivi et d'évaluation des politiques d'adaptation et d'atténuation (à plusieurs échelles spatiales) ;
  - la possibilité de mettre en place des actions de prévention.

Pour chacune de ces familles de qualité, il est proposé de qualifier l'indicateur selon trois catégories, ainsi que spécifié dans le Tableau 3.

Les qualités pédagogiques et décisionnelles jouent un rôle important dans le développement de *l'autonomisation à entreprendre* (« *empowerment* ») des acteurs locaux. Des étapes d'échange et de co-construction avec des parties prenantes peuvent être envisagées pour prendre en compte ces aspects.

Le choix et l'interprétation des indicateurs d'impact doivent également prendre en compte les temps de latence éventuels entre l'exposition et l'observation d'un effet sanitaire. Par exemple, l'exposition excessive aux ultraviolets est associée à des effets aigus ou chroniques sur les yeux, la peau (coup de soleil, bronzage à court terme et cancer à long terme) ou le système immunitaire (effet immuno-suppresseur). *Le Lancet* a choisi de suivre un indicateur d'impact « décès par mélanomes cutanés » (cf. Annexe 1) : il s'agit d'un indicateur peu réactif, d'une part parce que ces cancers sont peu létaux (i.e. la mortalité ne donne pas une bonne estimation du nombre total de cas), et d'autre part parce que le temps de latence entre l'exposition aux UV et l'apparition du cancer est de plusieurs décennies. Mais il a le mérite d'être robuste et de permettre des comparaisons géographiques intéressantes.

## I TABLEAU 3 I

### Proposition de grille d'analyse des qualités d'un indicateur

	Haute	Moyenne	Faible
<b>Qualités scientifiques et métrologiques</b>	Il existe des travaux publiés vérifiant le critère examiné (procédures, intercomparaison, études ad hoc...)	Il existe des travaux publiés émettant quelques réserves sur le critère examiné, ou des travaux non publiés vérifiant le critère examiné	Il existe des travaux publiés ou non mettant en cause le critère examiné, ou aucune connaissance ne permet de juger de la validité du critère
<b>Qualités pédagogiques</b>	Il existe des retours d'expériences montrant que ce type d'indicateurs est facilement compris par des non-professionnels de santé	Il existe des retours d'expériences montrant que ce type d'indicateurs peut être compris sous réserve d'explications détaillées	Il existe des retours d'expériences montrant que ce type d'indicateurs est parfois mal compris par des non-professionnels de santé
<b>Qualités décisionnelles</b>	L'indicateur est déclinable à une échelle opérationnelle pour la décision	L'échelle d'analyse n'est pas optimale, mais répond partiellement à une préoccupation des décideurs	L'échelle d'analyse éloignée des préoccupations des décideurs

## 5.5 Quelles échelles géographiques et temporelles choisir ?

L'objectif étant d'orienter des politiques d'adaptation, il est souhaitable de produire l'indicateur à une échelle géographique compatible avec la mise en place de politiques et répondant à des interrogations locales. Il n'est toutefois pas toujours possible de descendre à une échelle géographique très fine, soit parce que les données ne sont pas disponibles, soit parce qu'elles ne sont pas interprétables à fine échelle. Pour certains indicateurs, le coût de production peut être important. Il est alors possible d'envisager des productions ciblées sur quelques zones pilotes par exemple. Dans tous les cas, le plans d'échantillonnage et les coûts associés doivent être mis en regard de l'adéquation aux objectifs recherchés (on ne cherche pas systématiquement à obtenir la donnée la plus précise et la plus fine possible mais la donnée qui permet de répondre au mieux à l'objectif poursuivi).

## 5.6 Quelles informations produire en accompagnement des indicateurs ?

Afin d'en faciliter l'interprétation, chaque indicateur doit être accompagné d'une fiche d'identité synthétisant les éléments clefs le décrivant, l'assurance qualité mise en œuvre et les principaux éléments de connaissance aidant à son interprétation. Les informations relatives à chaque rubrique sont détaillées dans le Tableau 4 et font l'objet d'un exemple en Annexes 2 et 3.

## I TABLEAU 4 I

### Proposition d'information à produire en accompagnement des indicateurs

Rubriques	Informations à inclure
<b>Description</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Définition</li><li>• Typologie de l'indicateur</li><li>• Danger concerné et indicateurs reliés</li><li>• Échelles géographique et temporelle</li><li>• Méthodes de collecte et de calculs</li><li>• Direction/Unité responsable de la collecte</li><li>• Organisme fournissant les données</li><li>• Fréquence de mise à jour de l'indicateur</li></ul>
<b>Assurance qualité</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Historique des évolutions des méthodes</li><li>• Limites, biais, incertitudes identifiées</li><li>• Références méthodologiques</li></ul>
<b>Aide à l'interprétation</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Signification en termes de santé publique et, le cas échéant, opportunités d'adaptation</li><li>• Résumé des principales connaissances concernant le lien avec le changement climatique et spécificité de ces liens</li><li>• Références clefs</li></ul>

## 5.7 Comment présenter et accompagner la démarche et les indicateurs ?

La présentation et la diffusion des indicateurs et des données associées doit faire l'objet d'un travail de communication prenant en compte les enjeux de *littératie* [46].

On peut par exemple envisager une diffusion différenciée pour un grand public et un public expert, avec une complexité d'information croissante associée à chaque indicateur, voire des indicateurs complémentaires présentés uniquement à un public expert. Ces indicateurs doivent s'intégrer à des outils pédagogiques, au plaidoyer s'adaptant au fur et à mesure que les connaissances évoluent ou que les niveaux de littératie et d'autonomie des populations cibles (grand public ou public expert) augmentent.

De même, toutes les informations ne sont pas réductibles sous une forme quantifiable et un indicateur peut être accompagné d'éléments qualitatifs, par exemple sous forme de narratifs explicitant la chaîne utilisée pour sa construction, ou mettant en exergue des dimensions intangibles.

## 6. EXEMPLES

### 6.1 Effets des canicules sur la santé

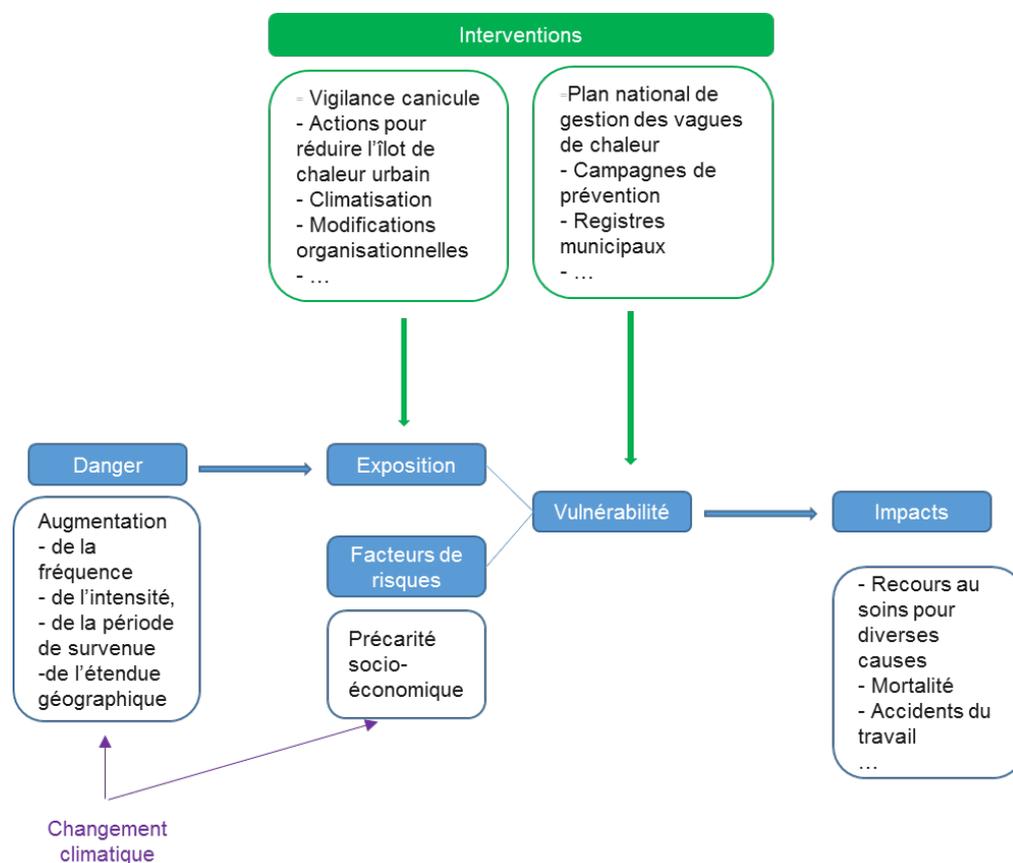
Cet exemple a été choisi en raison des liens avérés par de très nombreux travaux [2, 47], des impacts sanitaires importants [48, 49] avec le changement climatique, avec un potentiel d'aggravation rapide [50, 51], et des possibilités de mise en place des mesures de prévention élevées. La littérature scientifique permet de conclure que les influences du changement climatique sur le danger (les caractéristiques météorologiques des vagues de chaleur) et l'exposition sont bien établies. Les effets découlant de cette exposition sont également bien établis par l'épidémiologie. Une influence du changement climatique sur les facteurs de risques économiques et sociaux est également établie mais encore mal caractérisée.

La Figure 5 résume les influences possibles du changement climatique sur les impacts sanitaires des canicules, sur la base des connaissances climatologiques et épidémiologiques. En croisant ce schéma avec les données disponibles actuellement à Santé publique France, cinq indicateurs résumés dans le Tableau 5 et détaillés en Annexe 2 ont été proposés par le GT. Tous ces indicateurs présentent des qualités jugées haute à moyenne.

D'autres indicateurs pourraient être envisagés, par exemple pour documenter des interventions sur l'urbanisme visant à lutter contre les îlots de chaleur urbain ou ciblant plus spécifiquement des populations jugées a priori vulnérables, comme cela est fait notamment aux États-Unis (cf. Annexe 1).

I FIGURE 5°I

#### Influences du changement climatique sur les effets sanitaires des vagues de chaleur



## I TABLEAU 5 I

### Proposition d'indicateurs et résumé de leurs qualités pour documenter les effets sanitaires des vagues de chaleur

Qualité	Nombre de degrés de température cumulés au-dessus des seuils d'alerte canicule (sévérité)	Population exposée pendant les canicules en France métropolitaine	Surmortalité observée pendant les canicules en France	Passages aux urgences hospitalières pour hyperthermie/coup de chaleur	Vigilances canicules en France métropolitaine
Type	Danger	Exposition	Impact	Impact	Intervention
Capacité à montrer des tendances temporelles	Haute (plusieurs publications disponibles pour expliciter chaque indicateur)			Haute en l'absence de modification majeure du système de santé	Haute (avec les critères actuels)
Transparence, complétude, procédures d'assurance qualité	Haute (plusieurs publications disponibles pour expliciter chaque indicateur)				Moyenne (processus interne entre Météo-France et Santé publique France, sans publication de tous les échanges)
Explicitation des incertitudes et les sources de variabilité	Haute (travaux de Météo-France)	Haute (travaux de Santé publique France)			Moyenne (décisions d'experts avec peu de traçabilité)
Procédure d'évaluation et de revue par les pairs	Haute (plusieurs travaux scientifiques)				Moyenne (revue interne et par le conseil scientifique de Santé publique France, mais pas externe)
Facilité d'accès et d'interprétation, y compris par des non-professionnels de santé	Moyenne (indicateur nécessitant une explication détaillée)	Haute	Haute (l'expression en nombre de cas permet de faire le parallèle avec d'autres événements climatiques extrêmes, et peut être complétée par une information en taux par ex)	Moyenne (sous réserve d'expliquer les pathologies concernées)	Haute (bonne connaissance de la vigilance par les acteurs)
Possibilité d'intégration dans des plans de suivi	Haute (à une échelle départementale, moyenne pour une échelle d'intervention infra-départementale)				

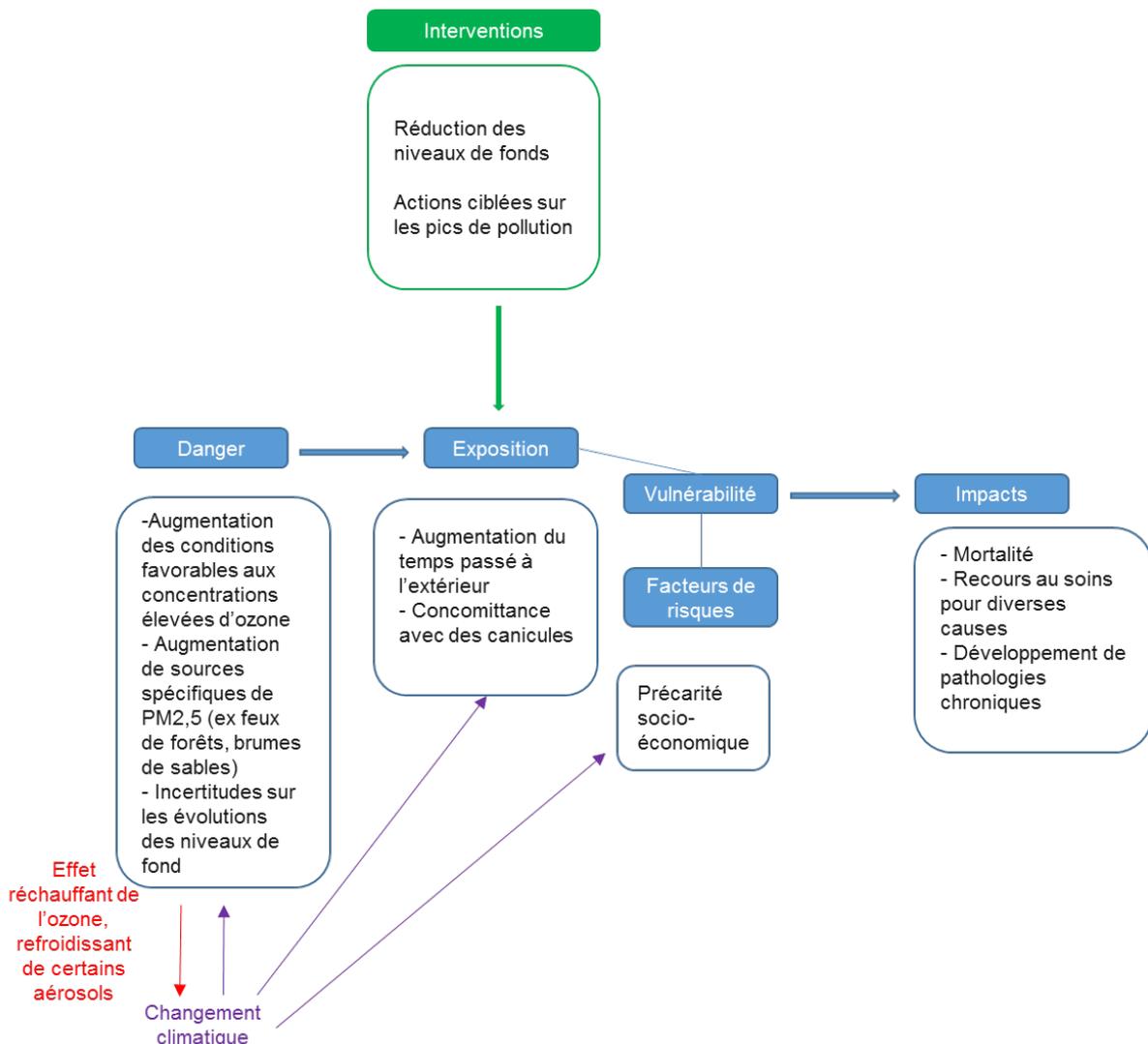
## 6.2 Effets de la pollution de l'air sur la santé

Les influences du changement climatique sur la pollution de l'air (les concentrations atmosphériques des polluants) sont bien établies concernant les pics d'ozone et de particules fines, avec plus d'incertitude concernant l'évolution des niveaux de fond [47]. On manque par contre de connaissance sur l'influence possible du changement climatique sur les comportements exposants. Enfin, les liens entre pollution de l'air et santé sont bien établis [52], avec un impact de santé publique élevé et un potentiel d'aggravation [53] ainsi que les possibilités de mettre en place des actions de prévention importantes.

Les indicateurs proposés présentent des qualités jugées haute à moyenne (cf. Tableau 6). De plus, ces indicateurs impliquent de faire de nombreux choix méthodologiques quant aux seuils, méthodes pour calculer les parts attribuables de la mortalité ou choix des échelles géographiques les plus pertinentes. En l'état, de tels indicateurs ne sont pas disponibles à Santé publique France et nécessitent une réflexion plus approfondie car il n'est pas évident qu'ils remplissent les objectifs souhaités au vu des difficultés et limites d'interprétation.

I FIGURE 6°I

### Influences du changement climatique sur les effets sanitaires de la pollution de l'air



## I TABLEAU 6 I

### Proposition d'indicateurs et résumé de leurs qualités pour documenter les effets sanitaires de la pollution de l'air dans un contexte de changement climatique

Qualité	Nombre de jours avec des concentrations d'ozone $\geq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>1</sup>	Nombre de jours avec des concentrations d'ozone $\geq 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>2</sup>	Concentration annuelle de PM <sub>2.5</sub>	Part de la mortalité attribuable concentrations d'ozone $\geq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>3</sup>	Part de la mortalité attribuable concentrations d'ozone $\geq 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>3</sup>	Part de la mortalité attribuable aux concentrations de PM <sub>2.5</sub> $\geq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>33</sup>
Type	Exposition	Exposition	Exposition	Impact	Impact	Impact
Capacité à montrer des tendances temporelles	Moyenne (valeur arbitraire des seuils)		Moyenne (évolution peu claire concernant les concentrations de fond)	Moyenne (difficulté à distinguer les causes possibles des évolutions en termes d'exposition, de co-exposition avec d'autres facteurs comme la température, de démographie, de vulnérabilité...)		
Transparence, complétude, procédures d'assurance qualité	Haute (plusieurs publications disponibles pour expliciter chaque indicateur)					
Explicitation des incertitudes et les sources de variabilité	Haute (plusieurs publications disponibles pour expliciter chaque indicateur)					
Procédure d'évaluation et de revue par les pairs	Haute (plusieurs publications disponibles pour expliciter chaque indicateur)					
Facilité d'accès et d'interprétation, y compris par des non-professionnels de santé	Haute			Moyenne		
Possibilité d'intégration dans des plans de suivi	Haute sous réserve d'une échelle géographique adaptée					

<sup>1</sup> Seuil non lié à une valeur réglementaire mais permettant de suivre l'augmentation du nombre de jour avec des concentrations conséquentes

<sup>2</sup> Valeur cible pour la protection de la santé

<sup>3</sup> Valeur guide de l'OMS

## 7. DISCUSSION

L'approche proposée dans ce document vise à faciliter la création d'indicateurs des effets sanitaires du changement climatique en suivant une démarche cohérente, transparente et pouvant être partagée avec les utilisateurs des indicateurs. Cette démarche peut également aider à structurer et à synthétiser les connaissances actuelles sur les effets observés ou envisagés du changement climatique sur la santé.

Ce travail de structuration est essentiel pour ne pas perdre de vue les objectifs poursuivis par les indicateurs et si nécessaire réorienter leurs choix pour être en adéquation avec ces objectifs. Aujourd'hui, le manque de publications accompagnant les indicateurs proposés par différents organismes recensés dans l'Annexe 1 ne permet pas d'avoir une lecture critique comparée des approches retenues. Ceci contribue probablement en partie à la faible prise en compte des enjeux sanitaires du changement climatique au niveau national et international.

La démarche proposée ici s'appuie sur les connaissances actuelles. Elle devra s'adapter régulièrement à l'avancée des connaissances afin de se mettre à jour et de définir, si nécessaire, de nouveaux indicateurs. Un partage d'expérience entre les agences de santé publique dans le monde serait également souhaitable, afin d'aller vers une plus grande harmonisation et rendre possible la comparaison des indicateurs entre pays européens.

## Glossaire

<b>Acceptabilité</b> (d'un indicateur)	un indicateur est acceptable s'il fait sens sans équivoque, et n'attire pas l'attention de manière discriminatoire sur un groupe de personne [28].
<b>Adaptation</b>	démarche d'ajustement au climat actuel ou attendu, ainsi qu'à ses conséquences. Dans les systèmes humains, il s'agit de diminuer ou d'éviter les effets préjudiciables et d'exploiter les effets bénéfiques. Dans certains systèmes naturels, l'intervention humaine peut faciliter l'adaptation au climat attendu ainsi qu'à ses conséquences. On peut distinguer plusieurs types d'adaptation : <ul style="list-style-type: none"> <li>• adaptation autonome ou spontanée : adaptation en réponse à un aléa climatique vécu ou à ses effets, sans aucune préméditation explicite ou consciente et axée sur la lutte contre le changement climatique.</li> <li>• adaptation incrémentale : mesures d'adaptation ayant pour objectif principal le maintien de la nature et de l'intégrité d'un système ou d'un processus à une échelle donnée.</li> <li>• adaptation transformationnelle : adaptation qui change les éléments fondamentaux d'un système en réponse au climat et à ses effets.</li> </ul>
<b>Atténuation</b>	intervention humaine visant à réduire les sources ou à renforcer les puits de gaz à effet de serre [54].
<b>Attribution d'événements extrêmes</b>	fait d'estimer la probabilité que la survenue d'un événement ou ensemble d'événements soit influencé/en partie.
<b>Biodiversité</b>	la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes [55].
<b>Biosphère</b> (terrestre et marine)	partie du système Terre comprenant tous les écosystèmes et organismes vivants présents dans l'atmosphère, sur terre (biosphère terrestre) ou dans les océans (biosphère marine), y compris la matière organique morte qui en provient, telle que la litière, la matière organique des sols et les détritiques des océans [54].
<b>Capacitation à entreprendre</b> ( <i>Empowerment</i> )	processus par lequel un individu, une communauté, une association, etc. prend davantage de contrôle sur les événements qui le ou la concernent.
<b>Changement climatique</b>	variation de l'état du climat, qu'on peut déceler par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus [54].
<b>Changement global</b>	ensemble des changements environnementaux concernant l'ensemble de la planète (dont le changement climatique, l'effondrement de la biodiversité, les évolutions d'occupation des sols...)

<b>Climat</b>	au sens étroit du terme, le climat se réfère à une description statistique fondée sur la moyenne et la variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes variant de quelques mois à des milliers, voire à des millions d'années ; la période type pour caractériser un climat, définie par l'Organisation météorologique mondiale, est de 30 ans. Ces grandeurs sont le plus souvent des variables de surface telles que la température, la hauteur de précipitation et le vent. [54].
<b>Compréhensible</b> (au sujet d'un indicateur)	un indicateur est compréhensible s'il est compris de manière univoque par le plus grand nombre (du spécialiste au citoyen) [28].
<b>Danger</b>	propriété intrinsèque d'une substance, d'une situation (ici d'un facteur environnemental) pouvant entraîner des conséquences néfastes sur la santé. Le danger est indépendant de la probabilité de survenue de ces conséquences (cf risque).
<b>Dpseea</b> <i>(Driving force - Pressure - State - Exposure - Effect - Action)</i>	modèle conceptuel utilisé en santé environnementale pour schématiser les liens entre déterminants, état des milieux, exposition et impacts sanitaires, et identifier des opportunités d'interventions pour réduire les pollutions, protéger les milieux, réduire les expositions ou réduire les impacts [34].
<b>Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)</b>	gaz d'origine naturelle ou résultant de la combustion des combustibles fossiles (pétrole, gaz, charbon, bois, etc.) et de la biomasse ainsi que des changements d'affectation des terres et d'autres procédés industriels (ex. : production de ciment). C'est le principal gaz à effet de serre anthropique qui influe sur le bilan radiatif de la Terre [54].
<b>Effet de serre</b>	effet radiatif des constituants de l'atmosphère absorbant le rayonnement infrarouge (gaz à effet de serre notamment), et qui conduit à réduire la quantité nette de rayonnement émis vers l'espace par rapport à ce qu'elle aurait pu être en l'absence de ces constituants. La surface terrestre et la troposphère se réchauffent en réponse à ce forçage, rétablissant graduellement l'équilibre radiatif au sommet de l'atmosphère [54].
<b>Écosystème</b>	complexe constitué d'organismes vivants, de leur milieu non vivant et de l'ensemble de leurs interactions, considéré en tant qu'unité fonctionnelle. Les composantes d'un écosystème donné et ses limites spatiales sont fonction de l'objet pour lequel l'écosystème est défini : dans certains cas, elles sont relativement précises et dans d'autres, relativement floues. Les limites d'un écosystème peuvent évoluer avec le temps. Des écosystèmes se nichent au sein d'autres écosystèmes ; ils peuvent être très petits ou représenter l'ensemble de la biosphère. Au cours de la période actuelle, la plupart des écosystèmes comprennent l'être humain en tant qu'organisme clé ou subissent l'influence des activités humaines dans leur milieu [54].
<b>Exposition</b>	croisement de la donnée environnementale et de données de population ou de comportements caractérisant l'intensité du contact entre le danger et la personne.
<b>Exposome</b>	ensemble des expositions, tout à long de la vie [40].
<b>Faisabilité</b> (d'un indicateur)	un indicateur est faisable lorsqu'il est relativement facile à obtenir ou à produire [28].

<b>Forçage radiatif</b>	variation du flux de rayonnement (différence entre l'éclairement descendant et l'éclairement ascendant), exprimée en $W/m^2$ , mesuré à la tropopause ou au sommet de l'atmosphère. On parle du forçage d'un agent ou phénomène pour désigner la façon dont il modifie ce flux de rayonnement. Par exemple, un agent qui va refléter le rayonnement solaire va entraîner un forçage négatif. Ces variations de forçage conduisent à des modifications du climat.
<b>Gaz à effet de serre (GES)</b>	constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent et émettent un rayonnement infrarouge. C'est cette propriété qui est à l'origine de l'effet de serre. La vapeur d'eau ( $H_2O$ ), le dioxyde de carbone ( $CO_2$ ), l'oxyde nitreux ( $N_2O$ ), le méthane ( $CH_4$ ) et l'ozone ( $O_3$ ) sont les principaux gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère terrestre [54].
<b>Indicateur des effets du changement climatique</b> (selon l'Observatoire national des effets du réchauffement climatique)	information associée à un domaine géographique et à un phénomène précis, permettant d'en indiquer les tendances dans le temps de façon objective. Indicateur des effets sanitaires du changement climatique : information quantitative, synthétique, éclairant un risque sanitaire susceptible d'être influencé par les évolutions climatiques passées, en cours ou à venir, pour une zone géographique ou une population donnée. Il doit permettre d'analyser des tendances spatiales ou temporelles, afin d'orienter les politiques d'adaptation, et d'aider les parties prenantes à comprendre les enjeux actuels et les enjeux futurs.
<b>Intervention</b>	déploiement d'outils, tels que, des plans de prévention, des supports de communications, actions sur l'urbanisme...
<b>Inertie du changement climatique</b>	en raison du temps nécessaire aux océans pour atteindre un nouvel équilibre thermique et de la lenteur des processus propres à la cryosphère et aux terres émergées, le climat continuerait de changer même si la composition de l'atmosphère cessait brusquement d'évoluer. L'évolution passée de la composition de l'atmosphère se traduit par un changement climatique engagé qui durera tant que le déséquilibre radiatif persistera et jusqu'à ce que toutes les composantes du système climatique se soient ajustées à ce nouvel état. Le changement de température qui interviendra après que la composition de l'atmosphère aura été maintenue constante est désigné sous l'appellation d'inertie thermique à composition constante, ou simplement réchauffement engagé ou inertie du réchauffement. L'inertie du changement climatique concerne également le cycle hydrologique, les phénomènes météorologiques extrêmes, les phénomènes climatiques extrêmes et les variations du niveau de la mer [54].
<b>Littératie</b>	capacité des individus à comprendre et à utiliser l'information pour être autonome et pour faire des choix éclairés [46].
<b>Nature</b>	dans un contexte scientifique, ce concept englobe des catégories telles que la biodiversité, les écosystèmes, l'évolution, la biosphère, le fonctionnement des écosystèmes, l'héritage évolutionniste partagé par l'humanité et la diversité bioculturelle [41].

<b>Non-linéarité</b>	un processus impliquant au moins deux facteurs reliés entre eux est dit non linéaire lorsqu'il n'y a pas de rapport de proportion simple entre la ou les causes et le processus. Le système climatique comprend de nombreux processus non linéaires, d'où son comportement potentiellement très complexe. Cette complexité peut entraîner des changements climatiques brusques [54].
<b>Pertinence</b> (d'un indicateur) :	un indicateur est pertinent lorsqu'il correspond à l'objectif dont il contribue à mesurer l'atteinte [28].
<b>Phénomène météorologique extrême</b>	phénomène rare en un endroit et à une période de l'année particuliers. Il n'existe pas de définition universelle de ces phénomènes, et les caractéristiques de conditions météorologiques extrêmes peuvent varier d'un lieu à un autre.
<b>Point de bascule</b>	en ce qui concerne le climat, il s'agit d'un seuil critique hypothétique auquel le climat mondial ou régional passe d'un état stable à un autre. La bascule peut se révéler irréversible [54].
<b>Reproductibilité</b> (d'un indicateur)	un indicateur est reproductible si les résultats de sa mesure sont constants chaque fois qu'une mesure est prise dans des conditions identiques [28].
<b>Risque</b>	probabilité de survenue de conséquences néfastes suite à l'exposition à une substance ou une situation présentant un danger.
<b>Santé planétaire</b> (« <i>Planetary health</i> »)	modèle conceptuel visant à prendre en compte l'influence des écosystèmes naturels et anthropiques sur la santé humaine, et à envisager la santé de la planète elle-même [56].
<b>Santé</b>	la santé est définie par l'Organisation mondiale de la santé comme un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité [57].
<b>Santé environnementale</b> ( <i>Environmental health</i> )	comprend les aspects de la santé humaine, y compris la qualité de la vie, qui sont déterminés par les facteurs physiques, chimiques, biologiques, sociaux, psychosociaux et esthétiques de notre environnement. Elle concerne également la politique et les pratiques de gestion, de résorption, de contrôle et de prévention des facteurs environnementaux susceptibles d'affecter la santé des générations actuelles et futures [58].
<b>Scénarios d'émissions (Profils représentatifs d'évolution de concentration - RCP)</b>	représentation plausible de l'évolution future des émissions de substances susceptibles d'avoir des effets radiatifs (gaz à effet de serre, aérosols, etc.), fondée sur un ensemble cohérent et homogène d'hypothèses relatives aux éléments moteurs (évolution démographique et socio-économique, progrès technologique, etc.) et à leurs interactions principales. Les scénarios de concentration, découlant des scénarios d'émissions, servent de données initiales aux modèles climatiques pour le calcul des projections climatiques. Les RCP correspondent à des scénarios comprenant les séries chronologiques complètes des émissions et des concentrations de gaz à effet de serre et aérosols, des gaz chimiquement actifs, ainsi que de l'utilisation des terres et de la couverture terrestre. Le Groupe intergouvernemental d'expert sur le climat a choisi quatre RCP comme base des prévisions et projections climatiques présentées. Le nombre indique le forçage radiatif pris en compte par le scénario ; plus il est élevé, plus le réchauffement associé est important.

	<p>Le RCP2.6 est un profil dans lequel le forçage radiatif atteint un pic avant 2100, puis décroît. C'est le profil le plus optimiste correspondant à un comportement vertueux des États et autres parties prenantes en matière de réduction des émissions de GES ;</p> <p>RCP4.5 et RCP6.0 sont deux profils de stabilisation intermédiaires, où le forçage radiatif se stabilise après 2100 à 4.5 ou 6 W/m<sup>2</sup> ;</p> <p>RCP8.5 est un profil « haut », dans lequel le forçage radiatif excède 8,5 W/m<sup>2</sup> en 2100 et continue de croître pendant un certain temps encore. C'est le profil correspondant à la poursuite des émissions de GES non ou peu contraintes par rapport à la situation du début du XX<sup>e</sup> siècle.</p> <p>Pour les simulations plus récentes, un nouveau jeu de scénario a été développé : les trajectoires socio-économiques communes (<i>Shared Socio-economic Pathways</i>, SSP). Certains de ces scénarios recourent les RCP2.6 (SSP1), RCP4.5 (SSP2), RCP6 (SSP4) et RCP8.5 (SSP) [54].</p>
<b>Sécheresse</b>	<p>période de temps anormalement sec suffisamment longue pour causer un grave déséquilibre hydrologique. La notion de sécheresse étant relative, toute analyse d'un déficit de précipitations doit se reporter à l'activité étudiée, liée aux précipitations. On distingue par exemple les sécheresses de sol concernant directement l'agriculture et le risque de feux de forêt, et les sécheresses de nappes qui impacte la production d'eau à usage alimentaire, d'irrigation ou industrielle [54].</p>
<b>Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique</b>	<p>elle exprime le point de vue de l'État sur la manière d'aborder la question de l'adaptation au changement climatique.</p>
<b>Tempête</b>	<p>zone étendue de vents violents (vents de force 10 à 12 sur l'échelle de Beaufort) générés aux moyennes latitudes par un système de basses pressions (dépression). L'usage veut que les météorologues nomment « tempêtes » les rafales de vent approchant les 100 km/h dans l'intérieur des terres et 120 km/h (voire 130 km/h) sur les côtes [59].</p>
<b>Une seule santé (« One health »)</b>	<p>modèle conceptuel utilisé notamment dans l'analyse des zoonoses pour faire le lien entre la santé des écosystèmes, la santé animale, et la santé humaine [38].</p>
<b>Vague de chaleur</b>	<p>période de conditions atmosphériques anormalement chaudes. Plusieurs définitions existent selon les objectifs. Par exemple, dans le cadre du plan national canicule, les vagues de chaleur sont définies comme le dépassement simultané de seuils diurnes et nocturnes de la température moyennée sur trois jours.</p>
<b>Validité (d'un indicateur)</b>	<p>un indicateur est valide s'il mesure réellement ce qu'il doit mesurer [28].</p>
<b>Vulnérabilité</b>	<p>propension à faire augmenter le risque de survenue d'un événement sanitaire défavorable (maladie, symptôme, situation...), en comparaison avec le risque « standard » de survenue de cet événement (celui de ladite population générale ou de référence).</p>
<b>Zoonose</b>	<p>maladie infectieuse ou parasitaire pouvant être transmise de l'homme à l'animal ou de l'animal à l'homme.</p>

## Annexe 1. Exemple d'indicateurs d'impacts du changement climatique utilisés dans le Monde

I TABLEAU A-1I

### Exemple d'indicateurs suivis sur les événements climatiques extrêmes

Type d'événement extrême	Type d'indicateur	Pays / Institution	Description	Source
Incendie	Danger	France / Onerc	Feux de forêts météorologiques	[24]
Incendie	Danger	États-Unis / Département de santé de Louisiane	Nombre de feux de forêts entre 2002-2014 et proportion de surface touchée	[60]
Incendie	Exposition	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de population vivant dans des zones à fort risque d'incendie	[61]
Sécheresse	Danger	États-Unis/Centre de contrôle des maladies	Durée des sécheresses	[37]
Sécheresse	Danger	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Index de sévérité des sécheresses	[62]
Inondations	Danger	États-Unis/Centre de contrôle des maladies	Quantité de précipitations excessives	[37]
Inondations	Danger	États-Unis/Centre de contrôle des maladies	Nombre de jours d'inondations	[37]
Inondations	Danger	États-Unis/Centre de contrôle des maladies	Nombre d'inondations dans des zones avec de fortes concentrations de pesticides	[37]
Inondations	Exposition	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de population vivant dans une zone submersible	[63]
Inondations	Exposition	États-Unis/Centre de contrôle des maladies	Proportion de la population résident en zones inondables	[37]
Inondations	Impact	Europe / Agence européenne de l'environnement	Décès associés aux inondations par pays entre 1991 et 2015	[64]
Tous	Exposition	France / Onerc	Exposition de la population aux risques climatiques	[24]
Tous	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de population âgée de moins de 5 ans	[65]
Tous	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de population âgée de plus de 65 ans	[66]
Tous	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de population sous le seuil de pauvreté	[67]
Tous	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de population ne possédant pas de voiture	[68]
Tous	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de foyers où personne de plus de 14 ans d'âge ne parle anglais	[69]
Tous	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de population avec un handicap physique et mental	[70]

Type d'événement extrême	Type d'indicateur	Pays / Institution	Description	Source
Tous	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de population sans sécurité sociale	[71]
Tous	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Nombre de crimes violents pour 1 000 résidents	[72]
Tous	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de population âgée de 25 ans et plus n'ayant pas fait d'études secondaires	[73]
Tous	Impacts	États-Unis/Centre de contrôle des maladies	Nombre de blessures et de maladies par type d'événements extrêmes	[37]
Tous	Impacts	États-Unis/Centre de contrôle des maladies	Nombre de décès par type d'événements extrêmes	[37]
Tous	Impact	Monde/ <i>Lancet</i>	Nombre de décès et de victimes des événements extrêmes (écart à la moyenne 1990-2009)	[19]
Tous	Impact	États-Unis/Centre de contrôle des maladies	Proportion de la population résidant dans une zone détruite ou endommagée	[37]
Tous	Impact	États-Unis/Centre de contrôle des maladies	Proportion de la population résidant dans un hébergement d'urgence	[37]
Tous	Intervention	États-Unis/Centre de contrôle des maladies	Proportion de zones avec des exercices de préparation des événements extrêmes annuels	[37]
Tous	Intervention	États-Unis/Centre de contrôle des maladies	Proportion de zones avec des refuges d'urgence	[37]
Tous	Intervention	États-Unis/Centre de contrôle des maladies	Proportion de zones avec des règles de construction des bâtiments	[37]
Tous	Intervention	États-Unis/Centre de contrôle des maladies	Proportion de zones avec des campagnes de prévention	[37]
Tous	Intervention	États-Unis/Centre de contrôle des maladies	Proportion de zones avec des systèmes d'alerte précoce	[37]

## I TABLEAU A-2 I

### Exemples d'indicateurs suivis sur la chaleur

Sous-thème	Type d'indicateur	Pays / Institution	Description	Source
Chaleur	Danger	États-Unis / Agence de protection de l'environnement	Jour de climatisation de 1895 à 2015 (écart entre la température extérieure et une température de référence estimée « confortable »)	[74]
Chaleur	Danger	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Projection du nombre de jours avec une température excédant le 98ème percentile de la période 1961-1990 en 2040-2060 et 2080-2099	[75]
Chaleur	Danger	États-Unis / Département de santé de Louisiane	Température minimale, maximale, et variations intra-journalières 1990-2014	[60]
Chaleur	Danger	États-Unis / Département de santé de Louisiane	Nombre de jours >35°C par zone climatique	[60]
Chaleur	Danger	États-Unis/ Council of State and Territorial Epidemiologists	Température minimale, maximale, et variations intra-journalières	[76]
Chaleur	Danger	Monde / <i>Lancet</i>	Anomalie de température par rapport à la normale 1986-2008, depuis 2000	[19]
Chaleur	Exposition	États-Unis / Centre de contrôle des maladies	Nombre de jours où les températures dépassent un seuil	[37]
Chaleur	Exposition	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de foyers équipés de climatisation	[77]
Chaleur	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de population sans sécurité sociale	[71]
Chaleur	Impact	États-Unis / Agence de protection de l'environnement	Nombre de décès liés à la chaleur (chaleur citée comme cause principale ou secondaire) entre 1979 et 2014	[78]
Chaleur	Impact	États-Unis / Agence de protection de l'environnement	Nombre d'hospitalisations pour des causes liés à la chaleur entre 2001 et 2010	[79]
Chaleur	Impact	États-Unis/ Council of State and Territorial Epidemiologists	Nombre de décès, passages aux urgences et hospitalisations pour causes liées à la chaleur en été	[80]
Chaleur	Impact	États-Unis / Centre de contrôle des maladies	Nombre de décès attribuables à la chaleur	[37]
Chaleur	Impact	États-Unis / Centre de contrôle des maladies	Nombre de décès par hyperthermie	[37]
Chaleur	Impact	Monde/ <i>Lancet</i>	Nombre de décès liés à la chaleur	
Chaleur	Intervention	États-Unis / Council of State and Territorial Epidemiologists	Accessibilité des lieux rafraîchis	[81]
Chaleur	Intervention	États-Unis / Centre de contrôle des maladies	Proportion de zones avec des campagnes de prévention	[37]
Vague de chaleur	Danger	Monde / <i>Lancet</i>	Anomalie de durée des canicules par rapport à la normale 1986-2008, depuis 2000	[19]
Vague de chaleur	Exposition	Monde / <i>Lancet</i>	Nombre de personnes de 65 ans et plus exposées à des canicules dans le monde depuis 2000	[19]

Sous-thème	Type d'indicateur	Pays / Institution	Description	Source
Vague de chaleur	Intervention	États-Unis / Centre de contrôle des maladies	Proportion de zones avec des systèmes d'alerte précoce	[37]
Îlot de chaleur urbain	Danger	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de surface couverte par la canopée	[82]
Îlot de chaleur urbain	Danger	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de surface imperméable	[83]
Îlot de chaleur urbain	Intervention	États-Unis / Council of State and Territorial Epidemiologists	Nombre de communes avec un plan de lutte contre l'îlot de chaleur urbain	[84]
Travailleurs	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de population travaillant en extérieur	[85]
Travailleurs	Impact	Monde/ <i>Lancet</i>	Anomalie de productivité des populations rurales par rapport à la normale 1986-2008, depuis 2000 (calculé à partir de la température du bulbe mouillé)	[19]

## I TABLEAU A-3 I

### Exemple d'indicateurs suivis sur le froid

Sous-thème	Type d'indicateur	Pays / Institution	Description	Source
Froid	Danger	France / Onerc	Indice de rigueur climatique	[24]
Froid	Danger	États-Unis / Agence de protection de l'environnement	Jour de chauffage de 1895 à 2015 (écart entre la température extérieure et une température de référence estimée « confortable »)	[74]
Froid	Impact	Monde / <i>Lancet</i>	Nombre de décès liés au froid	[19]

## I TABLEAU A-4 I

### Exemple d'indicateurs suivis sur la pollution de l'air

Sous-thème	Type d'indicateur	Pays / Institution	Description	Source
Conditions météorologiques défavorables	Danger	États-Unis / Département de santé de Louisiane	Stagnation des masses d'air entre 1973 et 2008	[60]
Particules fines	Danger	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Concentration de PM <sub>2,5</sub> 2009-2011 et 2012-2014 (moyenne annuelle)	[86]
Ozone	Danger	Europe / Agence européenne de l'environnement	Concentrations d'ozone et évolutions attendues d'ici 2100	[87]
Ozone	Danger	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Concentration estivale d'ozone 2009-2011 et 2012-2014 (max-8h)	[88]
Allergies respiratoires	Danger	États-Unis / Agence de protection de l'environnement	Modification de la durée de la saison de pollen d'ambroisie entre 1995 et 2015	[89]
Allergies respiratoires	Danger	France / Onerc	Indicateur de pollen de bouleau	[24]
Allergènes respiratoires	Danger	États-Unis / Département de santé de Louisiane	Compte pollinique	[60]
Allergènes respiratoires	Impact	États-Unis / Council of State and Territorial Epidemiologists	Nombre et taux de passages aux urgences et d'hospitalisations pour allergies	[90]
Tous	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de population de moins de 5 ans	[65]
Tous	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de population de plus de 65 ans	[66]
Tous	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de population de couleur	
Tous	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de population sous le seuil de pauvreté	[67]
Tous	Adaptation	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de la population avec un accès facile à un transport en commun	[91]
Tous	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de population sans sécurité sociale	[71]
Tous	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Nombre de crimes violents pour 1 000 résidents	[72]
Tous	Vulnérabilité	États-Unis / Département de santé publique de Californie	Proportion de population de 25 ans et plus n'ayant pas fait d'études secondaires	[73]

## I TABLEAU A-5 I

### Exemple d'indicateurs suivis sur les maladies infectieuses

Sous-thème	Type d'indicateur	Pays / Institution	Description	Source
<b>Vecteurs</b>	Danger	Monde/ <i>Lancet</i>	Capacité vectorielle pour la dengue d' <i>Aedes aegypti</i> et <i>Aedes albopictus</i>	[19]
<b>Vecteurs</b>	Danger	Europe / Agence européenne de l'environnement	Répartition de tiques ( <i>Ixodus ricinus</i> ), moustique ( <i>Aedes albopictus</i> ) en 2016, des infections de West Niles, et des enveloppes climatiques propices à <i>Aedes albopictus</i> et <i>Aedes aegypti</i>	[92]
	Exposition	États-Unis / Council of State and Territorial Epidemiologists	Nombre de tests positifs de West Nile dans les espèces sentinelles et les réservoirs	[93]
<b>Maladie de Lyme</b>	Impact	États-Unis / Agence de protection de l'environnement	Incidence annuelle de la maladie de Lyme entre 1991 et 2014	[94]
<b>Maladie de Lyme</b>	Impact	États-Unis / Département de santé de Louisiane	Nombre de cas humain de maladie de Lyme entre 1995 et 2014	[60]
<b>West Nile</b>	Impact	Europe / Agence européenne de l'environnement	Incidence annuelle d'infections par le virus West Nile entre 2002 et 2014	[95]
<b>West Nile</b>	Impact	États-Unis / Council of State and Territorial Epidemiologists	Nombre de cas humains de West Nile	[96]
<b>Dengue, Malaria</b>	Impact	Monde / <i>Lancet</i>	Nombre de décès pour dengue, malaria	[19]
<b>Diarrhée</b>	Impact	Monde / <i>Lancet</i>	Nombre de décès pour diarrhée	[19]
<b>Vibrio</b>	Impact	Europe / Agence européenne de l'environnement	Nombre annuel d'infections par vibrio en mer Baltique depuis 1980, et projections pour 2050	[97]
<b>Salmonelloses</b>	Exposition	Nouvelle-Zélande	Sérotypes identifiés en Nouvelle Zélande	[34]
<b>Salmonelloses</b>	Exposition	Nouvelle-Zélande	Proportion d'échantillons de viande avec des salmonelles	[34]
<b>Salmonelloses</b>	Impact	Nouvelle-Zélande	Nombre de signalements	[34]
<b>Salmonelloses</b>	Impact	Nouvelle-Zélande	Nombre d'épidémies	[34]
<b>Cryptosporidiosis</b>	Impact	Nouvelle-Zélande	Nombre de signalements	[34]
<b>Cryptosporidiosis</b>	Impact	Nouvelle-Zélande	Nombre d'épidémies	[34]
<b>Tous</b>	Intervention	Monde / <i>Lancet</i>	Nombre de revues de la littérature sur les liens entre maladies infectieuses et climat	[19]

## I TABLEAU A-6 I

### Exemple d'indicateurs suivis sur d'autres thèmes

Sous-thème	Type d'indicateur	Pays / Institution	Description	Source
<b>Tous</b>	Intervention	États-Unis / Council of State and Territorial Epidemiologists	Nombre de plan d'adaptation locaux	[98]
<b>Tous</b>	Intervention	États-Unis / Council of State and Territorial Epidemiologists	Nombre de systèmes de surveillance des impacts sanitaires du changement climatique	[99]
<b>Tous</b>	Intervention	États-Unis / Council of State and Territorial Epidemiologists	Nombre de professionnels de santé publique formés aux impacts sanitaires du changement climatique	[100]
<b>UV</b>	Impact	Monde / <i>Lancet</i>	Nombre de décès par mélanome	[19]
<b>Malnutrition</b>	Impact	Monde / <i>Lancet</i>	Nombre de personnes souffrant de malnutrition	[19]
<b>Malnutrition</b>	Exposition	Monde / <i>Lancet</i>	Modification de la production de maïs	[19]
<b>Malnutrition</b>	Exposition	Monde / <i>Lancet</i>	Modification de la température de surface de la mer (pour les pays dépendant de ressources alimentaires marines)	[19]

## I TABLEAU A-7 I

### Informations produites en accompagnement des indicateurs dans différents pays

Informations produites en accompagnement de l'indicateur		
<b>EPA</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Description</li> <li>2. Historique des modifications</li> <li>3. Sources des données</li> <li>4. Accessibilité des données</li> <li>5. Méthode de collecte</li> <li>6. Méthode de calcul</li> <li>7. Assurance qualité</li> <li>8. Comparaison spatiale et temporelle</li> <li>9. Limites</li> <li>10. Source d'incertitudes</li> <li>11. Sources de variabilité</li> <li>12. Analyses statistiques</li> <li>13. Références</li> </ol>	[44]
<b>Agence de santé publique de Californie</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>14. L'intérêt en termes de santé publique</li> <li>15. Un résumé des connaissances</li> <li>16. Une liste de référence clefs</li> <li>17. La définition de l'indicateur et des sources de données</li> <li>18. Les limites d'interprétation</li> </ol>	[101]
<b>Onerc</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sources</li> <li>2. Méthode de calcul</li> <li>3. Fiabilité</li> <li>4. Justification</li> <li>5. Perspectives (par exemple intégration dans d'autres bases de données, ou déclinaison géographique, besoin d'études complémentaires...)</li> </ol>	[102]
<b>CSTE</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Unité de mesures</li> <li>2. Échelle spatiale</li> <li>3. Échelle temporelle</li> <li>4. Interprétation/contexte</li> <li>5. Justification</li> <li>6. Limites</li> <li>7. Limites des données</li> <li>8. Indicateurs associés</li> <li>9. Recommandations</li> <li>10. Références</li> <li>11. Guide pour l'extraction des données</li> </ol>	[27]
<b>HCSP</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Définition</li> <li>2. Années renseignées</li> <li>3. Type de données (quantitative / qualitative)</li> <li>4. Mode de collecte – Organisme responsable de la collecte</li> <li>5. Gestionnaire de la base</li> <li>6. Échelles géographiques</li> <li>7. Échelles temporelles</li> <li>8. Accessibilité</li> <li>9. Limite et biais connus du point de vue : description ; temporalité ; spatialité, qualité</li> </ol>	[25]

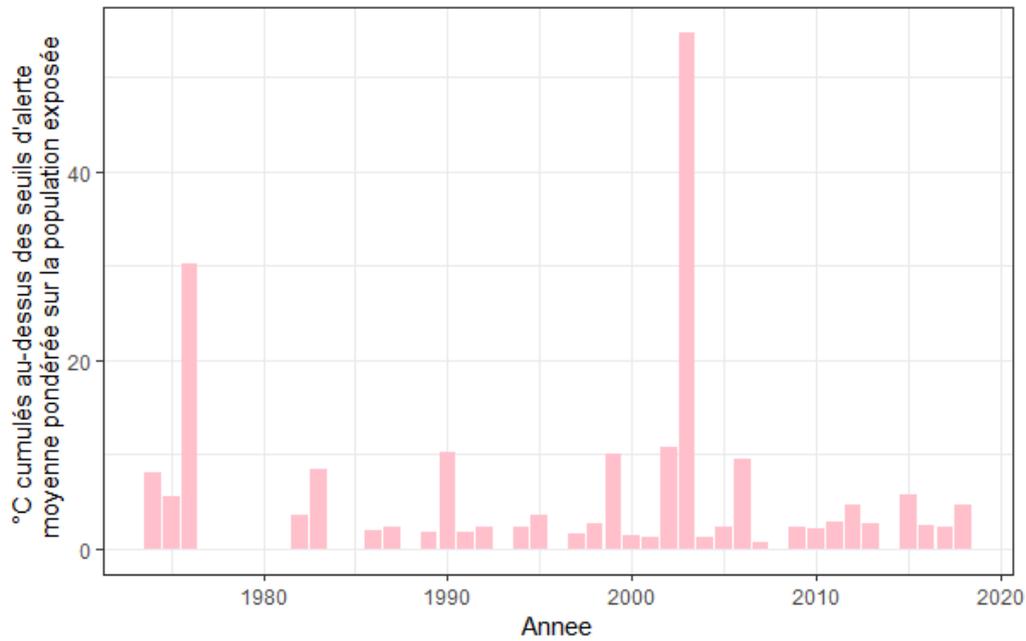
## Annexe 2 – Proposition d'indicateurs « canicule »

### Synthèse des indicateurs proposés

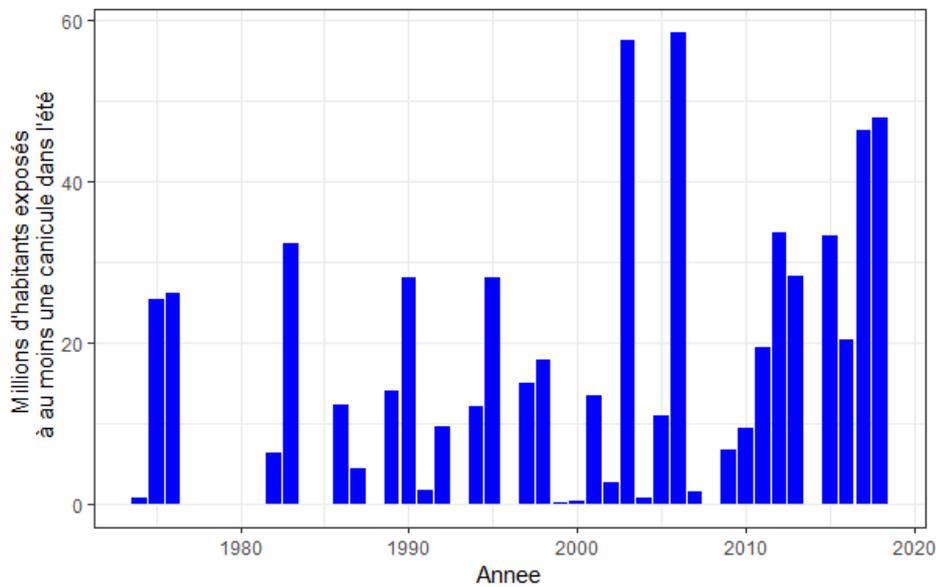
Nom	Type d'indicateurs	Définition	Justifications / Limites	Échelle géographique	Échelle temporelle
Nombre de degrés de températures cumulés au-dessus des seuils d'alerte canicule (sévérité) pendant les canicules en France métropolitaine	Danger	L'indicateur décrit l'intensité et la durée de la chaleur, à partir de la somme des degrés cumulés au-dessus des seuils d'alerte canicule pendant la durée des saisons estivales observées chaque année.	Permet de synthétiser l'information sur la durée et l'intensité des canicules en relatif par rapport aux seuils d'alertes. On perd toutefois l'information sur le nombre d'épisodes, la période de survenue, et l'intensité maximale	France métropolitaine, régionale et départementale.	Annuelle depuis 1973
Population exposée pendant les canicules en France métropolitaine	Exposition	L'indicateur décrit la taille de la population exposée au moins une fois dans l'année à une canicule et répondant à la définition du Plan national canicule.	Permet de mettre en regard la taille de la population exposée au moins une fois dans l'été, ce qui implique également la notion d'extension géographique. On n'a que la population résidente et pas les touristes	France métropolitaine, régionale et départementale.	Annuelle depuis 1973
Surmortalité observée pendant les canicules en France	Impact	L'indicateur décrit l'excès de la mortalité (toutes causes, tous âges et par âge) pendant les canicules	La mortalité est l'impact le plus symbolique des canicules. Elle est complémentaire aux indicateurs basés sur les recours aux soins. L'expression en nombre absolu permet de comparer aux autres événements extrêmes. Une expression en taux ou en proportion est complémentaire mais contribue à une faible perception du risque par rapport à d'autres dangers. À noter qu'il y a plusieurs façons d'estimer la surmortalité et qu'elles peuvent aboutir à des estimations différentes.	France métropolitaine, régionale, départementale	Annuelle depuis 1973
Passages aux urgences pour hyperthermies/coup de chaleur	Impact	L'indicateur décrit le nombre de passages aux urgences pour hyperthermie chaque année, tous âges et par classe d'âge, dans les établissements hospitaliers participant au réseau Oscour®.	L'hyperthermie / coup de chaleur est très corrélé à la température ambiante. Le choix d'une seule cause donne une vision très limitée de l'ensemble des impacts possibles, mais les autres causes sont beaucoup moins spécifiques et moins interprétables. De plus, le périmètre des établissements de santé peut changer au cours du temps.	France métropolitaine, régionale	Annuelle depuis 2015
Vigilances canicules en France métropolitaine	Intervention	L'indicateur décrit le nombre de vigilances jaune, orange ou rouge canicule déclenchées chaque année par Météo-France	Permet de montrer les actions mises en place a minima en termes de communication	France métropolitaine, régionale, départementale	Annuelle depuis 2004

## Illustration à l'échelle nationale

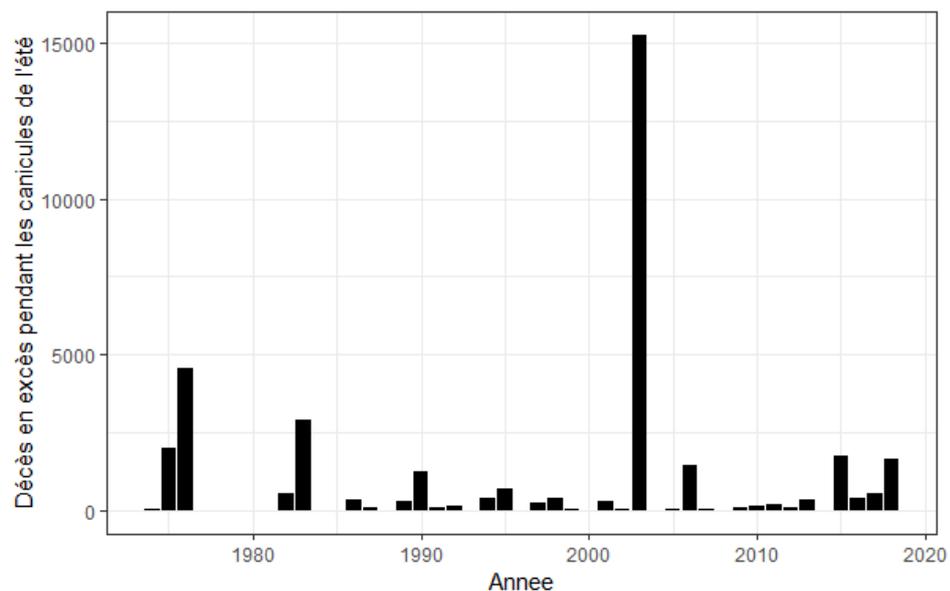
### Nombre de degrés cumulés au-dessus des seuils d'alerte canicule (sévérité) pendant les canicules en France métropolitaine



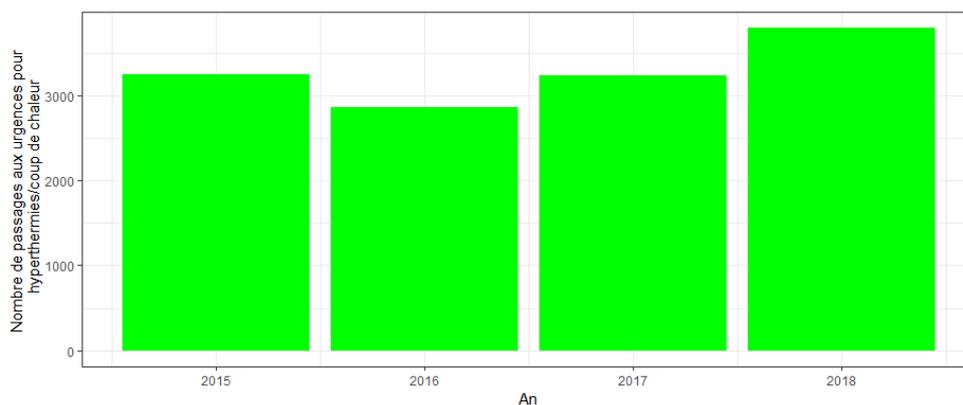
### Population exposée pendant les canicules en France métropolitaine



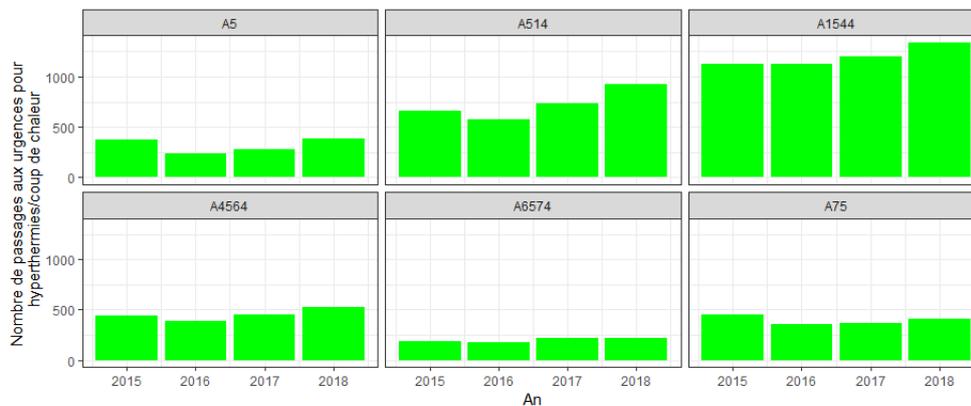
## Surmortalité observée pendant les canicules en France



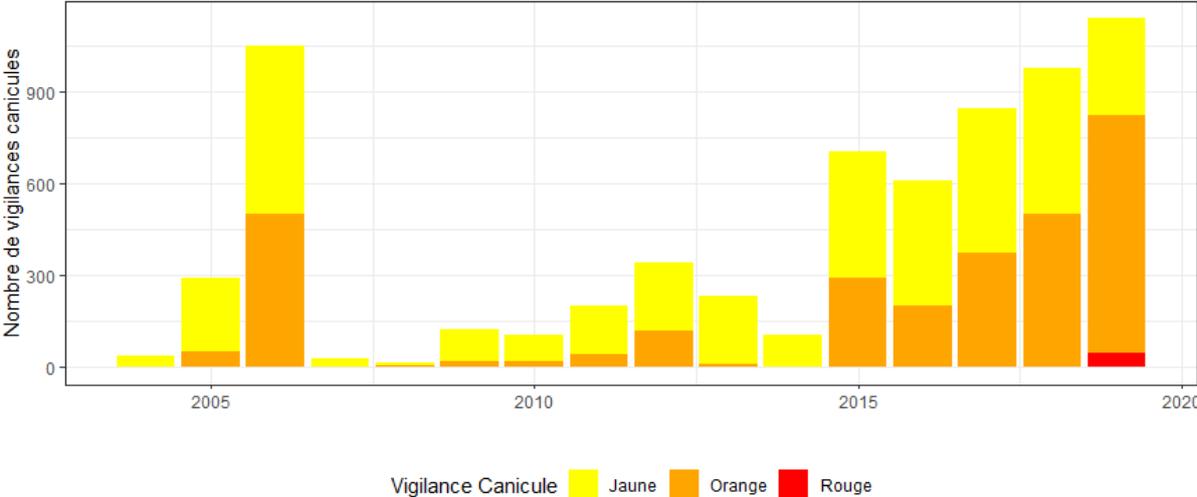
## Passages aux urgences pour hyperthermies/coup de chaleur dans les établissements participants au réseau Sursaud© pour la métropole



## Passages aux urgences pour hyperthermies/coup de chaleur – par âge dans les établissements participants au réseau Sursaud© pour la métropole



### Nombre de jours/départements de vigilances canicule en France métropolitaine



## Fiche de synthèse – Indicateurs canicules

### 1. Résumé des principales connaissances concernant le lien avec le changement climatique

Les vagues de chaleur font partie des extrêmes climatiques les plus préoccupants au regard de la vulnérabilité de nos sociétés et de l'évolution attendue de leur fréquence et leur intensité au XXI<sup>e</sup> siècle (Giec 2013). En France, une augmentation marquée du nombre de vagues de chaleur est documentée depuis les années 1980 (Soubeyroux, 2016).

Les méthodes d'*attribution* mettent de plus en plus de quantifier l'impact du changement climatique sur la probabilité de survenue et l'intensité des vagues de chaleur récentes. Par exemple, les canicules observées en juin et juillet 2019 en France sont susceptibles d'arriver au moins 10 fois plus fréquemment dans le climat actuel qu'il y a un siècle (Van Oldenborgh, 2019, Vautard, 2019).

#### Références

GIEC, 2013: Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. and Midgley P.M. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

Soubeyroux J.-M., G. Ouzeau, M. Schneider, O. Cabanes, et R. Koukou, 2016 : Les vagues de chaleur en France : analyse de l'été 2015 et évolutions attendues en climat futur. La Météorologie, 94, 45-51.

vanOldenborgh G, Philip S, Kew S, Vautard R, Boucher O, Otto F, et al. Human contribution to the record-breaking June 2019 heat wave in France. 2019.

Vautard R, vanOldenborgh G, Otto F, Haustein K, Vogel M, Seneviratne S, et al. Human contribution to the record-breaking July 2019 heat wave in France. 2019.

### 2. Signification en termes de santé publique

Les canicules constituent un risque majeur pour la santé, se traduisant par une augmentation de la mortalité, mais également du recours aux soins. La chaleur a été identifiée comme un facteur de risque pour de nombreuses pathologies dans la littérature (cardiovasculaire, respiratoire, rénale, digestive, psychiatrique, issues de la grossesse défavorable...).

L'augmentation de la mortalité est très rapide après l'exposition à la chaleur (moins de 48 h). Les personnes les plus âgées représentent les effectifs les plus importants. Pour autant, la mortalité observée pendant les canicules concerne toutes les classes d'âge.

L'hyperthermie / coup de chaleur est directement associé à une exposition à la chaleur, ou à une activité physique associée avec des températures chaudes. Cette cause est rare, et ne représente qu'une partie de l'influence de la chaleur sur la santé.

Les impacts sanitaires de la chaleur sont jugés évitables par des mesures individuelles et structurelles visant à réduire l'exposition à la chaleur, et à faciliter l'identification des symptômes et la prise en charge des victimes. Le plan national de prévention des vagues de chaleur coordonne ces aspects depuis 2004. Chaque année, du 1<sup>er</sup> juin au 15 septembre (ou plus tôt et plus tard si nécessaire), Météo-France analyse quotidiennement le risque de dépasser les seuils du PNC à partir des prévisions météorologiques, afin de classer les départements selon les niveaux de vigilance canicule croissant du vert (pas de risque de canicule) au rouge (canicule exceptionnelle).

Les périodes de vigilance intégrant des prévisions météorologiques et du jugement d'experts, elles ne correspondent pas toujours aux périodes où les températures ont réellement dépassé les seuils d'alerte. En cas de vigilance, une communication importante est faite auprès de la population, et des actions peuvent être prises par différents acteurs locaux (ex appel de personnes inscrites sur les registres communaux d'aide aux personnes vulnérables, déclenchements de plans blancs dans les hôpitaux, annulation d'événement, décalages d'horaires...).

#### Références

Vicedo-Cabrera AM, Guo Y, Sera F, Huber V, Schleussner CF, Mitchell D, et al. Temperature-related mortality impacts under and beyond Paris Agreement climate change scenarios. Climatic Change. 2018;150(3-4):391-402.

Gasparrini A, Guo Y, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, Huber V, Tong S, et al. Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *The Lancet Planetary Health*. 2017;1(9):e360-e7.

Guo Y, Gasparrini A, Li S, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho M, et al. Quantifying excess deaths related to heatwaves under climate change scenarios: A multicountry time series modelling study. *PLOS Medicine*. 2018;15(7):e1002629.

### 3. Nombre de degré cumulés au-dessus des seuils d'alerte canicule (sévérité) pendant les canicules en France métropolitaine

<b>Type d'indicateur</b>	Danger
<b>Définition</b>	L'indicateur décrit l'intensité et la durée de la chaleur, à partir de la somme des degrés cumulés au-dessus des seuils d'alerte canicule pendant la durée des saisons estivales observées chaque année.
<b>Échelle géographique</b>	L'indicateur est disponible agrégé pour la France métropolitaine, par région et département. À l'échelle nationale et régionale, la sévérité est présentée comme une moyenne pondérée sur la population. À l'échelle départementale, il s'agit directement de la somme des écarts aux seuils minimum et maximum chaque jour de canicule de l'année.
<b>Échelle temporelle</b>	L'indicateur est calculé à l'échelle annuelle.
<b>Méthode de calcul</b>	Les périodes de canicule correspondent à la définition du système d'alerte canicule et santé [103]. Elles ont été recalculées à partir des températures observées, mises en regard de seuils départementaux.
<b>Accessibilité</b>	Les données détaillées sont accessibles via le portail Géodes.
<b>Sources des données et évolution</b>	Entre 1970 et 2013, les données de températures utilisées correspondent à une ré-analyse départementale spatialisée. Entre 2014 et 2018, les températures sont celles enregistrées par les stations de référence du système d'alerte canicule et santé. Les périodes de canicules sont définies par comparaison des températures minimales et maximales moyennées sur trois jours aux seuils d'alerte (à 1°C près).
<b>Limites</b>	L'indicateur est construit à l'échelle départementale, en s'appuyant pour les années les plus récentes sur les données d'une station de référence par département (proche du plus grand bassin de population du département). Il donne une estimation globale de l'exposition, mais peut masquer des variations locales.

#### Références méthodologiques

Pascal MW, V; Corso, M; Laaidi, K; Le Tertre A;. Évolutions de l'exposition aux canicules et de la mortalité associée en France métropolitaine entre 1970 et 2013. Saint Maurice, France: Santé publique France, 2019.

### 4. Population exposée pendant les canicules en France métropolitaine

<b>Type d'indicateur</b>	Exposition
<b>Définition</b>	L'indicateur décrit la taille de la population exposée au moins une fois dans l'année à une canicule et répondant à la définition du Plan national canicule.
<b>Échelle géographique</b>	L'indicateur est disponible aux échelles nationale (France métropolitaine), régionale et départementale.
<b>Échelle temporelle</b>	L'indicateur est calculé à l'échelle annuelle.
<b>Méthode de calcul</b>	Les périodes de canicules correspondent à la définition du système d'alerte canicule et santé. Elles ont été recalculées à partir des températures observées, mises en regard de seuils départementaux.
<b>Accessibilité</b>	Les données détaillées sont accessibles via le portail Géodes.

<b>Sources des données et évolution</b>	Entre 1970 et 2013, les données de températures utilisées correspondent à une ré-analyse départementale spatialisée. Entre 2014 et 2018, les températures sont celles enregistrées par les stations de référence du système d'alerte canicule et santé. Les périodes de canicule sont définies par comparaison des températures minimales et maximales moyennées sur trois jours aux seuils d'alerte (à 0,5°C près).
<b>Limites</b>	L'indicateur est construit à l'échelle départementale, en s'appuyant pour les années les plus récentes sur les données d'une station de référence par département (proche du plus grand bassin de population du département). Il donne une estimation globale de l'exposition, mais peut masquer des variations locales. L'indicateur prend en compte la population résidente du département, et pas les flux touristiques.
<b>Références méthodologiques</b>	
<p>Pascal MW, V; Corso, M; Laaidi, K; Le Tertre A;. Évolutions de l'exposition aux canicules et de la mortalité associée en France métropolitaine entre 1970 et 2013. Saint Maurice, France: Santé publique France, 2019.</p> <p>Pascal M, Wagner V, Le Tertre A, Laaidi K, Honore C, Benichou F, <i>et al.</i> Definition of temperature thresholds: the example of the French heat wave warning system. International journal of biometeorology. 2013;57(1):21-9.</p>	
<b>5. Surmortalité observée pendant les canicules</b>	
<b>Type d'indicateur</b>	Impact
<b>Définition</b>	L'indicateur décrit la mortalité (toutes causes, tous âges) en excès observée pendant les canicules, par comparaison à la mortalité observée pendant les périodes équivalentes sans canicule les années antérieures.
<b>Échelle géographique</b>	L'indicateur est disponible aux échelles nationale (France métropolitaine), régionale et départementale.
<b>Échelle temporelle</b>	L'indicateur est calculé à l'échelle annuelle : les décès observés pendant l'ensemble des canicules de l'été sont sommés.
<b>Méthode de calcul</b>	<p>Les périodes de canicules correspondent à la définition du système d'alerte canicule et santé. Elles ont été recalculées à partir des températures observées, mises en regard de seuils départementaux.</p> <p>La surmortalité est estimée par comparaison aux années précédentes, selon une méthode décrite en détail par ailleurs (REF ?). Le calcul est réalisé à l'échelle départementale, puis les résultats sont agrégés pour obtenir les estimations régionales et nationales.</p> <p>Les résultats sont exprimés en nombre total de décès en excès. La valeur présentée ici est la valeur moyenne d'une série de entre 1 à 5 estimations utilisant des périodes de référence différentes (le nombre dépend de la survenue ou non de canicule dans les années précédentes).</p> <p>Le calcul impliquant une comparaison aux années précédentes, des valeurs négatives sont possibles : elles indiquent l'absence de surmortalité pendant la canicule.</p> <p>Les résultats sont exprimés en nombre de décès pour s'harmoniser avec la présentation habituelle des impacts des événements climatiques extrêmes (ex inondations, cyclones...) qui favorise les effectifs. Les informations exprimées en taux sont également disponibles sous Geodes.</p>
<b>Accessibilité</b>	Les données détaillées sont accessibles via le portail Géodes.
<b>Sources des données et évolution</b>	Entre 1970 et 2013, les données de températures utilisées correspondent à une ré-analyse départementale spatialisée. Entre 2014 et 2019, les températures sont celles enregistrées par les stations de référence du système d'alerte canicule et santé.

	Entre 1970 et 2013, les données de mortalité exhaustives sont fournies par le CépiDC. Entre 2014 et 2019, la mortalité issue d'un échantillon informatisé des communes de l'Insee est utilisée. Cette base n'étant pas exhaustive, une extrapolation a été réalisée pour obtenir une estimation complète.
<b>Limites</b>	La méthode utilisée permet d'observer une éventuelle surmortalité concomitante à une période de canicule, mais ne calcule pas formellement la part attribuable à la température. Elle a été comparée à d'autres méthodes de modélisation de la mortalité à partir de la température, et fourni un ordre de grandeur cohérent de l'impact. L'interprétation de cette indicateur doit prendre en compte les différences d'exposition d'une année à l'autre (des indicateurs dangers et expositions). Plus l'échelle géographique est fine plus les variations peuvent être importantes et difficilement interprétables. Enfin, une surmortalité associée à la chaleur est également observée en dehors des périodes de canicule, mais n'est pas prise en compte dans cet indicateur.
<b>Références méthodologiques</b>	
Pascal MW, V; Corso, M; Laaidi, K; Le Tertre A;. Évolutions de l'exposition aux canicules et de la mortalité associée en France métropolitaine entre 1970 et 2013. Saint Maurice, France: Santé publique France, 2019.	
Wagner V, Ung A, Calmet C, Pascal M. Évolution des vagues de chaleur et de la mortalité associée en France, 2004-2014. Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire. 2018(16-17):320-5.	
<b>Document méthodologique</b>	
<a href="#">Surveillance épidémiologique et prévention mises en place par santé publique France dans le cadre du plan national canicule</a>	
<b>6. Passages aux urgences pour hyperthermies/coup de chaleur</b>	
<b>Définition</b>	L'indicateur décrit le nombre de passages aux urgences pour hyperthermie chaque année, tous âges et par classe d'âge, dans les établissements hospitaliers participant au réseau Oscour®.
<b>Échelle géographique</b>	L'indicateur est disponible aux échelles nationale, régionale.
<b>Échelle temporelle</b>	L'indicateur est calculé à l'échelle annuelle, les données sont disponibles depuis 2015.
<b>Méthode de calcul</b>	Les passages observés chaque jour de l'été sont sommés
<b>Accessibilité</b>	Les données détaillées sont accessibles via le portail Géodes.
<b>Sources des données et évolution</b>	Les données proviennent du réseau de services d'urgences hospitaliers Oscour®, qui a démarré en 2004 avec quelques hôpitaux en région parisienne pour atteindre en 2019 un taux de couverture de 93,2% et un pourcentage de diagnostics codés de 75,5%. Ces chiffres peuvent varier de façon assez conséquente d'une région à l'autre. Les données sont présentées à partir de 2015, en s'appuyant sur un nombre d'établissements constants.
<b>Limites</b>	La qualité du codage est variable selon les départements et dans le temps. Les faibles effectifs et la qualité de codage ne permettant pas un rendu à une échelle départementale.
<b>Références méthodologiques</b>	
<a href="#">Santé publique France. Surveillance syndromique - Sursaud® 2019</a>	

<b>7. Vigilances canicules en France métropolitaine</b>	
<b>Définition</b>	L'indicateur décrit le nombre de jours ?de vigilances jaune, orange ou rouge canicule déclenchées chaque année par Météo-France.
<b>Échelle géographique</b>	L'indicateur est disponible aux échelles nationale (France métropolitaine), régionale et départementale.
<b>Échelle temporelle</b>	L'indicateur est calculé à l'échelle annuelle depuis 2004.
<b>Méthode de calcul</b>	À l'échelle nationale et régionale, chaque unité correspond à un jour de vigilance pour un département. À l'échelle départementale, on a directement le nombre de jours correspondants à chaque niveau de vigilance par an.
<b>Accessibilité</b>	Les données détaillées sont accessibles via Météo-France. Elles sont disponibles depuis la mise en place de la vigilance canicule en 2004.
<b>Sources des données et évolution</b>	Les données correspondent aux passages en vigilance chaque jour par Météo-France. Le recensement des jours de canicules est automatique depuis 2015. Entre 2004 et 2014, il a été réalisé manuellement, avec un risque d'erreur plus élevé.
<b>Limites</b>	l'indicateur dépend aussi du découpage administratif et de la taille de la région mais c'est un indicateur d'intervention qui est intéressant dans l'évolution temporelle. Attention toutefois aux comparaisons entre régions. Cet indicateur illustre le nombre de fois où la chaleur a été jugée suffisamment dangereuse pour en informer la population, et le nombre de fois où des actions (sans préjuger de leur nature) spécifiques ont dû être prises. Il illustre le poids de cet impact sur les différents acteurs impliqués dans le plan national canicule.

## Annexe 3 – Proposition d'indicateurs « pollution de l'air »

NB : les informations ci-dessous n'étant actuellement pas produite à l'échelle départementale par Santé publique France, à titre d'illustration les données de 18 villes du programme de surveillance air et santé sont présentées, avec une agrégation par type de climat.

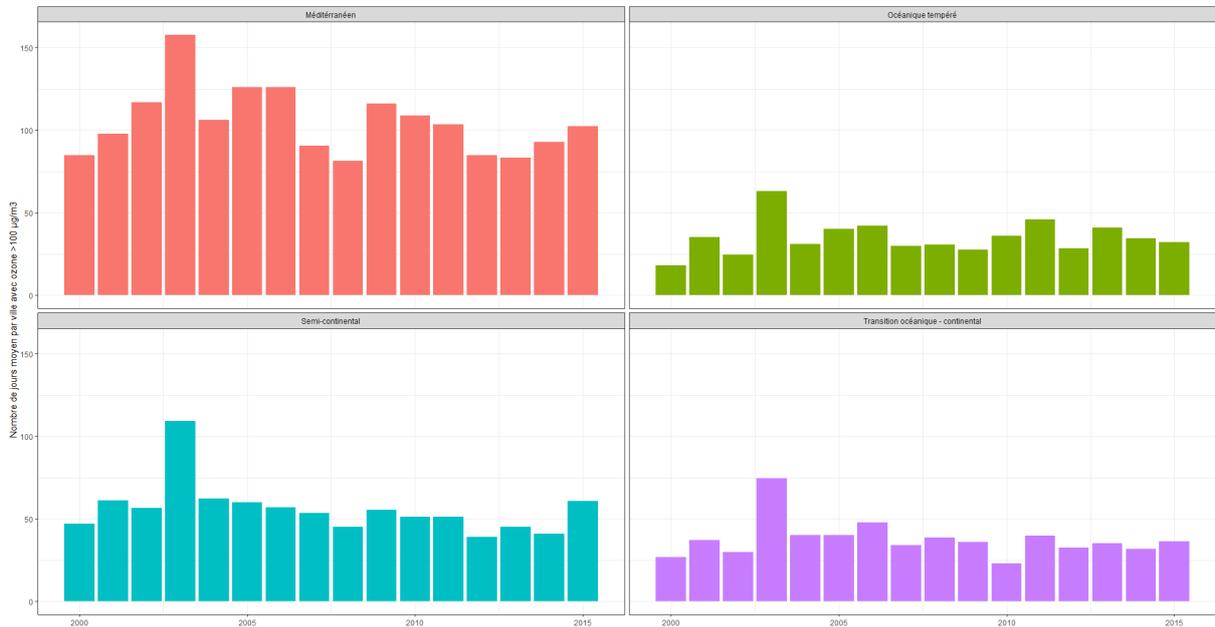
### Synthèse des indicateurs proposés

Nom	Type d'indicateur	Définition	Justifications/limites	Échelle géographique	Échelle temporelle
Nombre de jours avec des concentrations d'ozone $\geq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Danger	Nombre de jours avec des concentrations d'ozone $\geq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en moyenne sur les 18 villes du programme de surveillance air et santé	Décrit l'exposition de la population à des valeurs supérieures aux recommandations de l'OMS	Indicateur construit sur les 18 villes métropolitaines du Psas, les résultats sont présentés selon le type de climat des villes	Annuelle depuis 2000
Nombre de jours avec des concentrations d'ozone $\geq 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Danger	Nombre de jours avec des concentrations d'ozone $\geq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en moyenne sur les 18 villes du programme de surveillance air et santé	Décrit l'exposition de la population à des valeurs supérieures au seuil d'information de la réglementation française	Indicateur construit sur les 18 villes métropolitaines du Psas, les résultats sont présentés selon le type de climat des villes	Annuelle depuis 2000
Concentration annuelle de PM2.5	Danger	Concentration annuelle de PM2.5 et comparaison à la valeur guide de l'OMS	Décrit l'exposition de la population à des valeurs supérieures aux recommandations de l'OMS	Indicateur construit sur les 18 villes métropolitaines du Psas, les résultats sont présentés selon le type de climat des villes	Annuelle depuis 2008
Part de la mortalité attribuable concentrations d'ozone $\geq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Impact	Part de la mortalité attribuable aux concentrations d'ozone $\geq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , cumulée sur les 18 villes, calculée à partir de la méthode EQIS décrite dans le guide	Décrit l'impact à court-terme des concentrations de fond	Indicateur construit sur les 18 villes métropolitaines du Psas, les résultats sont présentés selon le type de climat des villes	Annuelle depuis 2000
Part de la mortalité attribuable concentrations d'ozone $\geq 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Impact	Part de la mortalité attribuable aux concentrations d'ozone $\geq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , cumulée sur les 18 villes, calculée à partir de la méthode EQIS décrite dans le guide	Décrit l'impact à court-terme des concentrations élevées	Indicateur construit sur les 18 villes métropolitaines du Psas, qui couvrent la diversité des climats rencontrés en France	Annuelle depuis 2000

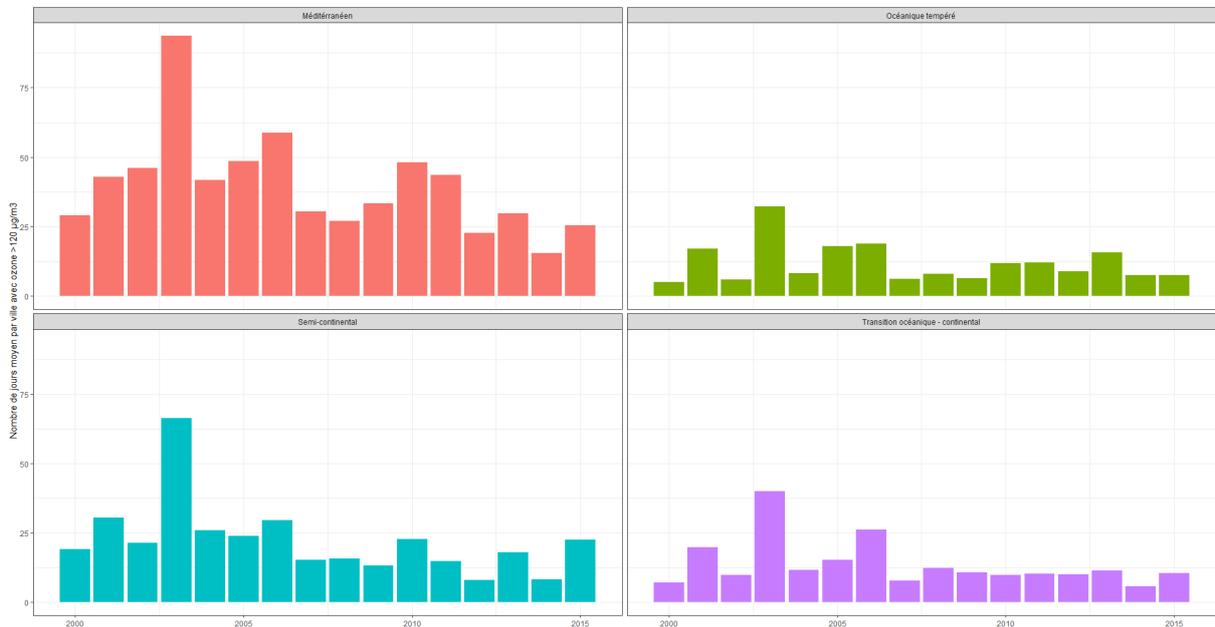
Nom	Type d'indicateur	Définition	Justifications/limites	Échelle géographique	Échelle temporelle
Part de la mortalité attribuable aux concentrations de PM2.5 ≥ 10 µg/m <sup>3</sup>	Impact	Part de la mortalité attribuable aux concentrations PM10 ≥ 20 µg/m <sup>3</sup> , cumulée sur les 18 villes, calculée à partir de la méthode EQIS décrite dans le guide	Décrit l'impact à long-terme des concentrations de fond	Indicateur construit sur les 18 villes métropolitaines du Psas, qui couvrent la diversité des climats rencontrés en France	Annuelle depuis 2007

## Illustration à l'échelle des 18 villes du programme de surveillance air et santé

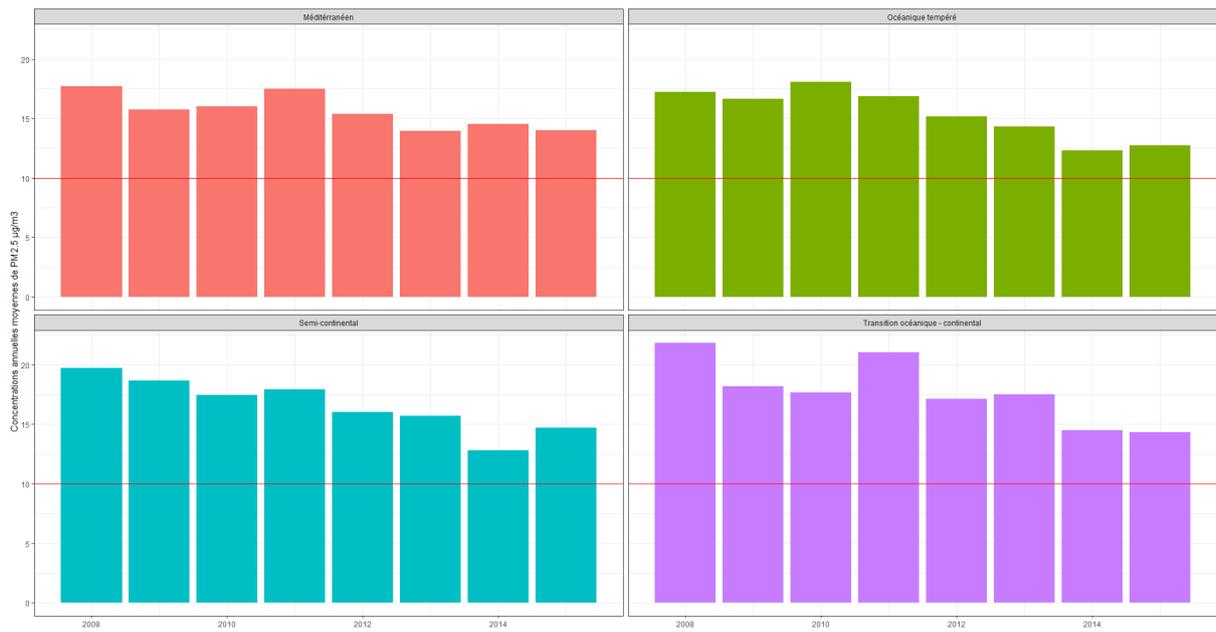
### Nombre de jours avec des concentrations d'ozone $\geq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne dans les 18 villes du programme de surveillance air et santé



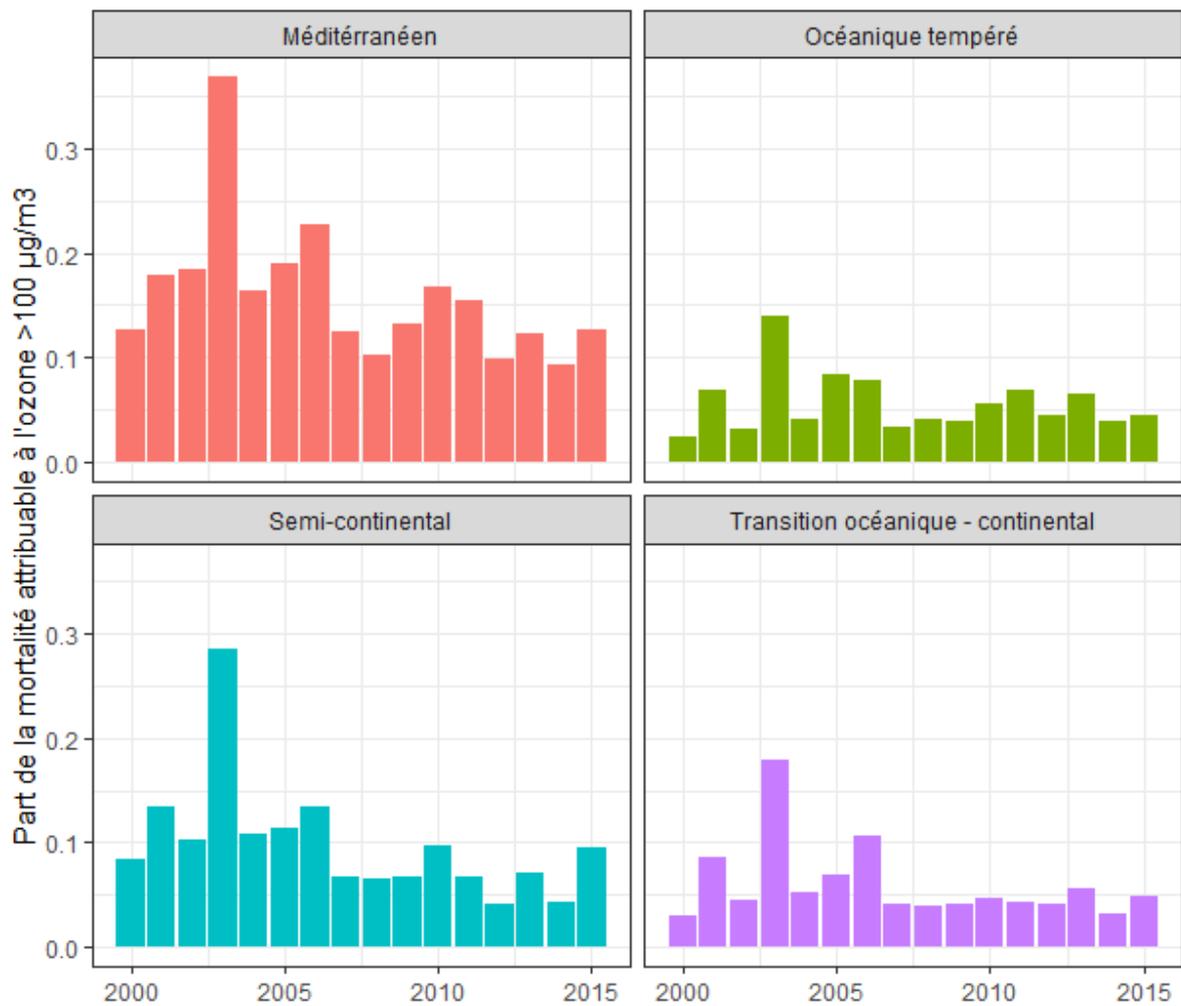
### Nombre de jours avec des concentrations d'ozone $\geq 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne dans les 18 villes du programme de surveillance air et santé



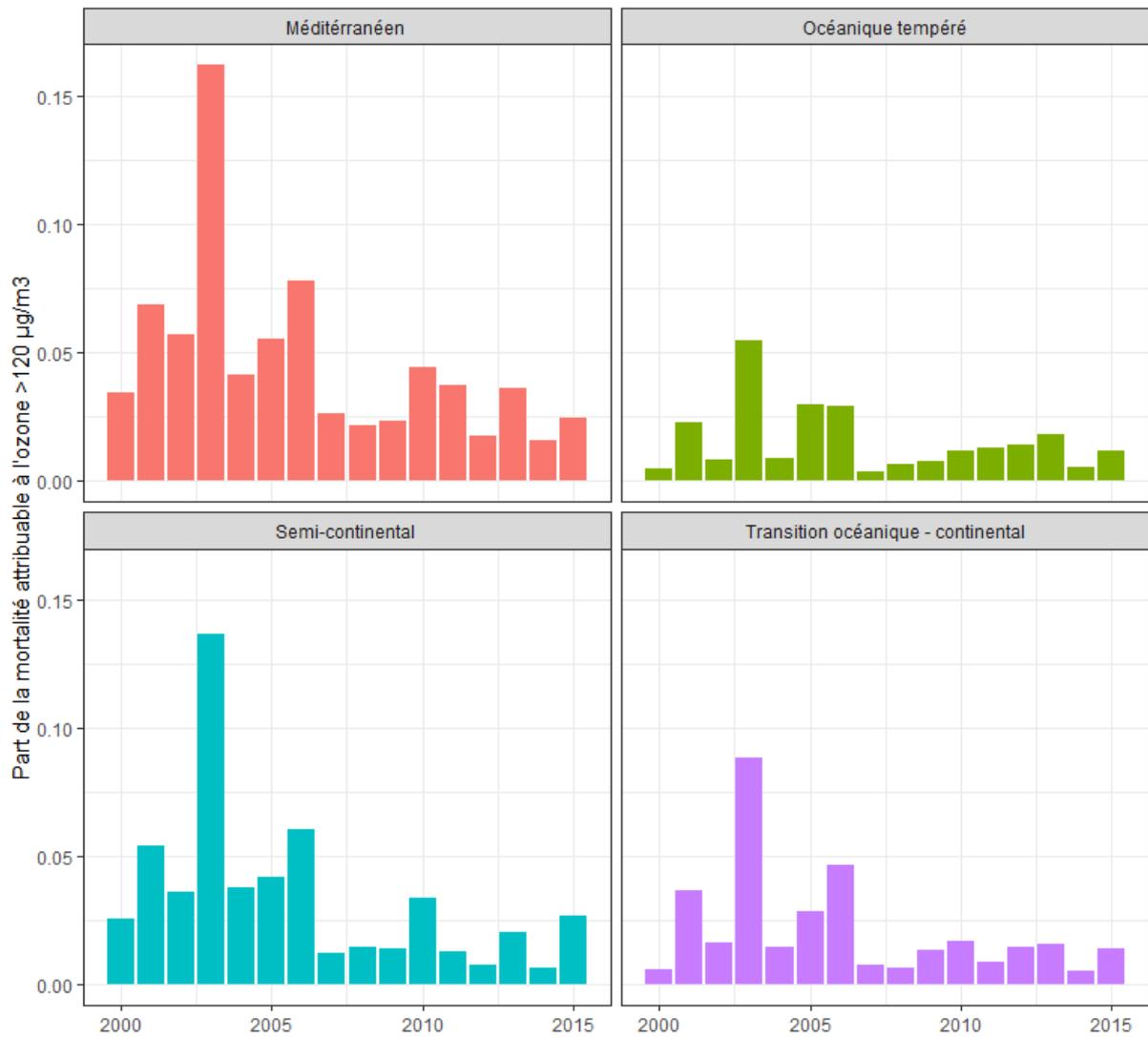
## Concentrations annuelles de PM2.5



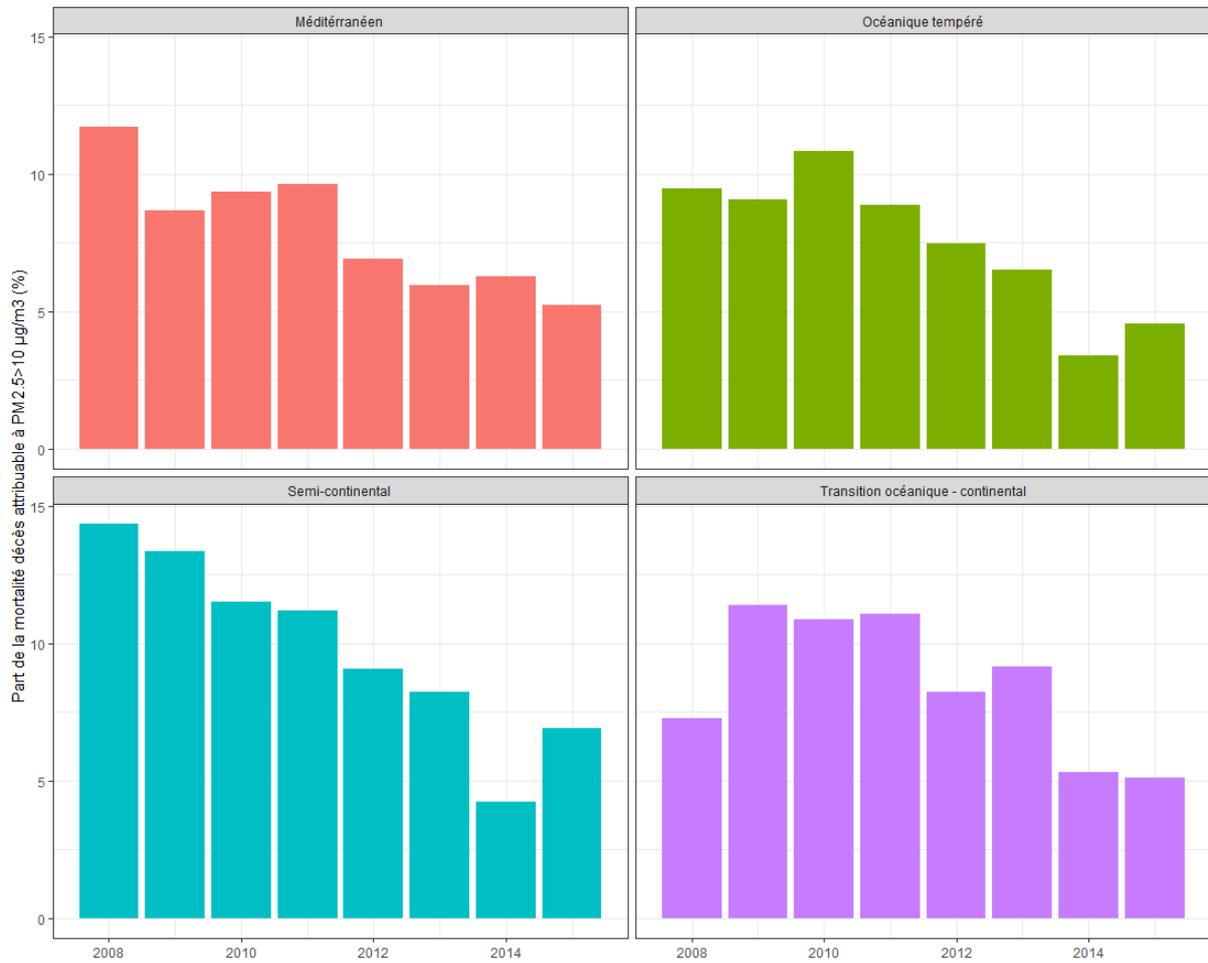
## Part de la mortalité attribuable aux concentrations d'ozone $\geq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (effets à court-terme)



**Part de la mortalité attribuable aux concentrations d'ozone  $\geq 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (effets à court-terme)**



## Part de la mortalité attribuable aux concentrations de PM2.5 ≥ 10 µg/m³ (effets à long-terme)



## Fiche de synthèse – Indicateurs pollution

### 1. Résumé des principales connaissances concernant le lien avec le changement climatique

Les températures élevées favorisent la production d'ozone. L'élévation des températures devrait en particulier provoquer une augmentation des émissions de précurseurs d'ozone (composés organiques biogéniques d'origine végétale comme l'isoprène) et stimuler les réactions photochimiques entraînant la production d'ozone. Les niveaux très élevés d'ozone observés pendant la vague de chaleur de l'été 2003 en Europe et les effets sur la santé associés, même s'ils ont été relativement marginaux par rapport à ceux liés aux températures élevées, préfigurent ce qui pourrait se produire dans le futur. L'effet des niveaux de fond d'ozone est plus discuté, en raison des effets opposés de l'augmentation de la température sur l'augmentation de la production d'ozone d'une part, et de l'augmentation des précipitations et de la charge en eau de l'atmosphère sur l'augmentation de l'élimination de l'ozone d'autre part.

Les effets du changement climatique sur les concentrations de particules sont moins bien établis : impact des incendies de forêt plus fréquents, demande plus forte d'électricité et recours accru aux centrales thermiques suggèrent cependant une tendance à l'augmentation des concentrations de particules fines. L'extension des territoires arides et l'apparition de sécheresses prolongées favoriseront aussi l'érosion éolienne et l'empoussièrisme de l'atmosphère, à l'instar des vents de sables actuels en provenance du Sahara.

### 2. Signification en termes de santé publique

La pollution de l'air a des effets avérés sur la santé, se traduisant par une augmentation du recours aux soins et de la mortalité à court-terme, et par le développement de pathologies chroniques conduisant à une mortalité à long-terme et une perte d'espérance de vie. Les impacts à long-terme sont largement supérieurs aux impacts à court-terme, et majoritairement dus à d'une exposition chronique à des concentrations faibles.

Il est particulièrement utile de poursuivre et d'intensifier les politiques publiques actuelles de réduction des émissions pour prévenir l'augmentation future de la pollution atmosphérique attribuable au changement climatique.

#### Références

Likhvar VN, Pascal M, Markakis K, Colette A, Hauglustaine D, Valari M, et al. A multi-scale health impact assessment of air pollution over the 21st century. *Sci Total Environ.* 2015:439-49.

Declercq, C., M. Pascal, O. Chanel, M. Corso, A. Ung, L. Pascal, M. Blanchard, S. Larrieu, and S. Medina. 2012. "Impact sanitaire de la pollution atmosphérique dans neuf villes françaises. Résultats du projet Aphekom." In, 33. Saint-Maurice.

### 3. Nombre de jours avec des concentrations d'ozone $\geq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (resp. $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en moyenne dans les 18 villes du Psas selon le climat

<b>Type d'indicateur</b>	Danger
<b>Définition</b>	L'indicateur écrit le nombre de jours où la concentration (maximum horaire sur 8 heures) mesurée par les stations de fond urbain et péri-urbain dépasse $100$ (resp $120$ ) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
<b>Échelle géographique</b>	l'indicateur est disponible pour chacune des 18 villes du Psas, présenté agrégé par type de climat.
<b>Échelle temporelle</b>	L'indicateur est calculé à l'échelle annuelle.
<b>Méthode de calcul</b>	Cf. référence méthodologique.
<b>Accessibilité</b>	Les données détaillées ne sont pas accessibles directement.
<b>Sources des données et évolution</b>	des évolutions de stations de mesures peuvent être observées selon les villes au cours de la période (déplacement ou fermeture de station), sans que cela n'introduise a priori de biais majeur dans les évolutions observées.
<b>Limites</b>	L'échelle géographique est peu adaptée à la prise de décision.

<b>Références méthodologiques</b>	
Corso, M, Lagarrigue, R, Medina, S, Pollution atmosphérique. Guide pour la réalisation d'une évaluation quantitative des impacts sur la santé (EQIS). EQIS avec une exposition mesurée, Santé publique France, 2019, 88 p.	
<b>4. Nombre de jours avec des concentrations de PM2.5 ≥ 10 µg/m3 en moyenne dans les 18 villes du Psas selon le climat</b>	
<b>Type d'indicateur</b>	Danger
<b>Définition</b>	L'indicateur décrit le nombre de jours où la concentration journalière mesurée par les stations de fond urbain dépasse 10 µg/m <sup>3</sup> .
<b>Échelle géographique</b>	L'indicateur est disponible pour chacune des 18 villes du Psas, présenté agrégé par type de climat.
<b>Échelle temporelle</b>	L'indicateur est calculé à l'échelle annuelle.
<b>Méthode de calcul</b>	Cf. référence méthodologique.
<b>Accessibilité</b>	Les données détaillées ne sont pas accessibles directement.
<b>Sources des données et évolution</b>	Des évolutions de stations de mesures peuvent être observées selon les villes au cours de la période (déplacement ou fermeture de station), sans que cela n'introduise a priori de biais majeur dans les évolutions observées.
<b>Limites</b>	L'échelle géographique est peu adaptée à la prise de décision.
<b>Références méthodologiques</b>	
Corso, M, Lagarrigue, R, Medina, S, Pollution atmosphérique. Guide pour la réalisation d'une évaluation quantitative des impacts sur la santé (EQIS). EQIS avec une exposition mesurée, Santé publique France, 2019, 88 p.	
<b>5. Part de la mortalité attribuable aux concentrations d'ozone ≥ 100 µg/m<sup>3</sup> (resp 120)</b>	
<b>Type d'indicateur</b>	Impact
<b>Définition</b>	L'indicateur décrit la fraction de la mortalité attribuable chaque année à une exposition à des concentrations d'ozone supérieur aux seuils, calculée à partir d'une évaluation quantitative des impacts sanitaires. Cela correspond à la mortalité qui serait évitable chaque année si les concentrations supérieures au seuil étaient ramenées au seuil, toutes choses égales par ailleurs.
<b>Échelle géographique</b>	L'indicateur est disponible pour chacune des 18 villes du Psas, présenté agrégé par type de climat.
<b>Échelle temporelle</b>	L'indicateur est calculé à l'échelle annuelle.
<b>Méthode de calcul</b>	Cf. référence méthodologique.
<b>Accessibilité</b>	Les données détaillées ne sont pas accessibles directement.
<b>Sources des données et évolution</b>	Les évolutions observées reflètent les évolutions des concentrations ainsi que celles de la mortalité annuelle (indépendamment de la pollution, i.e. on peut avoir par exemple une tendance à la hausse de la mortalité annuelle liée au vieillissement de la population).
<b>Limites</b>	L'échelle géographique est peu adaptée à la prise de décision.
<b>Références méthodologiques</b>	
Corso, M, Lagarrigue, R, Medina, S, Pollution atmosphérique. Guide pour la réalisation d'une évaluation quantitative des impacts sur la santé (EQIS). EQIS avec une exposition mesurée, Santé publique France, 2019, 88 p.	

<b>6. Part de la mortalité attribuable aux concentrations de PM2.5 ≥ 10 µg/m3</b>	
<b>Type d'indicateur</b>	Impact
<b>Définition</b>	L'indicateur décrit la fraction de la mortalité attribuable chaque année à une exposition à des concentrations de PM2.5 supérieures aux seuils, calculée à partir d'une EQIS. Cela correspond à la mortalité qui serait évitable chaque année si les concentrations supérieures au seuil étaient ramenées au seuil, toutes choses égales par ailleurs.
<b>Échelle géographique</b>	L'indicateur est disponible pour chacune des 18 villes du Psas, présenté agrégé par type de climat.
<b>Échelle temporelle</b>	L'indicateur est calculé à l'échelle annuelle.
<b>Méthode de calcul</b>	Cf. référence méthodologique.
<b>Accessibilité</b>	Les données détaillées ne sont pas accessibles directement.
<b>Sources des données et évolution</b>	Les évolutions observées reflètent les évolutions des concentrations ainsi que celles de la mortalité annuelle (indépendamment de la pollution, i.e. on peut avoir par exemple une tendance à la hausse de la mortalité annuelle liée au vieillissement de la population).
<b>Limites</b>	L'échelle géographique est peu adaptée à la prise de décision. S'agissant d'un indicateur sur une échelle annuelle, il pourra masquer des évolutions liées uniquement à des tendances sur les pics.
<b>Références méthodologiques</b>	
Corso, M, Lagarrigue, R, Medina, S, Pollution atmosphérique. Guide pour la réalisation d'une évaluation quantitative des impacts sur la santé (EQIS). EQIS avec une exposition mesurée, Santé publique France, 2019, 88 p.	

## Références bibliographiques

- [1] Giec. Aperçu général du premier rapport d'évaluation du Giec. 1990. 1-68 p.
- [2] IPCC. Special Report on Global Warming of 1.5 °C - Technical summary. Geneva ; 2018. 1:25 p. Disponible: <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- [3] climatiques NUC-cslc. Adoption de l'accord de Paris. Paris ; 2015. 1-40 p.
- [4] Changement climatique: les résultats des nouvelles simulations françaises. Paris, France: CEA, CNRS, Météo-France; 2019. p. 1:32.
- [5] Xu Y, Ramanathan V. Well below 2 °C: Mitigation strategies for avoiding dangerous to catastrophic climate changes. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2017;114(39):10315-23.
- [6] IPBES. Global assessment on biodiversity and ecosystem services of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services (IPBES) (draft version). Bonn, Germany ; 2019. XXX p. Disponible: <https://www.ipbes.net/global-assessment-biodiversity-ecosystem-services>
- [7] Pascal M, Beaudeau P, Medina S, Hamilton NC. Global Change: a Public Health Researcher's Ethical Responsibility. Current environmental health reports. 2019;6(3):160-6.
- [8] Pascal M. Impacts sanitaires du changement climatique en France. Quels enjeux pour l'InVS ? Saint-Maurice ; 2010. 80 p.
- [9] AghaKouchak A, Huning L, Chiang F, Sadegh M, Vahedifard F, Mazdiyasn O, et al. How do natural hazards cascade to cause disasters? Nature. 2018;561:458-60.
- [10] Vandyck T, Keramidis K, Kitous A, Spadaro JV, Van Dingenen R, Holland M, et al. Air quality co-benefits for human health and agriculture counterbalance costs to meet Paris Agreement pledges. Nature communications. 2018;9(1):4939.
- [11] Workman A, Blashki G, Bowen KJ, Karoly DJ, Wiseman J. The political economy of health co-benefits: Embedding health in the climate change agenda. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2018;15(4).
- [12] Chang KM, Hess JJ, Balbus JM, Buonocore JJ, Cleveland DA, Grabow ML, et al. Ancillary health effects of climate mitigation scenarios as drivers of policy uptake: A review of air quality, transportation and diet co-benefits modeling studies. Environmental Research Letters. 2017;12(11).
- [13] Smith KR, Woodward A, Campbell-Lendrum D, Chadee D, Honda Y, Liu Q, et al. Human health: impacts, adaptation and co-benefits. Climate change 2014: Impacts, adaptation and vulnerability Part A: global and sectoral aspects Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, Royaume-Uni, New York, États-Unis : Cambridge university press; 2014. p. 709-54.
- [14] Markandya A, Armstrong BG, Hales S, Chiabai A, Criqui P, Mima S, et al. Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: low-carbon electricity generation. *Lancet*. 2009.
- [15] Wilkinson P, Smith KR, Davies M, Adair H, Armstrong BG, Barrett M, et al. Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: household energy. *Lancet*. 2009.
- [16] Steffen W, Rockström J, Richardson K, Lenton TM, Folke C, Liverman D, et al. Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2018;115(33):8252-9.

- [17] Barnosky AD, Hadly EA, Bascompte J, Berlow EL, Brown JH, Fortelius M, et al. Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature*. 2012;486(7401):52-8.
- [18] Brysse K, Oreskes N, O'Reilly J, Oppenheimer M. Climate change prediction: Erring on the side of least drama? *Global Environmental Change*. 2013;23(1):327-37.
- [19] Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Belesova K, Berry H, et al. The 2018 report of the *Lancet* Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come. *Lancet* (London, England). 2018;392(10163):2479-514.
- [20] Le plan national d'adaptation au changement climatique 2. Paris, France : Ministère de la transition écologique et solidaire; 2018. 1:25 p.
- [21] ONERC. S'adapter au changement climatique [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/observatoire-national-sur-effets-du-rechauffement-climatique-onerc#e3>
- [22] Marinucci DG, Lubber G, Uejio KC, Saha S, Hess JJ. Building Resilience against Climate Effects—A Novel Framework to Facilitate Climate Readiness in Public Health Agencies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2014;11(6).
- [23] Maibach EW, Nisbet M, Baldwin P, Akerlof K, Diao G. Reframing climate change as a public health issue: An exploratory study of public reactions. *BMC Public Health*. 2010;10.
- [24] ONERC. Indicateurs du changement climatique - Santé et société [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-sante-et-societe>
- [25] HCSP. Proposition d'objectifs et d'indicateurs des résultats attendus du 3ème plan national santé environnement. HCSP; 2016. 1:186 p.
- [26] WMO. Indicators of climate change - Outcome of a meeting health at WMO 2017:1:29.
- [27] Houghton A. Developing Climate Change Environmental Public Health Indicators: Guidance for Local Health Departments : Council of state and territorial epidemiologists; 2013. 1:27 p.
- [28] Desenclos JC. Des données aux indicateurs de santé publique. 2020.
- [29] ONERC. Changement climatique impacts en France. 1:9 p.
- [30] Corvalan CK, K;. Health and environment analysis for decision making. 1995. Disponible: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/53274/WHSQ\\_1995\\_48.2\\_p71-77\\_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/53274/WHSQ_1995_48.2_p71-77_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [31] Briggs D, Corvalan C, Kjellström T, Nurminen M, Nurminen T, Schwartz E. Linkage methods for environment and health analysis. General guidelines. : 1996.
- [32] von Schirnding Y. Health in sustainable development planning: the role of indicators. Geneva 2002 : World Health Organization; 2002.
- [33] EPA U. Frequent questions about climate change indicators. 2019.
- [34] Hambling T. Environmental health indicators: development of a tool to assess and monitor the impacts of climate change on human health 2012. p. 1:48.
- [35] Desplatz RF, M;. Comment évaluer l'impact des politiques publiques? Un guide à l'usage des décideurs et des praticiens. Paris, France ; 2016. 1:72 p. Disponible: [https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/guide\\_methodologique\\_20160906web.pdf](https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/guide_methodologique_20160906web.pdf)
- [36] Hambling T, Weinstein P, Slaney D. A review of frameworks for developing environmental health indicators for climate change and health. *International journal of environmental research and public health*. 2011;8(7):2854-75.

- [37] CDC. Environmental public health indicators. 2006. 1:37 p.
- [38] Alonso Aguirre A, Basu N, Kahn LH, Morin XK, Echaubard P, Wilcox BA, et al. Transdisciplinary and social-ecological health frameworks—Novel approaches to emerging parasitic and vector-borne diseases. *Parasite Epidemiology and Control*. 2019;4:e00084.
- [39] Harrison S, Kivuti-Bitok L, Macmillan A, Priest P. EcoHealth and One Health: A theory-focused review in response to calls for convergence. *Environment International*. 2019;132.
- [40] Nicolle-Mir L. The exposome: Where are we now? *Environnement, Risques et Sante*. 2017;16(4):302-14.
- [41] écosystémiques Pisepsbls. Résumé à l'intention des décideurs du rapport sur l'évaluation mondiale de la biodiversité et des services écosystémiques de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques. Paris, France ; 2019. Disponible: [https://ipbes.net/sites/default/files/ipbes\\_7\\_10\\_add.1\\_fr.pdf](https://ipbes.net/sites/default/files/ipbes_7_10_add.1_fr.pdf)
- [42] Gorza M, Eilstein D. Outils élaborés dans la cadre du programme « Inégalités sociales de santé », 2013-2015 : Fiches « Variables socioéconomiques », fiches « Indices de désavantage social », éléments de compréhension de la notion de vulnérabilité en santé publique. Saint-Maurice : Santé publique France; 2018. 108 p. p.
- [43] EPA. A summary of general assessment factors for evaluating the quality of scientific and technical information. 2003. 1:18 p. Disponible: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-01/documents/assess2.pdf>
- [44] EPA. Climate change indicators in the United States - Technical documentation overview. 2016:1:15.
- [45] Pascal M. Dialogue session Health and Climate Change. Our common future under climate change; Paris, France: Unesco; 2015. p. 1:5.
- [46] Allaire C, Ruel J. Communiquer pour tous : Guide pour une information accessible. Saint-Maurice : Santé publique France; 2018. Disponible: <http://www.inpes.sante.fr/CFESBases/catalogue/detaildoc.asp?numfiche=1844>
- [47] Stocker T, Qin D, Plattner G, Tignor M, Allen S, Boschung J, et al. IPCC, 2013: climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, Royaume-Uni, New York, États-Unis : Cambridge University Press; 2013. p. 1:1535.
- [48] Pascal M, Laaidi K, Beaudeau P. Le changement climatique met-il en cause la santé publique en France ? L'exemple de la chaleur. *LIREC*. 2017(54):4 p.
- [49] Pascal MW, V; Corso, M; Laaidi, K; Le Tertre A; . Evolutions de l'exposition aux canicules et de la mortalité associée en France métropolitaine depuis 1970. 2019.
- [50] Guo Y, Gasparini A, Li S, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho M, et al. Quantifying excess deaths related to heatwaves under climate change scenarios: A multicountry time series modelling study. *PLoS Medicine*. 2018;15(7).
- [51] Vicedo-Cabrera AM, Guo Y, Sera F, Huber V, Schleussner CF, Mitchell D, et al. Temperature-related mortality impacts under and beyond Paris Agreement climate change scenarios. *Climatic Change*. 2018;150(3-4):391-402.
- [52] Pascal M, de Crouy Chanel P, Wagner V, Corso M, Tillier C, Bentayeb M, et al. The mortality impacts of fine particles in France. *Science of the Total Environment*. 2016;571:416-25.
- [53] Likhvar VN, Pascal M, Markakis K, Colette A, Hauglustaine D, Valari M, et al. A multi-scale health impact assessment of air pollution over the 21st century. *Sci Total Environ*. 2015:439-49.
- [54] Planton S. Giec 2013:Glossaire. Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis d'Amérique ; 2013. 1/20 p.

- [55] biologique Csl. Article 2 de la Convention sur la diversité biologique. 1992.
- [56] The *Lancet* Planetary H. The bigger picture of planetary health. The *Lancet* Planetary Health. 2019;3(1):e1.
- [57] Santé Omdl. Préambule à la Constitution de l'Organisation mondiale de la Santé, tel qu'adopté par la Conférence internationale sur la Santé, New York, 19 juin -22 juillet 1946; signé le 22 juillet 1946 par les représentants de 61 Etats. (Actes officiels de l'Organisation mondiale de la Santé, n°. 2, p. 100) et entré en vigueur le 7 avril 1948. New York, États-Unis d'Amérique ; 1946.
- [58] santé Omdl. Déclaration d'Helsinki sur l'environnement et la santé. Helsinki, Finlande ; 1994. Disponible: [http://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0016/113326/Helsinki-Declaration-Action-Environment-Health-in-Europe-fr.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0016/113326/Helsinki-Declaration-Action-Environment-Health-in-Europe-fr.pdf?ua=1)
- [59] Météo-France. Les vents violents et les tempêtes [En ligne]. : . [modifié le ; cité le 2020]. Disponible: <http://www.meteofrance.fr/prevoir-le-temps/phenomenes-meteo/les-tempetes#>
- [60] hospitals Ldoha. ; 2016. 1:33 p. Disponible: [http://www.ldh.la.gov/assets/oph/Center-EH/envepi/occ\\_health/Documents/Indicators\\_of\\_Climate\\_Change\\_Louisiana\\_2016\\_FINAL.PDF](http://www.ldh.la.gov/assets/oph/Center-EH/envepi/occ_health/Documents/Indicators_of_Climate_Change_Louisiana_2016_FINAL.PDF)
- [61] health Cdop. Current wildfire risk [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/WildfireZone\\_786\\_Narrative\\_11-8-2016.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/WildfireZone_786_Narrative_11-8-2016.pdf)
- [62] health Cdop. Current drought risk [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/Drought\\_802\\_Narrative\\_11-8-2016.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/Drought_802_Narrative_11-8-2016.pdf)
- [63] health Cdop. Sea level rise [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/Sealevelrise\\_Narrative\\_11-1-2016.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/Sealevelrise_Narrative_11-1-2016.pdf)
- [64] EEA. Indicators - Floods and health. 2019.
- [65] health Cdop. Children <5 years [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/Children0to4\\_788\\_Narrative.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/Children0to4_788_Narrative.pdf)
- [66] health Cdop. Population aged >65 [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/Elderly\\_789\\_Narrative.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/Elderly_789_Narrative.pdf)
- [67] health Cdop. Poverty rate [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/HCI/ADA%20Compliant%20Documents/HCI\\_PovertyRate\\_754\\_Narrative\\_03-26-2019.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/HCI/ADA%20Compliant%20Documents/HCI_PovertyRate_754_Narrative_03-26-2019.pdf)
- [68] health Cdop. Car ownership [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/CarOwnership\\_37\\_Narrative\\_9-6-16.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/CarOwnership_37_Narrative_9-6-16.pdf)
- [69] health Cdop. Linguistic isolation [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE\\_LinguisticIsolation\\_Narrative\\_11-15-2016.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE_LinguisticIsolation_Narrative_11-15-2016.pdf)
- [70] health Cdop. Disability [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE\\_Disability\\_Narrative\\_795\\_11-16-2016.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE_Disability_Narrative_795_11-16-2016.pdf)
- [71] health Cdop. Health insurance [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE\\_Insurance\\_187\\_Narrative\\_11-29-2016.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE_Insurance_187_Narrative_11-29-2016.pdf)

- [72] health Cdop. Violent crime rate [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE\\_Insurance\\_187\\_Narrative\\_11-29-2016.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE_Insurance_187_Narrative_11-29-2016.pdf)
- [73] health Cdop. Educational attainment [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/HCI/ADA%20Compliant%20Documents/HCI\\_EducationAttainment\\_Narrative\\_355\\_8-8-17-ADA.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/HCI/ADA%20Compliant%20Documents/HCI_EducationAttainment_Narrative_355_8-8-17-ADA.pdf)
- [74] EPA. Climate change indicators: heating and cooling degree days [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-heating-and-cooling-degree-days>
- [75] health Cdop. Extreme heat days [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE\\_ExtremeHeat\\_Narrative.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE_ExtremeHeat_Narrative.pdf)
- [76] SEHIC. State environmental health indicators collaborative - climate change indicators - Maximum, minimum and diurnal temperature. 2013. Disponible: <https://cdn.ymaws.com/www.cste.org/resource/resmgr/EnvironmentalHealth/3-MaxMinDiurnalTemperature.pdf>
- [77] health Cdop. Air conditioning [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/AirConditioning\\_797\\_Narrative\\_12-14-2016.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/AirConditioning_797_Narrative_12-14-2016.pdf)
- [78] EPA. Climate change Indicators: heat-related deaths [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-heat-related-deaths>
- [79] EPA. Climate change indicators : heat-related illnesses [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: <https://www.epa.gov/climate-indicators/heat-related-illnesses>
- [80] SEHIC. State environmental health indicators collaborative - climate change indicators - Rate of heat deaths and hospitalisations and emergency room visits during summer months. 2013. Disponible: <https://cdn.ymaws.com/www.cste.org/resource/resmgr/EnvironmentalHealth/7-RateofHeatDeathsHospitaliz.pdf>
- [81] SEHIC. State environmental health indicators collaborative - climate change indicators - Access to cooling centers. 2013. Disponible: [https://cdn.ymaws.com/www.cste.org/resource/resmgr/EnvironmentalHealth/16-Cooling\\_centers.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.cste.org/resource/resmgr/EnvironmentalHealth/16-Cooling_centers.pdf)
- [82] health Cdop. Tree canopy [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE\\_TreeCanopy\\_458\\_Narrative\\_12-5-2016.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE_TreeCanopy_458_Narrative_12-5-2016.pdf)
- [83] health Cdop. Impervious surface [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/ImperviousSurfaces\\_423\\_Narrative\\_12-2-2016.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/ImperviousSurfaces_423_Narrative_12-2-2016.pdf)
- [84] SEHIC. State environmental health indicators collaborative - climate change indicators - Number of municipal heat island mitigation projects and plans. 2013. Disponible: [https://cdn.ymaws.com/www.cste.org/resource/resmgr/EnvironmentalHealth/17-Heat\\_Island\\_Mitigation\\_Pl.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.cste.org/resource/resmgr/EnvironmentalHealth/17-Heat_Island_Mitigation_Pl.pdf)
- [85] health Cdop. Outdoor workers [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE\\_OutdoorsWorkers\\_Narrative\\_790\\_12-5-2016.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE_OutdoorsWorkers_Narrative_790_12-5-2016.pdf)

- [86] health Cdop. Fine particulate air pollution [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE\\_PM2\\_5\\_776\\_Narrative.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE_PM2_5_776_Narrative.pdf)
- [87] EEA. Indicators - Air pollution due to ozone: health impacts and effects of climate change. 2019.
- [88] health Cdop. Ozone air pollution [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE\\_Ozone\\_801\\_Narrative.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/BRACE_Ozone_801_Narrative.pdf)
- [89] EPA. Climate change indicators: ragweed pollen season [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-ragweed-pollen-season>
- [90] SEHIC. State environmental health indicators collaborative - climate change indicators - Allergic disease. 2013. Disponible: <https://cdn.ymaws.com/www.cste.org/resource/resmgr/EnvironmentalHealth/11-AllergicDiseasefinal2.pdf>
- [91] health Cdop. Walkable distance to high quality public transit [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: [https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/HCI\\_RailFerryBus\\_51\\_Narrative\\_and\\_examples\\_11-26-13SoCal\\_MTC\\_Sac.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/CDPH%20Document%20Library/CHVIs/HCI_RailFerryBus_51_Narrative_and_examples_11-26-13SoCal_MTC_Sac.pdf)
- [92] EEA. Indicators - Vector-borne diseases [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/vector-borne-diseases-2/assessment>
- [93] SEHIC. State environmental health indicators collaborative - climate change indicators - Positive test results in sentinels and reservoirs. 2013. Disponible: <https://cdn.ymaws.com/www.cste.org/resource/resmgr/EnvironmentalHealth/6-PositiveTestResultsinSenti.pdf>
- [94] EPA. Climate change indicators: Lyme disease [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-lyme-disease>
- [95] EPA. Climate change indicators: West Nile virus [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-west-nile-virus>
- [96] SEHIC. State environmental health indicators collaborative - climate change indicators - Human cases of West Nile virus. 2013. Disponible: <https://cdn.ymaws.com/www.cste.org/resource/resmgr/EnvironmentalHealth/10HumanCasesofWestNileVirus2.pdf>
- [97] EEA. Indicators - Water and food-borne diseases [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/water-and-food-borne-diseases-1/assessment>
- [98] SEHIC. State environmental health indicators collaborative - climate change indicators - Development of state adaptation plan. 2013. Disponible: <https://cdn.ymaws.com/www.cste.org/resource/resmgr/EnvironmentalHealth/15-DevelopmentJMedits02Oct15.pdf>
- [99] SEHIC. State environmental health indicators collaborative - climate change indicators - Number of health surveillance systems related to climate change. 2013. Disponible: [https://cdn.ymaws.com/www.cste.org/resource/resmgr/EnvironmentalHealth/18-Health\\_Surveillance\\_Systems.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.cste.org/resource/resmgr/EnvironmentalHealth/18-Health_Surveillance_Systems.pdf)
- [100] SEHIC. State environmental health indicators collaborative - climate change indicators - Level of climate change expertise in public health workforce. 2013. Disponible: <https://cdn.ymaws.com/www.cste.org/resource/resmgr/EnvironmentalHealth/19-NumbPublicHealthWorkforce.pdf>

[101] health CDop. Climate change and health vulnerability indicators for California [En ligne]. : 2019. [modifié le ; cité le]. Disponible: <https://www.cdph.ca.gov/Programs/OHE/Pages/CC-Health-Vulnerability-Indicators.aspx#>

[102] climatique Ondedr. Les indicateurs du changement climatique. Onerc web site [En ligne]. 2011 ; . Disponible: <http://www.onerc.org/fr/indicateurs>

[103] Pascal M, Wagner V, Le Tertre A, Laaidi K, Honoré C, Bânichou F, et al. Definition of temperature thresholds: The example of the French heat wave warning system. International Journal of Biometeorology. 2013;57(1):21-9.