

Université de Poitiers
Faculté de Médecine et de Pharmacie

ANNÉE 2021

Thèse n°

THÈSE
POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE
(Arrêté du 17 juillet 1987)
et

MÉMOIRE
DU DIPLÔME D'ÉTUDES SPÉCIALISÉES
D'INNOVATION PHARMACEUTIQUE ET RECHERCHE
(Décret 88-996 du 19 octobre 1988)

présentée et soutenue publiquement
le 13 Septembre 2021 à POITIERS
par Monsieur GUIHENNEUC-LENZ Jérémy

**Changement climatique :
Quels risques pour les établissements de santé ?**

Composition du jury :

Président :

Monsieur DUPUIS Antoine, Professeur à l'Université de Poitiers

Membres :

Madame AYRAUD-THEVENOT Sarah, MCU-PH au CHU de Poitiers

Madame GOURIEUX Bénédicte, PH au CHU de Strasbourg

Monsieur JOURDAIN Bernard, Responsable au CH de Niort

Madame MIGEOT Virginie, PU-PH au CHU de Poitiers

Madame SAUTOU Valérie, PU-PH au CHU de Clermont-Ferrand

Directrice et co-directrice de thèse :

Madame AYRAUD-THEVENOT Sarah, MCU-PH au CHU de Poitiers

Madame MIGEOT Virginie, PU-PH au CHU de Poitiers

PHARMACIE

Professeurs

- CARATO Pascal, PU, chimie thérapeutique
- COUET William, PU-PH, pharmacie clinique
- DUPUIS Antoine, PU-PH, pharmacie clinique
- FAUCONNEAU Bernard, PU, toxicologie
- GUILLARD Jérôme, PU, pharmacochimie
- IMBERT Christine, PU, parasitologie
- MARCHAND Sandrine, PU-PH, pharmacocinétique
- OLIVIER Jean Christophe, PU, galénique
- PAGE Guylène, PU, biologie cellulaire
- RABOUAN Sylvie, PU, chimie physique, chimie analytique
- RAGOT Stéphanie, PU-PH, santé publique
- SARROUILHE Denis, PU, physiologie
- SEGUIN François, PU, biophysique, biomathématiques

Maîtres de Conférences

- BARRA Anne, MCU-PH, immunologie-hématologie
- BARRIER Laurence, MCU, biochimie
- BODET Charles, MCU, bactériologie (HDR)
- BON Delphine, MCU, biophysique
- BRILLAULT Julien, MCU, pharmacocinétique, biopharmacie
- BUYCK Julien, MCU, microbiologie,
- CHARVET Caroline, MCU, physiologie
- CHAUZY Alexia, MCU, pharmacologie fondamentale et thérapeutique
- DEBORDE-DELAGE Marie, MCU, sciences physico-chimiques
- DELAGE Jacques, MCU, biomathématiques, biophysique
- FAVOT-LAFORGE Laure, MCU, biologie cellulaire et moléculaire (HDR)

- GIRARDOT Marion, MCU, biologie végétale et pharmacognosie
- GREGOIRE Nicolas, MCU, pharmacologie (HDR)
- HUSSAIN Didja, MCU, pharmacie galénique (HDR)
- INGRAND Sabrina, MCU, toxicologie
- MARIVINGT-MOUNIR Cécile, MCU, pharmacochimie
- PAIN Stéphanie, MCU, toxicologie (HDR)
- RIOUX BILAN Agnès, MCU, biochimie
- THEVENOT Sarah, MCU-PH, hygiène et santé publique
- TEWES Frédéric, MCU, chimie et pharmacochimie
- THOREAU Vincent, MCU, biologie cellulaire
- WAHL Anne, MCU, chimie analytique

Maîtres de Conférences Associés - officine

- DELOFFRE Clément, pharmacien
- ELIOT Guillaume, pharmacien
- HOUNKANLIN Lydwin, pharmacien

A.T.E.R. (attaché temporaire d'enseignement et de recherche)

- MIANTEZILA BASILUA Joe, épidémiologie et santé publique

Enseignants d'anglais

- DEBAIL Didier

LISTE DES ENSEIGNANTS DE MEDECINE

Professeurs des Universités-Praticiens Hospitaliers

- BOULETI Claire, cardiologie
- BOURMEYSTER Nicolas, biologie cellulaire
- BRIDOUX Frank, néphrologie
- BURUCOA Christophe, bactériologie – virologie
- CHEZE-LE REST Catherine, biophysique et médecine nucléaire
- CHRISTIAENS Luc, cardiologie
- CORBI Pierre, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- DAHYOT-FIZELIER Claire, anesthésiologie – réanimation
- DEBAENE Bertrand, anesthésiologie réanimation
- DEBIAIS Françoise, rhumatologie
- DROUOT Xavier, physiologie
- DUFOUR Xavier, Oto-Rhino-Laryngologie
- FAURE Jean-Pierre, anatomie
- FRASCA Denis, anesthésiologie-réanimation
- FRITEL Xavier, gynécologie-obstétrique
- GERVAIS Elisabeth, rhumatologie
- GICQUEL Ludovic, pédopsychiatrie
- GILBERT Brigitte, génétique
- GOMBERT Jean-Marc, immunologie
- GOUJON Jean-Michel, anatomie et cytologie pathologiques
- GUILLEVIN Rémy, radiologie et imagerie médicale
- HAUET Thierry, biochimie et biologie moléculaire
- INGRAND Pierre, biostatistiques, informatique médicale
- ISAMBERT Nicolas, cancérologie
- JAAFARI Nematollah, psychiatrie d'adultes
- JABER Mohamed, cytologie et histologie
- JAYLE Christophe, chirurgie thoracique t cardio-vasculaire
- KARAYAN-TAPON Lucie, cancérologie
- KEMOUN Gilles, médecine physique et de réadaptation (**en disponibilité**)
- KRAIMPS Jean-Louis, chirurgie générale
- LECLERE Franck, chirurgie plastique, reconstructrice
- LECRON Jean-Claude, biochimie et biologie moléculaire
- LELEU Xavier, hématologie
- LEVARD Guillaume, chirurgie infantile
- LEVEQUE Nicolas, bactériologie-virologie
- LEVEZIEL Nicolas, ophtalmologie
- MACCHI Laurent, hématologie
- MCHEIK Jiad, chirurgie infantile
- MEURICE Jean-Claude, pneumologie
- MIGEOT Virginie, santé publique
- MILLOT Frédéric, pédiatrie, oncologie pédiatrique
- MIMOZ Olivier, anesthésiologie – réanimation
- NEAU Jean-Philippe, neurologie
- ORIOU Denis, pédiatrie
- PACCALIN Marc, gériatrie
- PERAULT-POCHAT Marie-Christine, pharmacologie clinique
- PERDRISOT Rémy, biophysique et médecine nucléaire
- PIERRE Fabrice, gynécologie et obstétrique
- PRIES Pierre, chirurgie orthopédique et traumatologique
- RAMMAERT-PALTRIE Blandine, maladies infectieuses
- RICHER Jean-Pierre, anatomie
- RIGOUARD Philippe, neurochirurgie
- ROBERT René, réanimation

- ROBLOT France, maladies infectieuses, maladies tropicales
- ROBLOT Pascal, médecine interne
- RODIER Marie-Hélène, parasitologie et mycologie (**retraite 01/03/2021**)
- SAULNIER Pierre-Jean, thérapeutique
- SCHNEIDER Fabrice, chirurgie vasculaire
- SILVAIN Christine, hépato-gastro-entérologie
- TASU Jean-Pierre, radiologie et imagerie médicale
- THIERRY Antoine, néphrologie
- THILLE Arnaud, réanimation
- TOUGERON David, gastro-entérologie
- WAGER Michel, neurochirurgie
- XAVIER Jean, pédopsychiatrie

Maîtres de Conférences des Universités-Praticiens Hospitaliers

- ALBOUY-LLATY Marion, santé publique (**en mission 2020/21**)
- ALLAIN Géraldine, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- BEBY-DEFAUX Agnès, bactériologie – virologie (**en cours d'intégration PH**)
- BEN-BRIK Eric, médecine du travail (**en détachement**)
- BILAN Frédéric, génétique
- BOISSON Matthieu, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire (**en mission 1 an à/c nov.2020**)
- CASTEL Olivier, bactériologie - virologie – hygiène
- CAYSSIALS Emilie, hématologie
- COUDROY Rémy, réanimation
- CREMNITER Julie, bactériologie – virologie
- DIAZ Véronique, physiologie
- FROUIN Eric, anatomie et cytologie pathologiques
- GACHON Bertrand, gynécologie-obstétrique
- GARCIA Magali, bactériologie-virologie
- JAVAUGUE Vincent, néphrologie
- KERFORNE Thomas, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- LAFAY-CHEBASSIER Claire, pharmacologie clinique
- LIUU Evelyne, gériatrie
- MARTIN Mickaël, médecine interne
- PALAZZO Paola, neurologie (**en dispo 1 an**)
- PERRAUD Estelle, parasitologie et mycologie
- SAPANET Michel, médecine légale
- THUILLIER Raphaël, biochimie et biologie moléculaire

Professeur des universités

- PELLERIN Luc, biochimie et biologie moléculaire

Professeur des universités de médecine générale

- BINDER Philippe

Professeurs associés de médecine générale

- BIRAULT François
- FRECHE Bernard
- MIGNOT Stéphanie
- PARTHENAY Pascal
- VALETTE Thierry
- VICTOR-CHAPLET Valérie

Maîtres de Conférences associés de médecine générale

- AUDIER Pascal
- ARCHAMBAULT Pierrick
- BRABANT Yann
- JEDAT Vincent

Enseignants d'Anglais

- DEBAIL Didier, professeur certifié

Professeurs émérites

- CARRETIER Michel, chirurgie générale (08/2021)
- GIL Roger, neurologie (08/2023)
- GOMES DA CUNHA José, médecine générale (08/2021)
- GUILHOT-GAUDEFFROY François, hématologie et transfusion (08/2023)
- HERPIN Daniel, cardiologie (08/2023)
- KITZIS Alain, biologie cellulaire (16/02/2021)
- MARECHAUD Richard, médecine interne (24/11/2023)
- MAUCO Gérard, biochimie et biologie moléculaire (08/2021)
- RICCO Jean-Baptiste, chirurgie vasculaire (08/2022)
- SENON Jean-Louis, psychiatrie d'adultes (08/2023)
- TOUCHARD Guy, néphrologie (08/2021)

Professeurs et Maîtres de Conférences honoraires

- AGIUS Gérard, bactériologie-virologie
- ALCALAY Michel, rhumatologie
- ALLAL Joseph, thérapeutique (ex-émérite)
- ARIES Jacques, anesthésiologie-réanimation
- BABIN Michèle, anatomie et cytologie pathologiques
- BABIN Philippe, anatomie et cytologie pathologiques
- BARBIER Jacques, chirurgie générale (ex-émérite)
- BARRIERE Michel, biochimie et biologie moléculaire
- BECQ-GIRAUDON Bertrand, maladies infectieuses, maladies tropicales (ex-émérite)
- BEGON François, biophysique, médecine nucléaire
- BOINOT Catherine, hématologie – transfusion
- BONToux Daniel, rhumatologie (ex-émérite)
- BURIN Pierre, histologie
- CASTETS Monique, bactériologie -virologie – hygiène
- CAVELLIER Jean-François, biophysique et médecine nucléaire
- CHANSIGAUD Jean-Pierre, biologie du développement et de la reproduction
- CLARAC Jean-Pierre, chirurgie orthopédique
- DABAN Alain, cancérologie radiothérapie (ex-émérite)
- DAGREGORIO Guy, chirurgie plastique et reconstructrice
- DESMAREST Marie-Cécile, hématologie
- DEMANGE Jean, cardiologie et maladies vasculaires
- DORE Bertrand, urologie (ex-émérite)
- EUGENE Michel, physiologie (ex-émérite)
- FAUCHERE Jean-Louis, bactériologie-virologie (ex-émérite)
- FONTANEL Jean-Pierre, Oto-Rhino Laryngologie (ex-émérite)
- GRIGNON Bernadette, bactériologie
- GUILLARD Olivier, biochimie et biologie moléculaire
- GUILLET Gérard, dermatologie
- JACQUEMIN Jean-Louis, parasitologie et mycologie médicale
- KAMINA Pierre, anatomie (ex-émérite)
- KLOSSEK Jean-Michel, Oto-Rhino-Laryngologie
- LAPIERRE Françoise, neurochirurgie (ex-émérite)
- LARSEN Christian-Jacques, biochimie et biologie moléculaire
- LEVILLAIN Pierre, anatomie et cytologie pathologiques
- MAIN de BOISSIERE Alain, pédiatrie
- MARCELLI Daniel, pédopsychiatrie (ex-émérite)
- MARILLAUD Albert, physiologie
- MENU Paul, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire (ex-émérite)
- MORICHAU-BEAUCHANT Michel, hépato-gastro-entérologie
- MORIN Michel, radiologie, imagerie médicale
- PAQUEREAU Joël, physiologie
- POINTREAU Philippe, biochimie
- POURRAT Olivier, médecine interne (ex-émérite)
- REISS Daniel, biochimie
- RIDEAU Yves, anatomie
- SULTAN Yvette, hématologie et transfusion
- TALLINEAU Claude, biochimie et biologie moléculaire
- TANZER Joseph, hématologie et transfusion (ex-émérite)
- TOURANI Jean-Marc, cancérologie
- VANDERMARCQ Guy, radiologie et imagerie médicale



© UNICEF/UN0286416/Akash

Remerciements

Au Professeur Antoine DUPUIS, pour l'honneur que vous me faites de présider ce jury, pour votre accueil, et vos conseils durant l'internat. Je suis impatient de nos projets futurs sur la santé environnementale.

Au Docteur Sarah THEVENOT, pour avoir accepté de diriger cette thèse ; ton accompagnement constant durant l'internat, ta disponibilité, ton investissement au quotidien, tes conseils avisés, ton dynamisme et ta rigueur ont guidé mon internat. Pour la route qui s'ouvre et nos projets futurs. Tu es un exemple à suivre, et je veillerai à ce que tu puisses être fière de mes travaux. Pour ton soutien et ton écoute bienveillante, pour tes enseignements tant professionnels qu'humains et pour tout le reste, un immense merci !

Au Professeur Virginie MIGEOT, pour avoir accepté de co-diriger cette thèse et d'avoir rendu la thématique du changement climatique possible à Poitiers. Pour votre accueil et accompagnement bienveillant en Santé Publique et votre investissement. Votre humanité et votre idée de la « Santé Publique » forment le socle de mes réflexions. Vous avez rendu l'ensemble du projet possible, vous avez accompagné et soutenu chaque étape. Les nombreuses thématiques vues au cours de l'internat de Santé publique à Poitiers ont été une grande opportunité pour trouver notre voie. Merci pour votre confiance, je tâcherai de porter haut la voix de la Santé Publique. En espérant de nombreux projets futurs ensemble !

Au Docteur Bénédicte GOURIEUX, pour avoir accepté de juger ce travail, recevez toute ma gratitude. J'espère que nous pourrons continuer d'échanger à l'avenir.

A Monsieur Bernard JOURDAIN, pour avoir accepté de juger ce travail, pour nous encourager et nous accompagner sur le thème du développement durable. Tes conseils me sont précieux, et tes connaissances et ton expérience sur le sujet nous indiquent le cap à suivre. C'est une chance que de pouvoir échanger régulièrement avec toi.

Au Professeur Valérie SAUTOU, pour avoir accepté de juger ce travail, recevez toute ma gratitude. En espérant que nous puissions à l'avenir travailler sur le développement durable en santé et le changement climatique.

A tous les enseignants et professionnels de santé qui dans mon parcours m'ont guidé, inspiré, provoqué et qui m'ont ainsi aidé à trouver ma voie, celle de la santé publique et de la santé globale.

A l'ensemble des personnels du site ANRS/ Programme PAC-CI et du CHU de Treichville à Abidjan, Côte d'Ivoire, pour votre partage d'expérience concernant les maladies infectieuses à fort potentiel épidémique et pour les échanges et conversations que nous poursuivons aujourd'hui sur la Santé Publique. Certaines rencontres, certains combats et certaines situations marquent une vie. Votre rencontre et nos échanges ont marqué la mienne.

A Benji (B.) et Estelle (E.) et tous mes amis et bénévoles à la Croix-Rouge Française de Paris, pour votre énergie et votre dévouement. C'est une chance d'avoir croisé votre chemin et de poursuivre nos actions ensemble. Pour les missions effectuées et celles à venir. Merci à l'ensemble des bénévoles engagés au quotidien pour l'accès à la santé et la santé pour tous.

Au service de Santé Publique et l'équipe opérationnelle d'Hygiène Hospitalière, Marion, Ophélie, Christelle, Sandra, Stéphanie, Anne-So *and co.*, et Anne, Fred', Flo', Chacha', et Cindy pour votre accompagnement, votre partage d'expérience et les bons moments.

A tous mes co-internes (médecine et pharmacie) et membres des différents bureaux de l'Association des Internes en Pharmacie de Poitiers, pour votre énergie, les sorties et votre sens du collectif qui auront rythmés l'internat.

A Guigui, Lulu, Caro et Chloé, pour votre amitié, votre générosité, votre enthousiasme, votre écoute, votre soutien, vos conseils, et votre intégrité et justesse. On ne pouvait rêver de meilleurs partenaires. Nos conversations, nos sorties, nos repas et jeux ont apporté la vie en dehors du CHU. Les liens tissés ont permis de traverser les épreuves. Vous apportez l'équilibre

nécessaire. Vous aurez rendu ces dernières années riches et inoubliables, je suis impatient des prochaines.

A toute la famille des deux côtés du Rhin, pour votre soutien et vos encouragements.

A mes parents, pour votre soutien et votre amour depuis toujours. Merci de soutenir, d'accompagner, de supporter et de rendre tout cela possible. Le chemin ne s'est pas fait sans difficultés, sans doutes, sans sacrifices et vous avez partagé chacun de ces moments avec moi. Partageons aujourd'hui celui-ci, l'aboutissement d'un chapitre et le début d'un nouveau. La complémentarité des deux Cultures dont nous héritons, française et allemande, enrichit notre expérience du monde. Nous continuerons de cultiver cette diversité. Je vous aime.

A mon frère, JP, pour m'avoir toujours soutenu et encouragé, et d'avoir supporté un frère souvent absent et trop peu disponible pour les siens. Tes conseils et ta conduite ont toujours été un exemple pour moi.

Aux patients, vous êtes au cœur de mon engagement.

A tous les professionnels de santé à travers le monde, pour votre dévouement. Ce travail vous est dédié.

Table des matières

Remerciements	8
Liste des abréviations	14
Liste des figures	15
Liste des tableaux	17
Liste des annexes	18
Introduction	19
Première partie : Changement climatique : enjeux pour la santé	21
I. Le changement climatique.....	21
II. Impacts du changement climatique sur la santé	24
1. Impacts directs sur la santé	26
a. Augmentation de la température et vagues de chaleur	26
i. Système cardiovasculaire.....	28
ii. Système rénal.....	31
iii. Système respiratoire	31
iv. Système nerveux et santé mentale.....	32
v. Autres systèmes.....	33
b. Feux de forêts	33
c. Expositions aux rayonnements ultraviolets	34
i. Affections oculaires.....	34
ii. Affections cutanées.....	34
d. Inondations et modification des précipitations	35
i. Accidents de la circulation	35
ii. Chutes et fractures.....	35
iii. Blessures et maladies.....	36
e. Tempêtes	36
2. Effets indirects sur la santé humaine	37
a. Évènements climatiques extrêmes	37
i. Sécheresse	37
ii. Inondations	37
b. Modifications de l'environnement.....	38
i. Air.....	38
ii. Eau et sols	39
c. Maladies vectorielles	39
3. Les établissements de santé face aux enjeux du changement climatique	42

Deuxième partie : Évaluation de l'impact du changement climatique sur les établissements de santé	43
I. Objectifs	43
II. Matériels et méthodes.....	43
1. Sélection des données	44
2. Identification de l'organisation des établissements de santé et des risques climatiques.....	47
III. Résultats	48
1. Estimation de la place accordée aux établissements de santé dans la littérature scientifique relative au changement climatique.....	48
a. Dans la base de données PubMed	48
b. Dans les bases de données Cairn, GreenFile, PubMed, Science Direct, Scopus et les rapports du GIEC.....	49
2. Composantes des établissements de santé impactées par le changement climatique à partir des données décrites dans la littérature scientifique	51
a. Impacts du réchauffement climatique et des vagues de chaleur	51
b. Impacts de la sécheresse	52
c. Impacts des incendies de forêts.....	53
d. Impacts des événements météorologiques extrêmes	54
e. Impacts des inondations et de l'élévation du niveau des océans et des mers ...	56
f. Impacts liés aux autres effets indirects.....	57
IV. Discussion	58
V. Conclusion et perspectives	62
Bibliographie.....	63
Annexes	74
Annexe 1 : Extrait de l'Hospital Safety Index	74
Annexe 2 : Serment de Galien	75
Résumé	76

Liste des abréviations

AR : Rapport d'évaluation

CC : Changement climatique

CCNUCC : Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques

CIVD : Coagulation intravasculaire disséminée

Covid-19 : Maladie à coronavirus 2019

ES : Établissement de santé

GES : Gaz à effet de serre

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

HSI : Hospital safety index

LMICs : Pays à revenus faibles et moyens

ODD : Objectif de développement durable

OMM : Organisation météorologique mondiale

OMS : Organisation mondiale de la santé

ONU : Organisation des Nations unies

PM : Particule fine

RCP : Profil représentatif d'évolution de concentration

UV : Rayon ultraviolet

WG : Groupe de travail

Liste des figures

Figure 1 : Modification de la composition de l'atmosphère en gaz à effet de serre. OMM, 2018	21
Figure 2 : Cartes des résultats moyens des modèles multiples pour les scénarios RCP2.6 et RCP8.5 en 2081-2100. GIEC, 2013	23
Figure 3 : Impacts observés des risques climatiques sur l'humanité. Mora et al. 2017	24
Figure 4 : les déterminants de la santé. G. Dahlgren et M. Whitehead, 2007	25
Figure 5 : Décès et années perdues, totaux et attribuables à des facteurs environnementaux. OMS, 2016	25
Figure 6 : Lien entre changement climatique et santé. Lancet, 2018.....	26
Figure 7 : Répartition géographique des conditions climatiques mortelles selon le scénario RCP 8.5. Nombre de jours par an dépassant le seuil de température et d'humidité au-delà duquel les conditions climatiques deviennent mortelles.	27
Figure 8 : Risques relatifs estimés de la température moyenne (en °C) sur la mortalité cardiovasculaire. Les lignes noires représentent les risques relatifs moyens et les zones grises les IC à 95% des estimations de risque. Liu et al. 2015.....	29
Figure 9 : Relation entre la température et le risque d'admission à l'hôpital pour une température donnée par rapport à une température de référence de 15 °C, à Séoul. La partie rouge de la courbe montre les effets de la chaleur. La ligne continue représente l'estimation centrale ; les zones ombragées représentent les IC à 95 %. Son et al. 2014	30
Figure 10 : Extension de la zone à haut risque de lithiase (rapport de risque > 1,2) en fonction de l'année, pour 2000 (jaune), 2050 (orange), et 2095 (rouge). Brikowski et al. 2008	31
Figure 11 : Meta-analyse du risque de mortalité lié aux maladies respiratoires en cas de températures élevées. Bouchama et al. 2007	32
Figure 12 : Présence de fumées lors d'incendies proches de San Francisco, États-Unis, en Septembre 2020. Crédits : Brittany Hosea-Small - AFP	33
Figure 13 : Distribution connue de Ixodes ricinus en Europe, Octobre 2017. ECDC, EFSA	41
Figure 14 : Publications sur " le changement climatique ", " le changement climatique et la santé ", et " le changement climatique et les établissements de santé " par année indexée dans la base de données PubMed entre le 1er janvier 1979 et le 31 décembre 2020.....	49
Figure 15 : Évolution du nombre d'articles publiés sur le changement climatique et les établissements de santé à partir des bases de données Cairn, GreenFile, PubMed, Science Direct et Scopus entre le 1er janvier 1979 et le 31 décembre 2019 et du nombre d'occurrences dans les rapports du GIEC (1990-2014) des termes " établissements de santé ".	50
Figure 16 : Diagramme d'Ishikawa, cartographie des risques climatiques liés à l'augmentation de la température et aux vagues de chaleur pour les établissements de santé.....	52
Figure 17 : Diagramme d'Ishikawa, cartographie des risques climatiques liés aux sécheresses pour les établissements de santé	53
Figure 18 : Diagramme d'Ishikawa, cartographie des risques climatiques liés aux feux de forêts pour les établissements de santé	54
Figure 19 : Diagramme d'Ishikawa, cartographie des risques climatiques liés aux événements météorologiques extrêmes pour les établissements de santé	55
Figure 20 : Diagramme d'Ishikawa, cartographie des risques climatiques liés aux inondations et à l'élévation du niveau de la mer pour les établissements de santé.....	57

Figure 21 : Diagramme d'Ishikawa, cartographie des risques climatiques liés aux autres effets indirects pour les établissements de santé.....	57
---	----

Liste des tableaux

Tableau I : Dysfonctionnements d'organes liés à l'activation de mécanismes physiologiques par l'exposition à des températures élevées. Adapté de Mora et al., 2017.....	28
Tableau II : Équations de recherche comprenant les risques climatiques et les cinq catégories (main-d'œuvre, matériel, moyen, méthode et gestion) utilisées dans chaque base de données entre 1979 et 2019.....	46
Tableau III : Répartition des occurrences des termes liés aux établissements de santé dans les différents rapports des groupes de travail du GIEC de chacun des cinq rapports d'évaluation (1990-2014), en nombre et en pourcentage.....	51

Liste des annexes

Annexe 1 : Première partie du Module sur les risques potentiels affectant un établissement de santé. HSI, OMS	74
Annexe 2 : Serment de Galien	75

Introduction

Les activités humaines (transports, agriculture et utilisation des terres, industrie, bâtiments, énergie, systèmes de santé...) génèrent une augmentation massive des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère qui a pour conséquence un changement climatique. Ce dernier affecte le monde au travers d'au moins trois mécanismes : l'augmentation de la température moyenne de l'atmosphère et des océans, l'élévation du niveau de la mer, et l'augmentation en fréquence et en intensité des événements météorologiques extrêmes (inondations, tempêtes, feux de forêt, sécheresses...) (1,2). Entre 1995 et 2015, 90 % des catastrophes ont été causées par des événements météorologiques, provoquant plus de 600 000 décès et 4,1 milliards de personnes blessées ou nécessitant une assistance médicale (3). Ainsi, le changement climatique (CC) a été identifié comme la plus grande menace sanitaire mondiale du XXI^e siècle (4). C'est l'un des plus grands défis de notre époque (5).

Le CC a déjà un impact négatif sur la capacité de nombreux pays à atteindre les objectifs de développement durable (ODD) de l'Organisation des Nations Unies (ONU) (6). Il est susceptible d'annuler les progrès réalisés en matière de santé et de développement au cours des dernières décennies par le biais de trois voies différentes et complémentaires : i) les effets directs tels que les blessures ou les maladies causées par les événements météorologiques extrêmes, notamment les ouragans ou les inondations, ii) les effets médiés par les systèmes naturels tels que la pollution atmosphérique ou les maladies à transmission vectorielle, et iii) les effets fortement médiés par les systèmes humains tels que le stress, la santé mentale ou la malnutrition (7,8).

Nous disposons encore de peu de données sur les liens entre le CC et la santé (7,9,10). Si certains impacts du CC sur la santé ont été décrits, les impacts sur les établissements de santé (ES) semblent peu étudiés. Ces derniers jouent pourtant un rôle central dans les systèmes de santé grâce à une infrastructure spécifique, des équipements médicaux spécialisés dans des bâtiments accessibles à la population et grâce à un personnel formé et qualifié pour prendre en charge des patients aux pathologies de plus en plus complexes et répondre aux défis croissants de la Médecine (11).

Il n'existe pas d'évaluation complète de l'impact du CC sur le fonctionnement d'un ES et des dysfonctionnements potentiels qui pourraient survenir. Par conséquent, les ES ne savent pas s'ils doivent procéder à une planification supplémentaire en cas de catastrophe ou de crise (12). L'évaluation des risques climatiques dans chaque ES permet d'adapter les infrastructures et les organisations, et de concevoir les ES les mieux adaptés pour répondre aux défis sanitaires du monde de demain.

Dans ce contexte, l'objectif principal de notre étude a été d'évaluer la place accordée aux ES dans la littérature scientifique relative au CC ainsi que dans les rapports du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Notre objectif secondaire a été de mettre en évidence les composantes des ES impactées par le CC à partir des données décrites dans la littérature scientifique.

Dans un premier temps, nous décrirons les enjeux du CC sur la santé, puis nous présenterons les résultats de notre étude portant spécifiquement sur les ES.

Première partie : Changement climatique : enjeux pour la santé

I. Le changement climatique

« L'influence de l'homme sur le système climatique est évidente, et les émissions anthropiques récentes de gaz à effet de serre sont les plus élevées de l'histoire. Les changements climatiques récents ont eu des répercussions considérables sur les systèmes humains et naturels. » (GIEC, AR5 2014)

Naturellement, les gaz à effet de serre (GES) émis, comme le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (NO_2), intègrent les différents cycles physico-chimiques terrestres, comme celui du carbone. Ainsi, les océans, les sols, les forêts, l'atmosphère sont des réservoirs de carbone dits « puits de carbone ». Par les activités humaines (combustion d'énergies fossiles, industries, utilisation intensive des terres et des océans, ...), les concentrations de GES émises dans l'atmosphère augmentent (figure 1) (9).

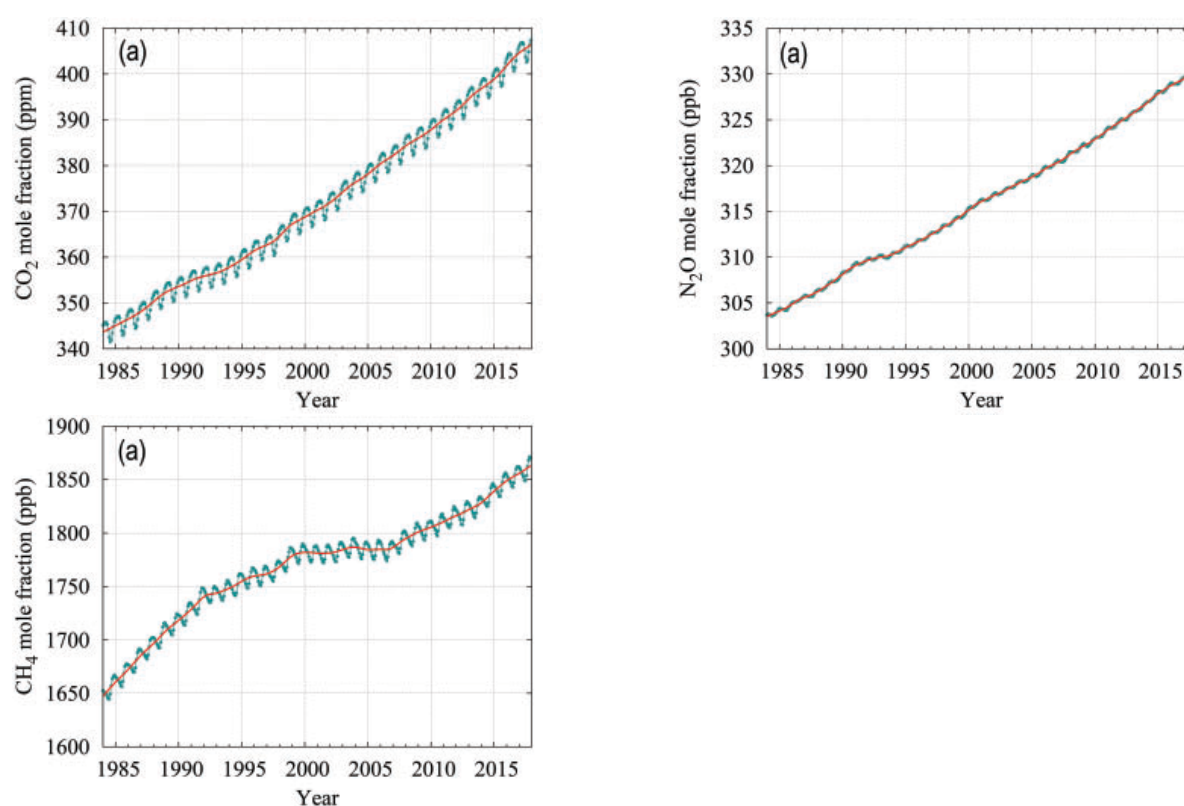


Figure 1 : Modification de la composition de l'atmosphère en gaz à effet de serre. OMM, 2018

Nos activités viennent d'abord diminuer les capacités des écosystèmes à absorber ces GES (exemple de la déforestation) puis les saturent complètement. Les impacts sur les puits de carbone deviennent alors bien visibles : les océans se réchauffent et s'acidifient, les quantités de neige et de glace diminuent, le niveau de la mer s'élève, l'atmosphère se réchauffe et les événements météorologiques extrêmes s'intensifient et sont plus fréquents. Les projections selon 2 modèles à horizon 2100 sont détaillées dans la figure 2 (1).

D'après le modèle du Profil représentatif d'évolution de concentration (RCP) 8.5, dont nous sommes le plus proche actuellement, la température moyenne de la Terre en 2100 sera 5°C plus élevée qu'elle ne l'a été entre 1986 et 2005 (figure 2a). Les moyennes des précipitations et leurs localisations seront elles aussi bouleversées (figure 2b). De vastes régions deviendront plus sèches qu'elles ne les sont déjà, comme le Sud et l'Est des États-Unis d'Amérique jusqu'à la moitié Nord du Brésil, l'Europe occidentale, une partie du Moyen-Orient, l'Afrique australe et une partie de l'Océanie avec des chutes de précipitations de l'ordre de 20%. D'autres régions, déjà impactées par des phénomènes pluvieux extrêmes comme la mousson en Asie ou en Afrique équatoriale seront davantage touchées par des épisodes pluvieux violents avec une augmentation de 10 à 50% des précipitations. La présence de glace dans l'hémisphère Nord sera fortement diminuée à la fois dans son étendu ainsi que dans sa durée (figure 2c). Enfin, sachant que l'océan est le puit de carbone de plus de 90% de nos émissions, le pH des océans et des mers qui diminue rapidement, aura perdu près de 0,5 unité d'ici la fin du siècle (figure 2d).

Sans changement d'orientation dans nos émissions, l'ensemble de ces phénomènes va non seulement continuer mais s'intensifier. Certains « effets seuil » ne sont pas encore très bien connus, comme celui du Gulf Stream, courant de l'Atlantique Nord qui ralentit avec l'augmentation du CC. S'il s'arrêtait ou s'inversait (même temporairement), cela pourrait significativement et brutalement modifier le climat européen. (13,14).

Ainsi, le constat est à présent partagé à travers le monde : le CC est non seulement bien une réalité sans équivoque mais contribue depuis des décennies à impacter l'ensemble de la biodiversité. Depuis le début de l'ère de l'anthropocène, les changements climatiques observés sont sans précédent par la rapidité à laquelle ils se sont opérés.

Aujourd'hui, tous les écosystèmes sont menacés, tant globaux et mondiaux que locaux et régionaux, tant dans l'hémisphère Nord que l'hémisphère Sud, tant dans les pays à revenu élevé que faible, tant dans les milieux urbains que semi-urbains et ruraux. Ces modifications des systèmes naturels provoquent des changements dans le comportement et l'écologie de l'ensemble des espèces (15).

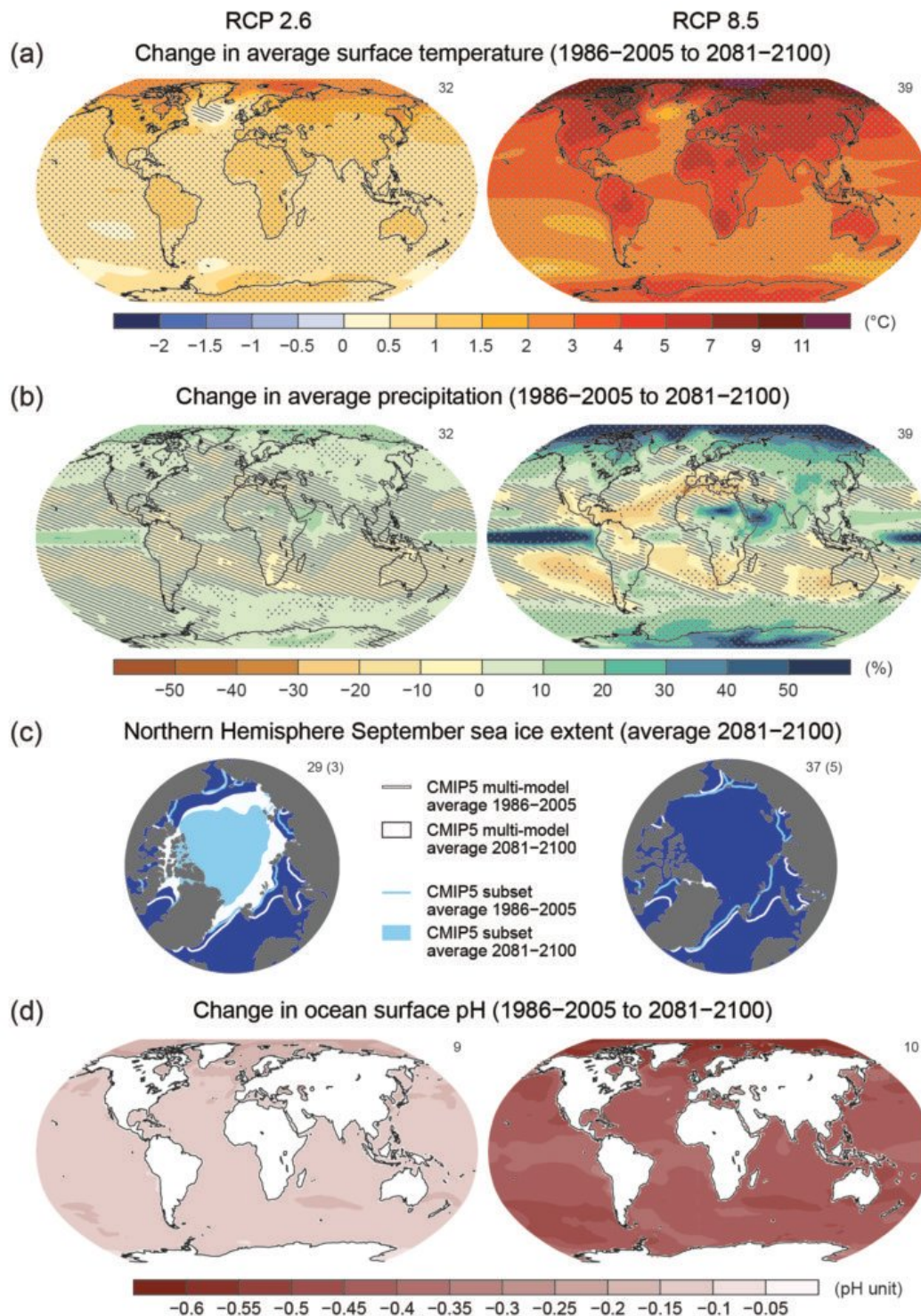


Figure 2 : Cartes des résultats moyens des modèles multiples pour les scénarios RCP2.6 et RCP8.5 en 2081-2100. GIEC, 2013

Le CC impacte donc de nombreux systèmes humains, notamment les grands secteurs comme celui de la santé, de l'alimentation, des ressources en eau, de la sécurité, de l'économie et des infrastructures (figure 3) (16).

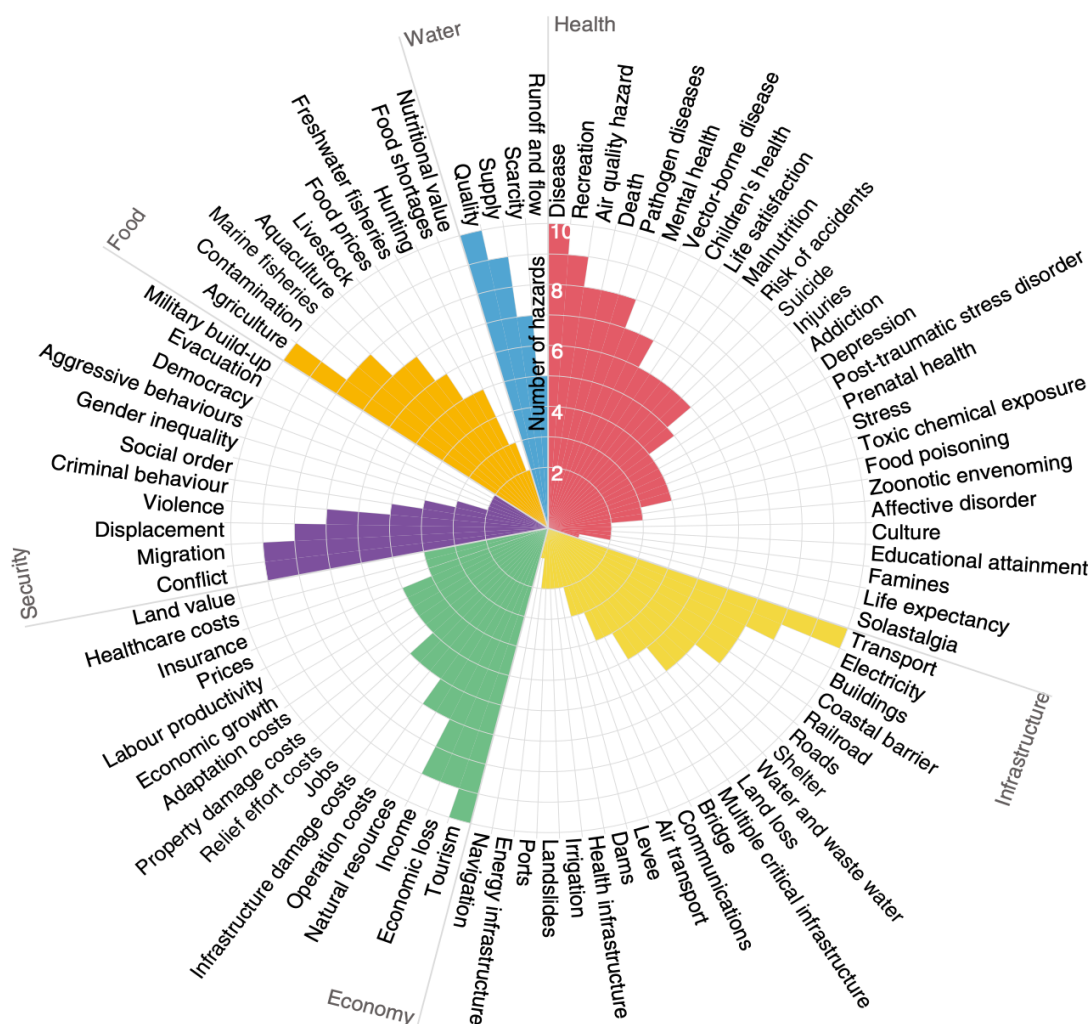


Figure 3 : Impacts observés des risques climatiques sur l'humanité. Mora et al. 2017

II. Impacts du changement climatique sur la santé

Le climat est un déterminant important de la santé puisqu'il a la capacité en plus de ses effets propres de modifier et d'impacter négativement de nombreux autres déterminants de santé, comme les conditions de vie et de travail ou les habitudes de vie (figure 4).

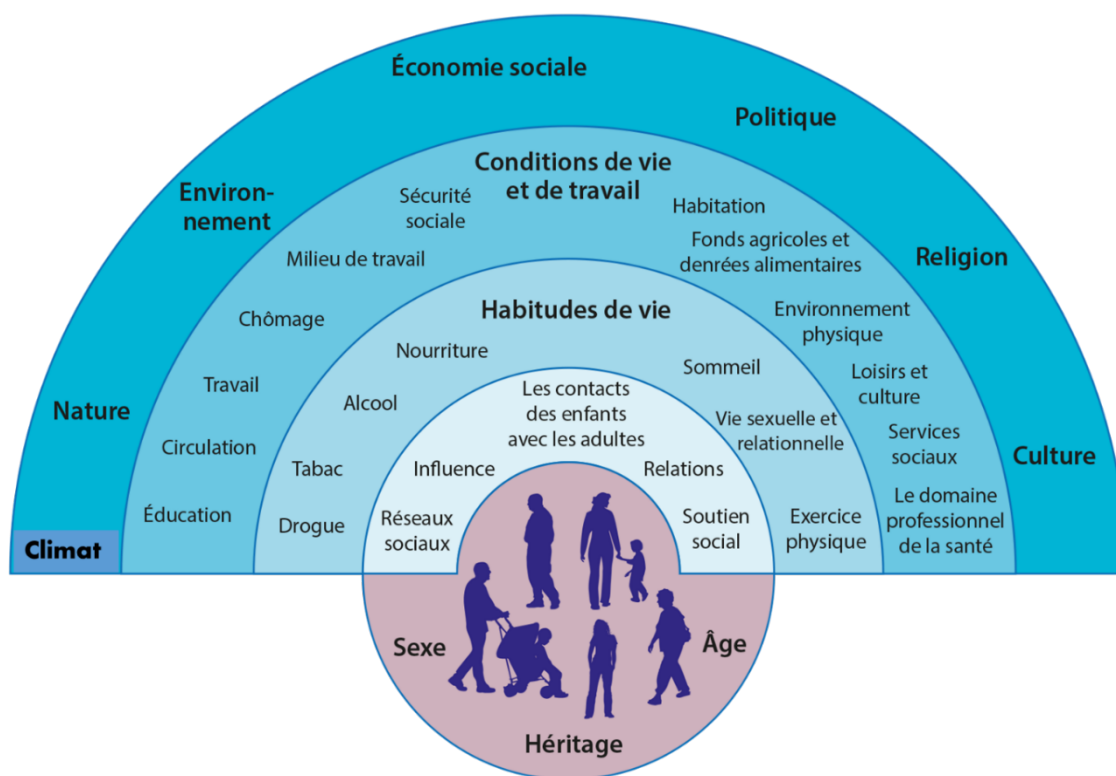


Figure 4 : les déterminants de la santé. G. Dahlgren et M. Whitehead, 2007

En 2016, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a estimé que près de 12,6 millions de décès (23% de l'ensemble des décès dans le monde) étaient attribuables à des facteurs environnementaux, dont beaucoup sont modifiés par le CC (figure 5) (17).

Disease group	Deaths			DALYs		
	Total deaths (million)	Attributable to the environment (million)	Population attributable fraction (%)	Total DALYs (million)	Expert survey 2015	Population attributable fraction (%)
Infectious, parasitic, maternal, neonatal and nutritional causes	12.8	2.5	20%	925	202	22%
Noncommunicable diseases	37.7	8.2	22%	1506	276	18%
Injuries	5.1	2.0	38%	305	118	39%
Total	55.6	12.6	23%	2736	596	22%

Figure 5 : Décès et années perdues, totaux et attribuables à des facteurs environnementaux. OMS, 2016

La santé humaine peut alors être impactée de façon directe et indirecte. Les effets directs du CC résultent de la hausse des températures, des événements météorologiques extrêmes tels que les tempêtes, les inondations et les sécheresses. Les effets indirects sont médiés par les différents systèmes environnementaux (les sols, les eaux, l'air) et la modification de la

diffusion des maladies infectieuses, particulièrement par une répartition changeante des maladies vectorielles.

La plupart des liens entre les manifestations du CC et la santé humaine sont présentés dans la figure 6 (18). Dans la suite de ce chapitre, nous détaillerons les différentes pathologies et troubles entraînés par le CC et étudiées dans la littérature scientifique.

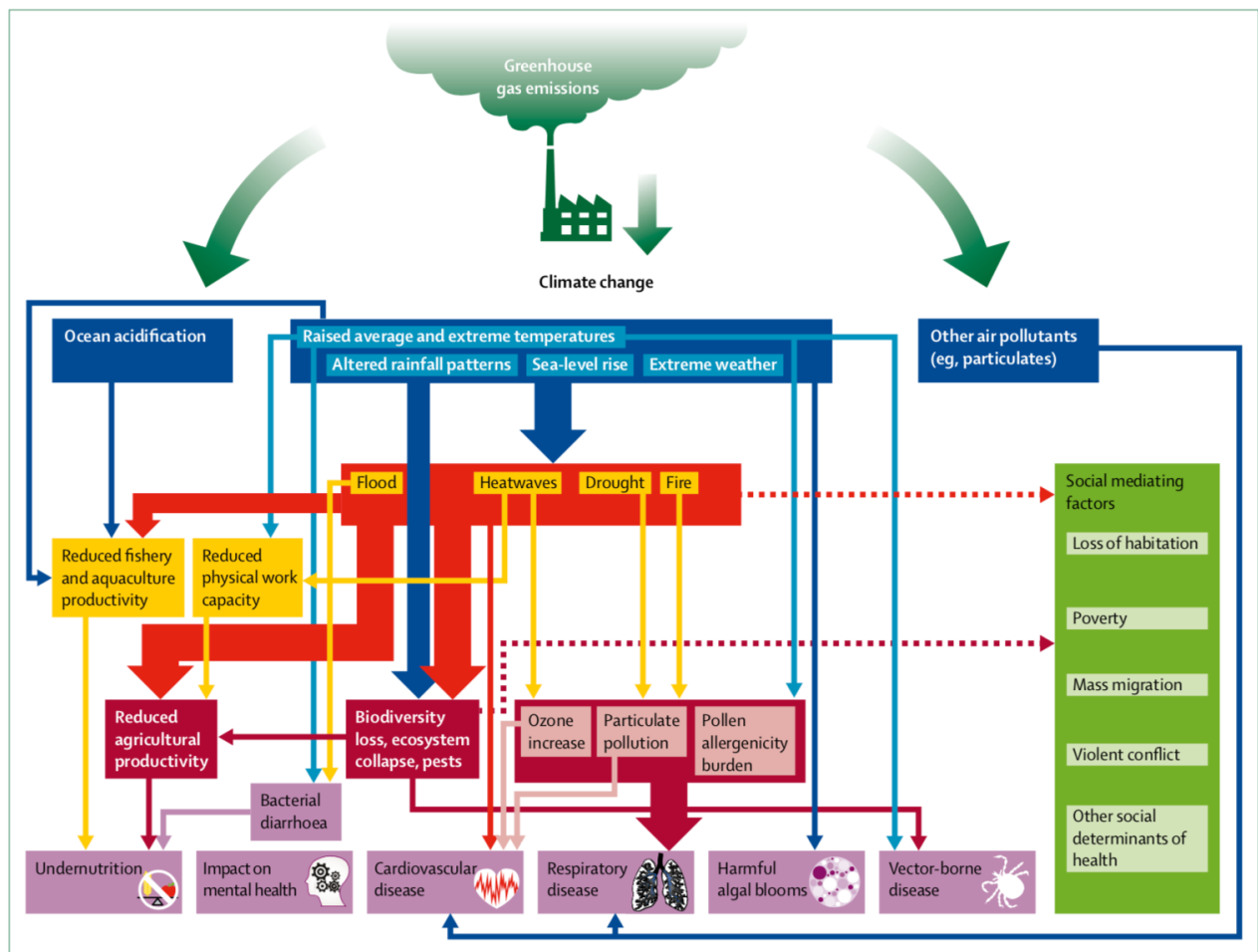


Figure 6 : Lien entre changement climatique et santé. Lancet, 2018

1. Impacts directs sur la santé

a. Augmentation de la température et vagues de chaleur

Toutes causes confondues, l'augmentation de la mortalité est liée à la hausse de la température moyenne de la Terre (8). L'OMS évalue une augmentation de plus de 90 000 décès par an à partir de 2030 et de plus de 255 000 décès en 2050, chez les personnes de plus

de 65 ans (19). En Europe, lors de la canicule de 2003, près de 70 000 décès supplémentaires avaient été observés (20).

Dans certaines régions du monde, densément peuplées, notamment les régions proches de la ceinture équatoriale avec un climat déjà chaud et humide, des modèles scientifiques prévoient que le climat futur ne permettra plus à l'être humain d'y vivre toute l'année voire de ne plus y vivre du tout (figure 7) (21).

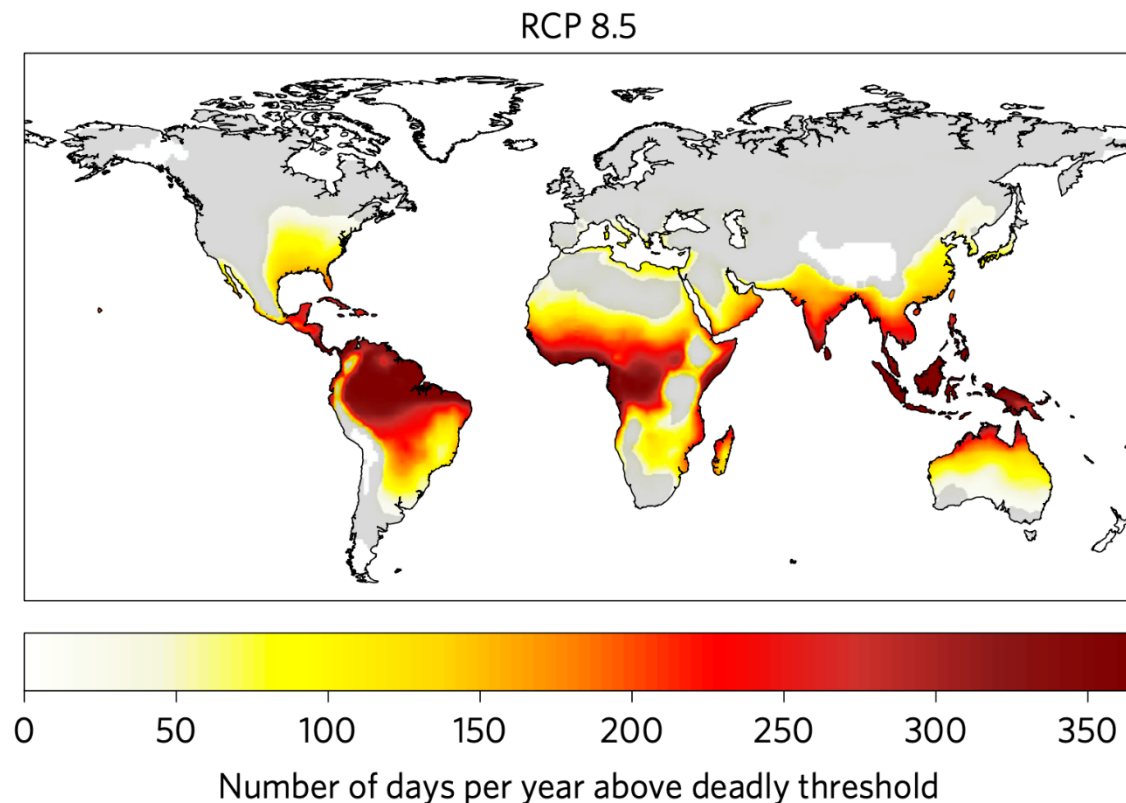


Figure 7 : Répartition géographique des conditions climatiques mortelles selon le scénario RCP 8.5. Nombre de jours par an dépassant le seuil de température et d'humidité au-delà duquel les conditions climatiques deviennent mortelles.

Les températures extrêmes, notamment les chaleurs importantes ont des effets négatifs sur la santé par l'activation de mécanismes physiologiques, qui, une fois dépassés, entraînent des dysfonctionnements d'organes (tableau I, adapté de Mora et al., 2017) (22).

Tableau I : Dysfonctionnements d'organes liés à l'activation de mécanismes physiologiques par l'exposition à des températures élevées. Adapté de Mora et al., 2017.

Organes	Mécanismes				
	Réponse				
	Ischémie	Cytotoxicité	inflammatoire	CIVD	Rhabdomyolyse
Cerveau	X	X	X	X	
Cœur	X	X	X		
Intestins	X	X	X	X	
Reins	X	X	X	X	X
Foie	X	X	X	X	X
Poumons		X	X	X	X
Pancréas	X		X		

Ainsi, en cas de fortes chaleurs, un mécanisme inflammatoire a été observé au niveau du cerveau, du cœur, des intestins, des reins, du foie, des poumons et du pancréas, et une rhabdomyolyse a été rapportée, entraînant des atteintes rénales, hépatiques et pulmonaires.

i. Système cardiovasculaire

Effets sur la mortalité

D'après les travaux de Liu, Yavar et Sun, la température optimale au regard du risque le plus faible de décès par maladies cardiovasculaires est de l'ordre de 25°C (figure 8) (23).

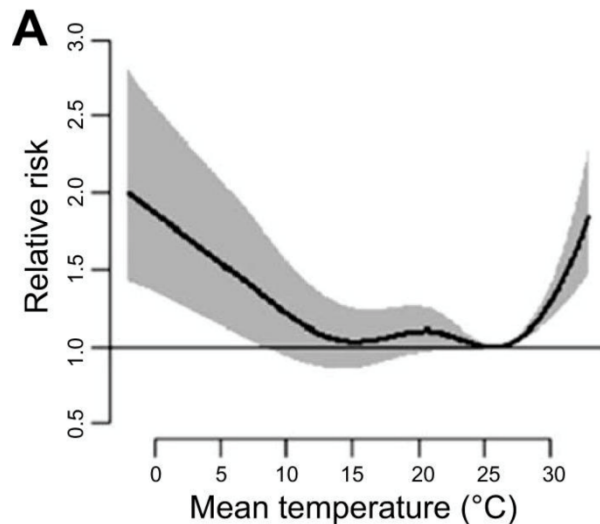


Figure 8 : Risques relatifs estimés de la température moyenne (en °C) sur la mortalité cardiovasculaire. Les lignes noires représentent les risques relatifs moyens et les zones grises les IC à 95% des estimations de risque. Liu et al. 2015

Toute augmentation de la température au-delà du nadir, même faible, entraîne une importante hausse du risque de décès. Ainsi, les températures élevées et les canicules augmentent significativement la mortalité liée aux maladies cardiovasculaires, avec par exemple un risque 1,5 fois supérieur à 30°C par rapport à 25°C (figure 8) (23).

D'autres études sur les maladies cardiovasculaires évaluent l'augmentation du risque de mortalité à plus de 3% par degré Celsius supplémentaire (24,25).

De plus, les populations déjà vulnérables (personnes âgées, personnes avec des comorbidités) seront davantage exposées aux effets de la chaleur (26,27). Les effets de la chaleur sur la mortalité peuvent être observés à très court terme, le jour même de l'épisode de chaleur voire quelques jours après (26,28).

Un autre indicateur, comme le nombre d'années de vie perdues, a été étudié sur la population de Brisbane, Australie (29). L'étude conclue qu'entre 85 et 264 années de vie sont perdues par jour, selon la sévérité des vagues de chaleur.

Nul doute qu'avec l'élévation de la température moyenne de la Terre, le poids des canicules et des températures extrêmes sur la santé publique augmentera dans les années et décennies à venir (23).

Effets sur la morbidité

Peu d'études ont étudié l'effet de la chaleur sur la morbidité liée à des pathologies cardiovasculaires. Cependant, certaines études ont rapporté une augmentation significative des admissions à l'hôpital pour des troubles cardiovasculaires les jours de forte chaleur (30). D'autres études ont analysé la relation entre la température et le risque d'hospitalisation pour les pathologies cardiovasculaires (figure 9) (31).

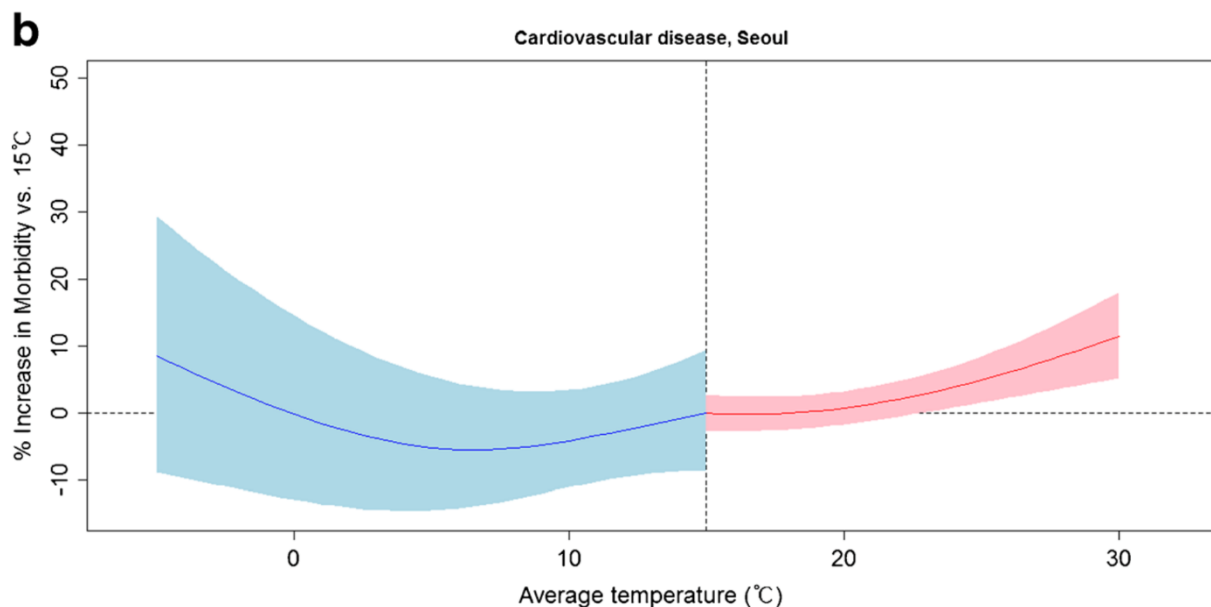


Figure 9 : Relation entre la température et le risque d'admission à l'hôpital pour une température donnée par rapport à une température de référence de 15 °C, à Séoul. La partie rouge de la courbe montre les effets de la chaleur. La ligne continue représente l'estimation centrale ; les zones ombragées représentent les IC à 95 %. Son et al. 2014

Ainsi, à Séoul, en Corée du Sud, les hospitalisations pour pathologies cardiovasculaires augmentent de plus de 10% les jours durant lesquels la température est de 30°C, par rapport à une journée référence de 15°C.

De façon plus spécifique et, d'après Sun *et al.*, le risque d'hospitalisation pour un infarctus du myocarde augmente de 1,6% par augmentation de 1°C de la température moyenne (32). Il a été par ailleurs observé que chez 85% des personnes souffrant d'un coup de chaleur,

l'électrocardiogramme montrait une tachycardie sinusale et un allongement de l'intervalle QT (33).

ii. Système rénal

La fonction rénale est particulièrement affectée lors de fortes chaleurs, notamment chez les personnes âgées (34), et les enfants (35). A Adélaïde, Australie, les hospitalisations pour causes rénales ont augmenté de 13% lors d'épisodes caniculaires entre 1993 et 2006 (36). De plus, aux États-Unis, une extension géographique de la zone à haut risque de lithiase urinaire résulte du CC (figure 10) (37).

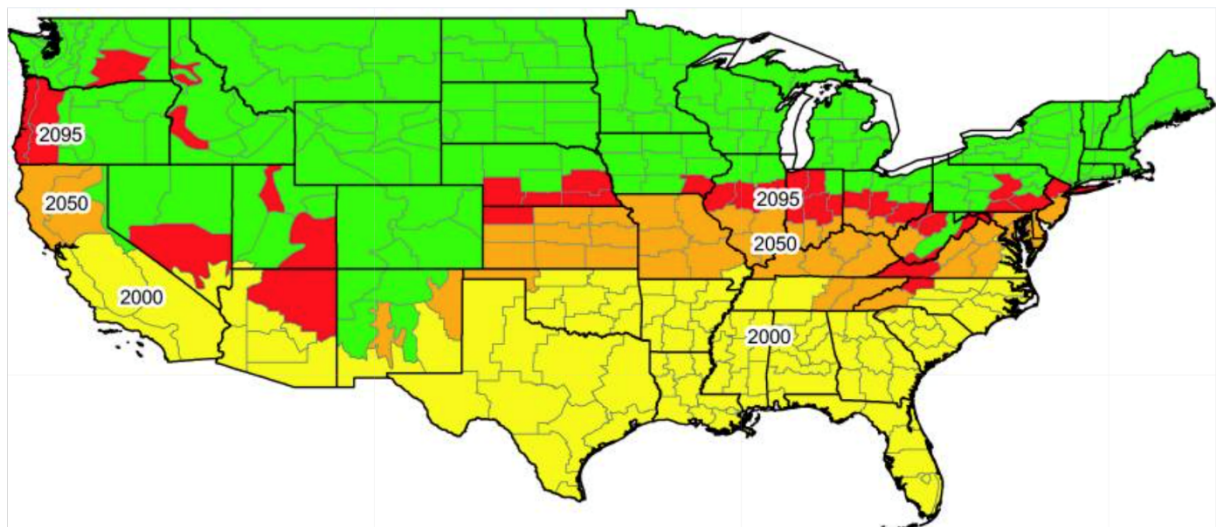


Figure 10 : Extension de la zone à haut risque de lithiase (rapport de risque > 1,2) en fonction de l'année, pour 2000 (jaune), 2050 (orange), et 2095 (rouge). Brikowski et al. 2008

En 2000, 41% de la population se trouvait dans une zone à haut risque de lithiase urinaire. En se basant sur la distribution de la population de l'an 2000 aux États-Unis, il a été estimé que 56% de la population s'y trouvera en 2050 et 70% en 2095.

iii. Système respiratoire

En cas de fortes chaleurs, notre appareil respiratoire est fortement impacté. Des températures élevées peuvent provoquer une augmentation de la fréquence respiratoire, des dyspnées ou de l'essoufflement, notamment chez les personnes atteintes de comorbidités ou chez les

sujets jeunes. Ces symptômes peuvent s'aggraver en cas de coup de chaleur et les personnes peuvent présenter un œdème pulmonaire ou un syndrome de détresse respiratoire aiguë (38).

Les liens entre hausse de la mortalité pour cause de maladies respiratoires et augmentation de la température ont été démontrés dans plusieurs études.

La méta-analyse de Bouchama *et al.* montre un sur-risque de mortalité chez des personnes avec des pathologies respiratoires chroniques en cas de fortes chaleurs (figure 11) (39).

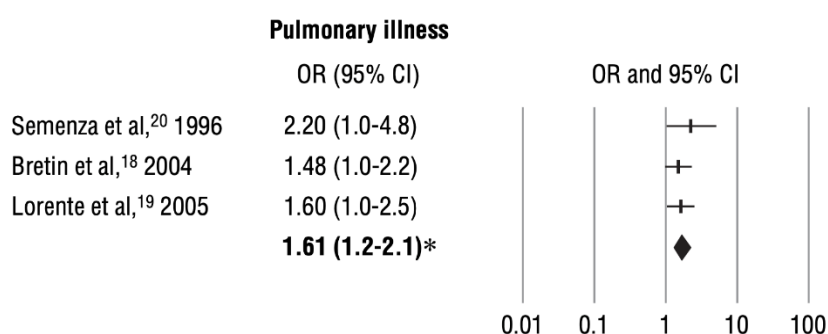


Figure 11 : Meta-analyse du risque de mortalité lié aux maladies respiratoires en cas de températures élevées. Bouchama *et al.* 2007

Par une revue de la littérature, Witt et son équipe ont également étudié l'effet de la chaleur sur la mortalité chez des personnes souffrant de maladies pulmonaires chroniques (40). Ils montrent que chaque degré supplémentaire augmente le sur-risque de décéder en lien avec une maladie respiratoire.

iv. Système nerveux et santé mentale

En cas de températures extrêmes, notamment sur des périodes durant plusieurs jours, les personnes atteintes de troubles de la santé mentale et psychosociaux sont plus à risque de décéder que celles n'en n'ayant pas (15). Au Royaume-Uni, une étude a montré que pour chaque augmentation de la température d'un degré Celsius, le risque de décès dus à un trouble du système nerveux augmente de près de 5% (41). Les personnes âgées sont également plus à risque de consulter aux Urgences médicales, avec une hausse de près de 10% chez les plus de 65 ans par une température moyenne de 25°C par rapport à 20°C (42).

v. Autres systèmes

D'autres effets indirects peuvent être développés, comme les conséquences du CC sur les médicaments, nécessitant à la fois d'adapter les conditions de stockage mais aussi de modifier certaines posologies afin d'adapter le dosage à des mécanismes physiologiques qui sont, comme nous l'avons vu, différents en cas d'épisodes météorologies extrêmes.

b. Feux de forêts

Chaque année, les feux ravagent des dizaines de milliers de km² de forêts, voire des centaines de milliers (43). Ils émettent alors de grandes quantités de fumée dans l'air et certaines régions se retrouvent dans l'obscurité pendant plusieurs jours, comme à San Francisco, États-Unis, en 2020 (figure 12) (44).



Figure 12 : Présence de fumées lors d'incendies proches de San Francisco, États-Unis, en Septembre 2020. Crédits : Brittany Hosea-Small - AFP

Chargées de nombreuses particules et polluants, ces feux de forêts ont des impacts sur la santé des populations. De nombreuses études, dont l'analyse de Reid et al. ont montré les effets néfastes de la fumée des feux au niveau pulmonaire, notamment par l'exacerbation de l'asthme (45). Les effets sur la santé respiratoire s'observent de manière aiguë mais aussi de

manière chronique. Cependant, encore peu d'études se sont intéressées aux effets à long terme des feux sur la santé respiratoire (46). Une augmentation du risque de maladie cardiovasculaire a été observée suite à l'exposition à des particules fines (47).

c. Expositions aux rayonnements ultraviolets

Le CC et les températures plus élevées favoriseront dans de nombreuses régions les activités en extérieur ainsi qu'une plus grande exposition aux rayons ultraviolets (UV) (48). Or, l'exposition aux rayons UV de type A et B entraîne des effets sur la santé avec notamment des pathologies oculaires et cutanées.

i. Affections oculaires

Les principales pathologies oculaires suites à une exposition aiguë aux UV sont la kératite, la conjonctivite et des réactions inflammatoires locales (49).

De façon chronique, l'exposition aux UV constitue un facteur de risque à l'apparition de certains types de cataractes et de ptérygion (50). Or, sur les plus de 12 millions de personnes qui deviennent aveugles chaque année pour cause de cataractes, près de 20% de ces cataractes peuvent être favorisées par l'exposition au soleil et donc seraient évitables (49).

ii. Affections cutanées

Alors que l'érythème cutané est l'effet aigu lié à une exposition solaire le plus fréquent (OMS, 2007), c'est le mélanome et les autres cancers cutanés non mélanocytaires qui sont les plus fréquents, de façon chronique (50). Ces dernières années, l'incidence de ces cancers a fortement augmenté. Ainsi, l'exposition aux UV constitue un facteur de risque dans le développement des mélanomes malins (49,51).

De plus, les médicaments photosensibilisants peuvent provoquer des réactions cutanées lors de l'exposition aux rayons UV du soleil, comme certains antibiotiques, anti-inflammatoires non stéroïdiens, antihistaminiques, antihypertenseurs, diurétiques, et psychotropes (52).

d. Inondations et modification des précipitations

Dans plusieurs régions du monde, les précipitations augmenteront en fréquence et en intensité (1,53). Les événements climatiques extrêmes associés, comme les inondations, seront eux aussi plus fréquents et plus intenses. De fortes mortalité et morbidité découlent de ces phénomènes climatiques.

i. Accidents de la circulation

Des scientifiques ont analysé l'impact des conditions météorologiques sur les accidents de la circulation dans trois pays, au Royaume-Uni, aux États-Unis et au Canada, de 1967 à 2005 (54). La méta-analyse conclue à une augmentation des accidents en cas de précipitations. Plus précisément, le taux d'accidents de la circulation et de blessures chez les automobilistes ont augmenté respectivement de 84% et 75% en cas de chutes de neige et de 71% et 49% en cas de pluie, par rapport à un temps sans précipitations. Les personnes âgées seraient plus à risque que les autres au regard des accidents de circulation, notamment en raison du « rétrécissement perceptif » et d'une conduite qui s'adapterait moins aux contextes météorologiques particuliers (55).

ii. Chutes et fractures

Par le vieillissement croissant de la population, il est important de prendre en compte les risques de chutes et de fractures. Les personnes âgées et vulnérables cumulent plusieurs facteurs de risque médicaux (déficiences visuelles, ...), environnementaux (infrastructures inadaptées, ...) ou encore socioéconomiques (isolement, ...) qui les rendent à risque de blessures en cas de précipitations. Par exemple, une revue systématique a montré une augmentation significative du risque de fracture en cas de précipitations (56). Une autre étude, au Québec, a montré que plus de 50% de la variation quotidienne du taux de fractures de la hanche chez les plus de 40 ans serait expliqué par des variables météorologiques (57).

iii. Blessures et maladies

Les conséquences directes et immédiates des inondations sont les risques de noyade et de blessures physiques dues aux objets dans l'eau ou par l'effondrement d'infrastructures.

D'après une revue systématique de la littérature, des épidémies notamment d'infections gastro-intestinales, de maladies diarrhéiques, ou encore de leptospirose se sont produites à la suite d'inondations (58). Des infections oculaires ont également été rapportées (59).

Les inondations peuvent également provoquer une aggravation de pathologies chroniques existantes, comme l'hypertension artérielle et le diabète (58).

e. Tempêtes

Dans le cadre d'événements climatiques extrêmes, comme les tempêtes ou les ouragans, les risques pour la santé sont à court terme les risques de blessures par des impacts avec des objets ou des destructions de bâtiments. Rappelons qu'avec des vents de plus de 100 km/h, tout objet, même de quelques grammes, devient un élément extrêmement dangereux.

Concernant d'autres impacts négatifs sur la santé des populations touchées, des études ont été menées. Dans les suites de l'ouragan Katrina, en 2005, les victimes ont présenté une prévalence significativement plus élevée de maladies cardiovasculaires avec davantage de maladies coronariennes, davantage d'infarctus du myocarde par rapport à un groupe témoin (60). L'âge moyen d'apparition des infarctus du myocarde a aussi significativement diminué, passant de 62 ans (avant Katrina) à 59 ans (après Katrina).

Enfin, la santé maternelle et infantile aurait nécessité une partie dédiée. En effet, la chaleur, les inondations et les sécheresses, peuvent nuire gravement à la santé des femmes, notamment pendant la grossesse. Par exemple, les femmes exposées à des catastrophes naturelles sont plus à risque d'accouchements prématurés. Enfin, les sécheresses rendent les femmes plus vulnérables au risque de malnutrition (61). Cependant, la littérature scientifique sur ces sujets en lien avec le CC reste peu importante.

2. Effets indirects sur la santé humaine

a. Évènements climatiques extrêmes

En cas d'évènements climatiques extrêmes, nous avons décrit quelques conséquences directes sur la santé humaine. Les études tendent aujourd'hui à distinguer d'autres effets, cette fois indirects sur la santé, qui sont médiés soit par des systèmes naturels soit par des systèmes sociétaux et socio-économiques.

Alors que l'alcoolisme et la dépendance aux drogues sont des problèmes psychosociaux qui sont souvent associés aux évènements météorologiques violents (62), ce n'est que récemment que les problèmes d'accès aux services de santé mentale après une catastrophe ont commencé à être étudiés (63). Pourtant, les conséquences psychologiques peuvent persister pendant des mois voire des années après les évènements.

i. Sécheresse

Les effets de la sécheresse sur la santé sont nombreux (64). Indirectement, les baisses des rendements agricoles et des ressources en eau de qualité peuvent entraîner une insécurité alimentaire ainsi qu'une dégradation des conditions d'hygiène et sanitaires, conduisant à une dégradation globale de la santé des populations. De plus, par leurs fardeaux social et financier, les sécheresses peuvent générer du stress, de l'anxiété, et une détresse psychologique et émotionnelle. En Australie, pendant les sécheresses les plus graves, une augmentation de près de 15% du risque de suicide a été observée chez les hommes vivants en milieu rural (65).

ii. Inondations

En cas de fortes précipitations et d'inondations, les conséquences sur la santé humaine ne concernent pas uniquement les risques de noyades et de blessures physiques. Il est fréquent de faire face à des troubles de santé mentale, particulièrement au stress post-traumatique, à la dépression et à l'anxiété (66,67).

b. Modifications de l'environnement

i. Air

Avec le CC, la composition de l'atmosphère se modifie (1). Les polluants sont de plus en plus nombreux et les allergènes de plus en plus présents. Les effets sur la santé sont multiples.

Polluants atmosphériques

La santé respiratoire d'une population est inversement proportionnelle au niveau de pollution dans l'air et elle engendre des conséquences sur la santé respiratoire, à court et à long terme (68).

Concernant les particules fines (PM), plus de 2,3 milliards de personnes ont été exposées à des niveaux supérieurs aux seuils recommandés par l'OMS (69) et chaque augmentation de 10 µg/m³ de particules fines (PM_{2,5}) est associée à une hausse de 2,12% des hospitalisations ou des décès pour cause d'insuffisance cardiaque (47)

Pour le monoxyde de carbone (CO), chaque augmentation de 1 ppm est liée à une hausse de 3,25% des hospitalisations ou des décès également pour cause d'insuffisance cardiaque (47).

Certains auteurs ont estimé la mortalité due à certains polluants, comme l'ozone. Ainsi, Anenberg *et al* ont associé l'ozone à près de 700 000 décès par an et à 6,3 millions d'années de vie perdues (70).

Allergies

Concernant les allergies, avec le CC, de nombreuses espèces disséminant des substances allergéniques dans l'air se développent. Non seulement ces espèces s'adaptent très bien aux nouvelles conditions climatiques mais en plus la production et la libération d'allergènes dans l'air sont facilitées par des températures élevées.

Ainsi, déjà considéré comme un enjeu de santé publique, les cas de rhinites allergiques saisonnières augmenteront dans de nombreuses régions du monde à l'avenir. En Amérique du Nord, une augmentation significative de la rhinite allergique saisonnière due aux pollens a été décrite (71). D'autres études indiquent que l'allergie au pollen d'ambroisie deviendra un problème de santé important dans toute l'Europe, s'étendant à des régions où l'ambroisie est aujourd'hui peu présente et où les cas de rhinite allergique actuellement peu fréquents (72).

ii. Eau et sols

Le CC avec les risques liés aux inondations, aux sécheresses, et aux modifications des ressources en eau peut mener à l'augmentation d'infections et de maladies.

De nombreuses maladies diarrhéiques sont saisonnières et sensibles au climat. Les principales causes de diarrhées sont : choléra, cryptosporidiose, infection à *E. coli*, giardiase, shigellose, fièvre typhoïde et autres maladies virales comme l'hépatite A. Entre 2030 et 2050, la modification du climat causera près de 48 000 décès supplémentaires par an en raison des maladies diarrhéiques (73).

La dégradation des terres et la sécheresse dues au CC compromet la santé et le bien-être de plus de 3 milliards de personnes (74). A Madagascar, suite à une des pires sécheresses touchant le pays, plus d'un million de personnes sont menacées par la famine (75).

c. Maladies vectorielles

Les maladies à transmission vectorielle nécessitent une population de vecteurs, un agent pathogène et des conditions environnementales et climatiques appropriées tout au long du cycle complet de transmission (76).

Plus de 80 % de la population mondiale est exposée à une maladie à transmission vectorielle. Parmi celles-ci, les maladies transmises par les moustiques sont celles qui contribuent le plus à la charge des maladies humaines à transmission vectorielle.

Il n'existe pas de consensus, à l'échelle mondiale, sur la façon dont les changements climatiques futurs auront un impact sur les maladies transmises par les moustiques, dans la mesure où bien d'autres facteurs entrent en compte comme l'utilisation des terres et les changements socio-économiques. En revanche, des modèles et des prévisions à l'échelle régionale sont disponibles.

En Chine, le CC devrait élargir considérablement la zone endémique où sévit la schistosomiase, une maladie transmise principalement par *Oncomelania hupensis*, un vecteur vivant en eau douce (77).

Par les modifications de la température, de l'humidité et d'autres paramètres environnementaux, le CC favorise la transmission des maladies vectorielles, y compris dans les régions où la maladie n'est pas endémique, comme dans les Caraïbes (78). Cette transmission est favorisée par la modification de nombreux paramètres : la survie et l'abondance des vecteurs, la croissance et la survie des agents pathogènes dans les organismes hôtes et dans les organismes vecteurs, l'activité des vecteurs et les taux de piqûre, et enfin, les expositions humaines aux vecteurs de maladies (79).

Le CC a aussi eu un impact sur la transmission de nombreuses maladies vectorielle en Europe (79), dont *Ixodes ricinus*. Il est le principal vecteur de la borréliose de Lyme et de l'encéphalite à tiques, les plus importantes maladies transmises par les tiques. La distribution d'*Ixodes ricinus* en Europe en 2017 est détaillée dans la figure 13. D'ici 2040, il est estimé que les conditions climatiques seront de plus en plus favorables à l'expansion géographique de ce vecteur, avec un gain territorial de près de 4% (80).

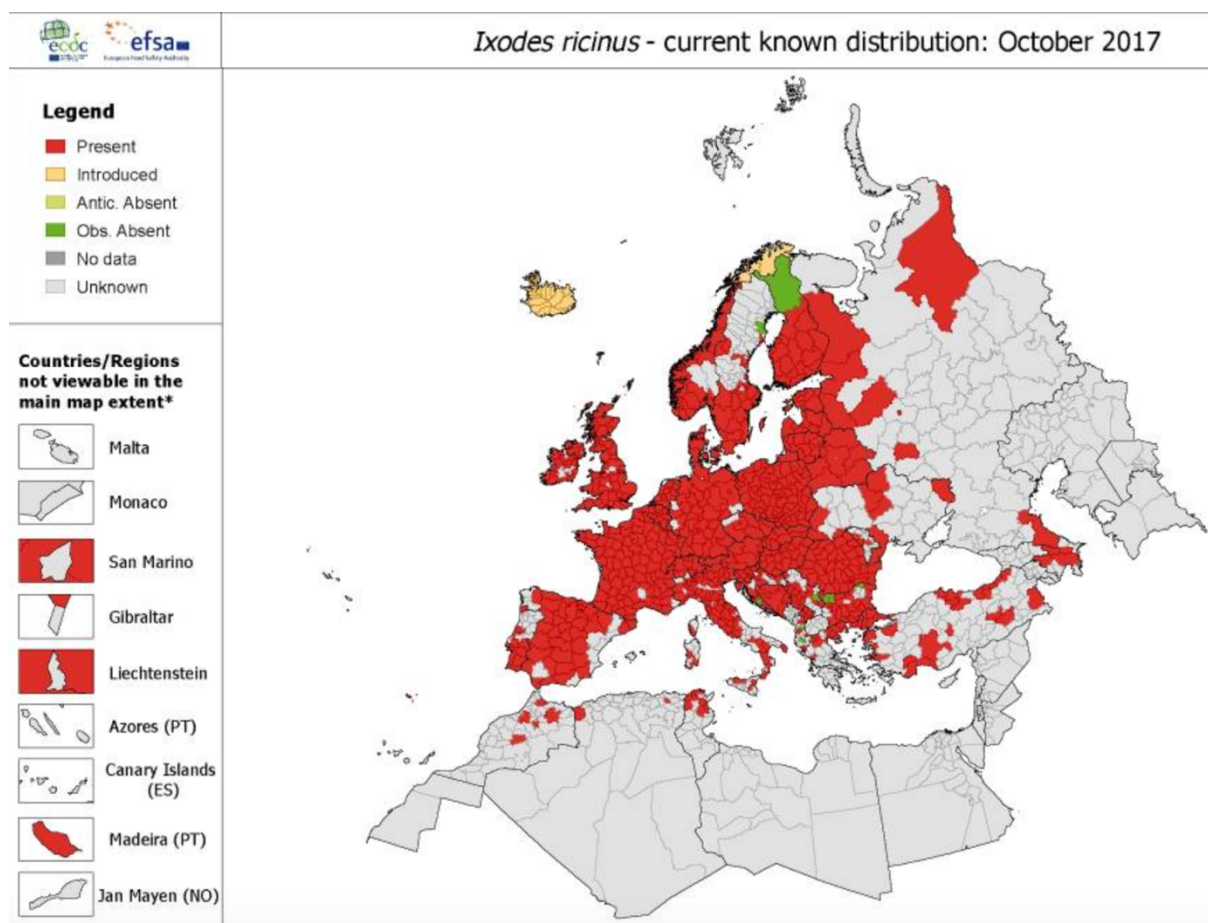


Figure 13 : Distribution connue de *Ixodes ricinus* en Europe, Octobre 2017. ECDC, EFSA

Endémique dans de nombreux pays d'Afrique ou encore dans les Amériques, le vecteur de la dengue, *Aedes albopictus* a été introduit pour la première fois en France métropolitaine, en 2004 à Menton. Seize ans plus tard, au 1^{er} Janvier 2021, *Aedes albopictus* est présent dans 61 départements (81).

Toutes les régions du monde seront confrontées à des modifications de la distribution des vecteurs et des tiques, responsables de la transmission de nombreuses maladies infectieuses.

3. Les établissements de santé face aux enjeux du changement climatique

Les effets néfastes sur la santé sont donc nombreux et peuvent provoquer des maladies à tout âge, y compris pendant le développement (82,83). Ils peuvent également exacerber les problèmes environnementaux qui amplifient directement ou indirectement les risques sanitaires tels que les maladies liées à la chaleur, l'asthme et les troubles respiratoires chroniques ou les troubles de la santé mentale (82). À l'avenir, les risques naturels liés au climat augmenteront en fréquence et en gravité (1). Or, l'exposition des personnes dans tous les pays a augmenté plus rapidement que la vulnérabilité n'a diminué, ce qui entraîne de nouveaux risques et une augmentation des pertes liées aux catastrophes (84). Les épidémies de maladies infectieuses (transmises par l'eau, les aliments, et les vecteurs) dues à la dégradation des milieux environnementaux et au CC constitueront à l'avenir des risques sanitaires encore plus importants (9,85). Ainsi, la réponse au CC pourrait être l'enjeu le plus important concernant la santé mondiale au cours de ce siècle (7).

En cas d'événement météorologique extrêmes, les services d'urgence rattachés aux ES doivent être en mesure d'atteindre la population le plus rapidement possible, en cas d'urgence médicale ou sanitaire. Ils sont en première ligne en cas de catastrophe naturelle ou d'événement lié au CC (86). Ainsi, les ES et service d'urgence réduisent les effets du CC sur la santé en traitant les maladies et les blessures et en prenant soin des patients pendant et après les catastrophes (87).

En 2005, reconnaissant l'importance de "rendre les hôpitaux sûrs face aux catastrophes", 168 pays ont adopté le Cadre d'action de Hyogo, le plan directeur mondial pour les efforts de réduction des risques de catastrophes entre 2005 et 2015. Tous les nouveaux hôpitaux devaient être construits "avec un niveau de résilience qui renforce leur capacité à rester fonctionnels en cas de catastrophe et à mettre en œuvre des mesures d'atténuation pour renforcer les ES existants, en particulier ceux qui fournissent des soins de santé primaires" (88).

Pourtant, les urgences et les crises rendent les ES incapables de fonctionner correctement, et un nombre important d'ES est encore construit dans des zones fortement exposées aux

catastrophes (89). Certains des phénomènes liés au climat peuvent constituer des menaces importantes pour le fonctionnement des ES. Alors qu'il fonctionne déjà à pleine capacité la plupart du temps, voire en surcapacité, le système de santé sera mis à l'épreuve lorsque la santé de la population sera pleinement affectée par l'augmentation des maladies liées au climat.

Les ES sont également très dépendants des services communautaires qui sont vulnérables, par exemple, aux perturbations de l'alimentation électrique (90,91) ou de la chaîne d'approvisionnement (92), fréquentes en cas de catastrophes. Nous avons vu à quel point le système actuel est fragile dans différents pays avec la crise sanitaire de Covid-19 (93–97). L'organisation des institutions et des systèmes de santé n'a pas répondu aux défis. À l'avenir, avec une fréquence et une gravité croissante, et des effets probablement durables, les problèmes de santé liés au climat ne feront pas que se succéder (canicules, sécheresses, tempêtes, etc.), mais se cumuleront (98,99). Chaque degré supplémentaire de réchauffement sera proportionnellement plus destructeur, certains pays font désormais du CC une priorité de sécurité nationale (100).

Deuxième partie : Évaluation de l'impact du changement climatique sur les établissements de santé

I. Objectifs

Les impacts du CC sur la santé sont de plus en plus étudiés mais peu de recherches semblent s'intéresser à ses conséquences sur les ES. Le travail que nous allons présenter dans cette seconde partie de notre mémoire a pour objectif principal d'évaluer la place accordée aux ES dans la littérature scientifique relative au CC ainsi que dans les rapports du GIEC. Notre objectif secondaire était d'identifier les composantes des ES impactées par le CC à partir des données décrites dans la littérature scientifique.

II. Matériels et méthodes

Pour répondre aux objectifs de notre étude, nous avons procédé en trois étapes. Premièrement, nous avons analysé les données bibliométriques afin d'évaluer la pénétration des termes sur le CC seul, et en relation avec la santé et les ES. Ensuite, nous avons analysé l'évolution des termes relatifs aux ES dans les rapports du GIEC. Enfin, nous avons effectué une revue cartographique (mapping review) de la littérature internationale et identifié les composantes des ES affectées par le CC à l'aide d'une méthode d'analyse des risques validée (101,102).

1. Sélection des données

Dans un premier temps, nous avons comparé dans la base de données PubMed, le nombre d'articles publiés entre 1979, année de la tenue de la première conférence mondiale sur le climat à Genève (Suisse), et 2021, sur les trois thèmes suivants : CC seul, CC et santé, et enfin CC et ES. Concernant le CC, nous avons utilisé les mots-clés « climate change », « global warming », « climate variability », and « greenhouse effect », et pour le CC et la santé, les mêmes mots-clés ont été utilisés avec l'ajout de « health », « disease », « mortality » et « morbidity », sur la base d'une étude précédente (103). Enfin, les termes utilisés pour le thème du CC et des ES sont ceux détaillés dans la section de la base de données PubMed du tableau II.

Dans un second temps, les occurrences des termes relatifs aux ES dans les cinq rapports d'évaluation du GIEC (1990-2014) ont été comptabilisées. Les mots-clés recherchés étaient : « hospital.s », « health care facility.ies », « hospitalization », et « hospitalized ». Un autre membre de l'équipe a vérifié la recherche en recomptant les occurrences.

Dans un troisième temps, nous avons procédé à une revue cartographique des effets globaux observés du CC sur les ES dans le monde. Sans ligne directrice internationale validée, la méthode a été structurée et adaptée autour d'autres checklists et guides validés (104–106). Dans le cadre de la construction d'une cartographie des risques climatiques pour les ES, si un risque était décrit dans plusieurs articles, nous avons illustré ce risque par au moins un exemple.

Des bases de données comprenant PubMed (médical), Scopus (sciences de la vie), Science Direct (santé), Cairn (sciences humaines et sociales) et GreenFile (environnement) ont été utilisées pour retrouver les articles publiés entre le 1er janvier 1979, et le 31 décembre 2019. En s'adaptant aux spécificités de chaque base de données, les mots-clés ont été recherchés dans plusieurs dictionnaires médicaux de référence en anglais et sélectionnés par les membres de l'équipe après une série de tests. Les équations de recherche pour chaque base de données sont détaillées dans le tableau II. Pour compléter la recherche, la littérature grise comprenant les rapports d'organisations internationales (OMS, Organisation météorologique mondiale et GIEC) et de sociétés savantes, ainsi que les articles de presse de la base de données Factiva ont été analysés.

Les études ont été incluses si elles répondaient aux critères suivants : i) études publiées entre le 01 janvier 1979 et le 31 décembre 2019, et ii) études ayant identifié la présence d'au moins un effet sur l'une des composantes des ES par l'un des facteurs climatiques. Nous avons également examiné les articles identifiés à partir des listes de référence des articles inclus pour nous assurer que tous les articles pertinents étaient inclus.

Nous avons exclu les articles i) s'ils étaient publiés dans des langues autres que l'anglais, le français ou l'allemand, ii) si la date de publication de l'article se situait en dehors de la période 1979-2019, et iii) si les articles n'identifiaient pas les conséquences des facteurs climatiques sur les ES. Nous n'avons pas spécifié de restriction de population ou de localisation géographique.

Tableau II : Équations de recherche comprenant les risques climatiques et les cinq catégories (main-d'œuvre, matériel, moyen, méthode et gestion) utilisées dans chaque base de données entre 1979 et 2019

Database	Equation
PubMed	1): "climatic processes"[MeSH Terms] OR ("climatic processes"[MeSH Terms] AND "weather"[MeSH Terms])
	2): ("built environment" [MeSH Terms] AND health [Title/Abstract]) OR ("structure collapse" [MeSH Terms] AND health [Title/Abstract]) OR "health facilities" [MeSH Terms] OR "health services accessibility" [MeSH Terms]
	3): "disease transmission, infectious" [MeSH Terms] OR "health resources " [MeSH Terms] OR "capacity building" [MeSH Terms] OR "health services " [MeSH Terms] OR "health services needs and demand" [MeSH Terms] OR "hospital rapid response team" [MeSH Terms]
	4): "health personnel " [MeSH Terms] OR "health workforce" [MeSH Terms] OR "alert fatigue, health personnel " [MeSH Terms]
	(1 AND 2) OR (1 AND 3) OR (1 AND 4)
Scopus	(TITLE-ABS-KEY ("climate change")) AND (TITLE-ABS-KEY ("health resources") OR TITLE-ABS-KEY ("health services") OR (TITLE-ABS-KEY ("capacity building") AND TITLE-ABS-KEY (hospit*)) OR TITLE-ABS-KEY (hospital*) OR TITLE-ABS-KEY ("health personnel") OR TITLE-ABS-KEY ("health care personnel") OR (TITLE-ABS-KEY (admission*) AND TITLE-ABS-KEY (hospit*)) OR TITLE-ABS-KEY ("health facility") OR TITLE-ABS-KEY ("health facilities") OR TITLE-ABS-KEY ("health care facilities") OR TITLE-ABS-KEY ("health care facility"))
Science Direct (English)	("Climate change" OR weather OR "natural disasters") AND (hospitals OR "health facilities" OR "health facility" OR "health services") In Title, abstract or keywords
Science Direct (French)	("catastrophes naturelles" OR "changements climatiques") AND (ressources OR services OR Hopital OR Hopitaux OR soins OR batiment OR personnels) In Title, abstract or keywords

GreenFile	("natural disasters" or tsunamis or floods or drought or wildfire or earthquake or tornado or hurricane or snowstorm or "climate change" or "global warming" or heatwave or "greenhouse effect" or "climatic changes" or weather) AND ("built environment" and (health or hospital) or "health resources" or "health workforce" or "health personnel" or healthcare or "health care" or hospital or "health services" or "health facilities")
Cairn	("réchauffement climatique" OU chaleur* OU tempête* OU température* OU pluie* OU inondation* OU catastrophe* OU "changement climatique" OU "changements climatiques" OU climat* OU météo*) ET (urgence* OU santé OU hôpit*OU "établissement de santé" OU "établissements de santé" OU hospitalisation* OU soin* OU malad* OU pathologi* OU troubl*)

2. Identification de l'organisation des établissements de santé et des risques climatiques

Pour permettre la répartition et la catégorisation des différents risques identifiés dans la littérature, nous avons utilisé un outil validé, le diagramme de cause à effet (ou diagramme d'Ishikawa) (101,102). Sur la base des catégories habituelles, les ES, comme toute autre organisation complexe, peuvent être divisés en plusieurs catégories : main-d'œuvre, matériel, milieu, méthode et management.

La catégorie « main-d'œuvre (ou personnes) » comprend non seulement le personnel qui travaille dans les ES, mais également tous les patients qui peuvent y être pris en charge. La catégorie « matériel (ou équipement) » comprend tous les équipements utilisés ou nécessaires aux soins des patients. La catégorie « milieu (ou environnement) » comprend tous les éléments du bâtiment, son emplacement, les infrastructures et services permettant l'accès aux ES et les différents milieux environnementaux (air, eau, sol). La catégorie « méthode » comprend l'ensemble des procédures et protocoles mis en place dans les établissements. La catégorie « management » comprend les éléments de décision, de pilotage, de financement et de gestion des établissements.

Pour aborder le CC dans sa globalité, les trois facteurs climatiques (augmentation de la température moyenne, événements météorologiques extrêmes et élévation du niveau de la

mer) ont d'abord été divisés en 9 risques climatiques : températures élevées, canicules, feux de forêt, inondations, sécheresses, tempêtes, tornades, ouragans et élévation du niveau de la mer (10,16,82). Enfin, ils ont été regroupés en 6 groupes : i) réchauffement et canicules, ii) incendies de forêt, iii) inondations et élévation du niveau de la mer, iv) sécheresses, v) tempêtes, tornades et ouragans, et vi) autres effets indirects (tels que l'altération des milieux environnementaux ou les maladies à transmission vectorielle).

Ainsi, le diagramme de cause à effet classifie les risques climatiques et l'effet étudié est le dysfonctionnement des ES. Pour construire le diagramme de cause à effet et pour illustrer chaque effet trouvé dans la littérature, nous avons sélectionné des articles représentatifs de diverses zones géographiques.

III. Résultats

1. Estimation de la place accordée aux établissements de santé dans la littérature scientifique relative au changement climatique

a. Dans la base de données PubMed

Le nombre d'articles publiés dans la base de données PubMed entre 1979 et 2021 sur le CC, le CC et la santé, et le CC et les ES est détaillé et contextualisé avec les principales conférences, décisions et rapports internationaux dans la figure 14. Pour le CC « seul », le nombre d'articles scientifiques publiés est resté stable à moins de 10 par an jusqu'en 1987. Depuis 1988, date de la création du GIEC, le nombre d'articles publiés a augmenté progressivement jusqu'en 1999 avec 108 articles puis plus fortement jusqu'en 2020 avec 9426 articles. Concernant le CC et la santé, ce n'est qu'en 1989 que plus de 5 articles ont été publiés. Ensuite, le nombre a continué à progresser avec une augmentation des publications au milieu des années 2000 avec 458 articles en 2008 et 2820 en 2020. Enfin, concernant le CC et les ES, le nombre d'articles publiés était beaucoup plus faible, 59 articles en 2005, mais a augmenté avec 216 articles en 2013 et 229 en 2015. La barre des 300 articles publiés par an a été atteinte pour le CC, le CC et la santé, et le CC et les ES en 2001, 2008 et 2019 respectivement.

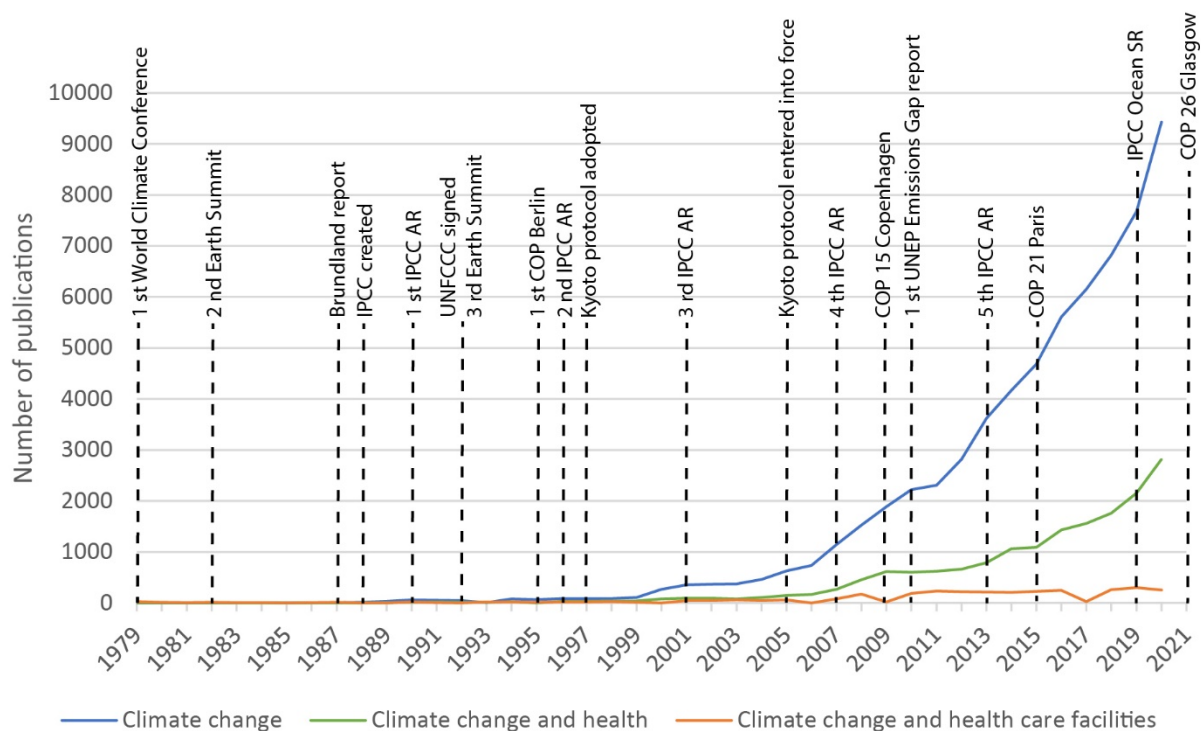


Figure 14 : Publications sur " le changement climatique ", " le changement climatique et la santé ", et " le changement climatique et les établissements de santé " par année indexée dans la base de données PubMed entre le 1er janvier 1979 et le 31 décembre 2020.

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, CCNUCC : Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, COP : Conférence des Parties, AR : rapport d'évaluation, PNUE : Programme des Nations Unies pour l'environnement, SR : rapport spécial.

b. Dans les bases de données Cairn, GreenFile, PubMed, Science Direct, Scopus et les rapports du GIEC

Le nombre de publications scientifiques liées au CC et aux ES trouvées dans les bases de données recherchées entre 1979 et 2019 est détaillé dans la figure 15. En 1979, 24 articles ont été publiés. Au cours des 16 années suivantes, le nombre d'articles par an n'a jamais dépassé ce nombre. Par exemple, en 1988, année de création du GIEC, le nombre d'articles publiés était de 12 et en 1992, année de négociation et de signature de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), il était de 23. Mais à partir des années 2000, le nombre de publications a augmenté progressivement avec 137 articles en 2005, année de l'entrée en vigueur du protocole de Kyoto, et encore plus fortement depuis 2008 avec 358 articles publiés et 554 en 2019.

Sur la période de 1990 et 2013, les occurrences des termes définissant les ES apparaissant dans les différents rapports du GIEC ont été comptabilisées (figure 15). Dans le premier rapport d'évaluation du GIEC, en 1990, il n'y avait qu'une seule occurrence ("établissements de soins médicaux"). Dans le troisième rapport d'évaluation du GIEC (2001) et le quatrième (2007), les termes relatifs aux ES sont apparus 26 fois. Dans le cinquième rapport d'évaluation du GIEC, le nombre total d'occurrences était de 44.

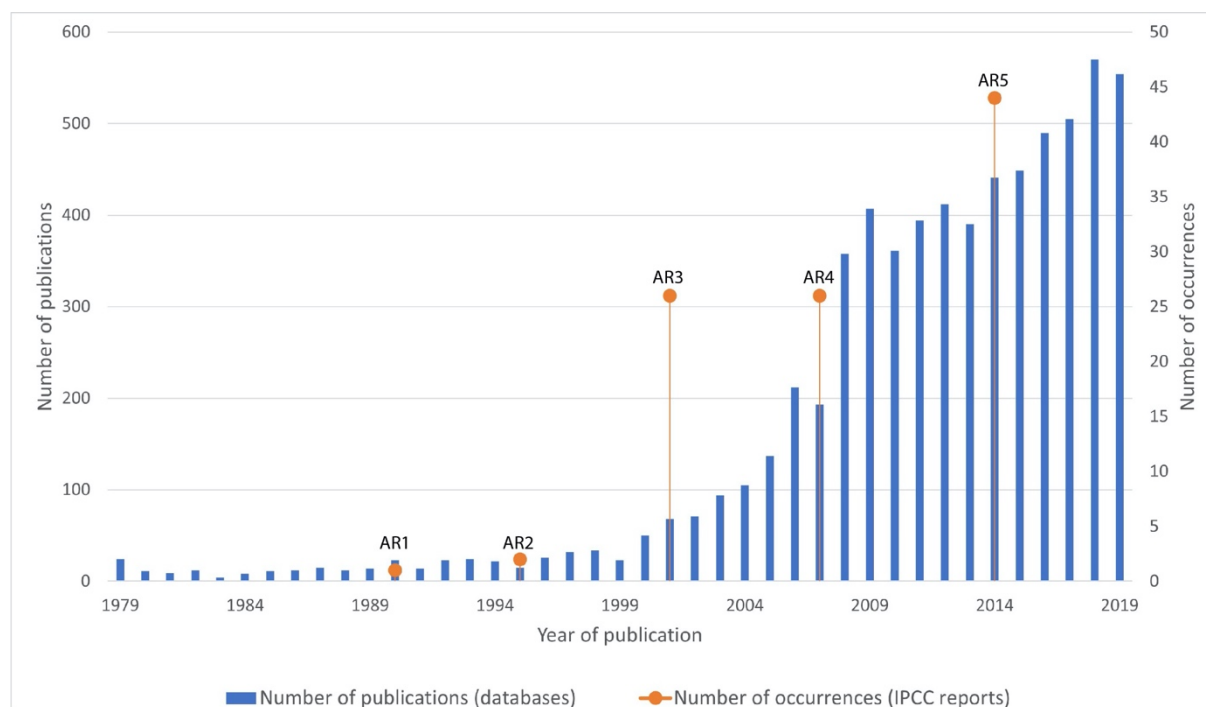


Figure 15 : Évolution du nombre d'articles publiés sur le changement climatique et les établissements de santé à partir des bases de données Cairn, GreenFile, PubMed, Science Direct et Scopus entre le 1er janvier 1979 et le 31 décembre 2019 et du nombre d'occurrences dans les rapports du GIEC (1990-2014) des termes "établissements de santé".

La place des termes relatifs aux ES dans les différents rapports des groupes de travail du GIEC est détaillée dans le tableau III. Dans les rapports d'évaluation, le thème est absent de tous les rapports du groupe de travail (WG) I. Globalement, la plupart des occurrences se trouvent dans le WG II sur les impacts, l'adaptation et la vulnérabilité. Entre le troisième rapport d'évaluation (2001) et le quatrième rapport d'évaluation (2007), le nombre de termes était le même. Davantage de termes ont été trouvés dans le WG III sur l'atténuation du CC. Il y a eu une forte augmentation du nombre d'occurrences liées aux ES dans le 5e AR (2014) avec 44 occurrences, dont 43 dans le WG II.

Tableau III : Répartition des occurrences des termes liés aux établissements de santé dans les différents rapports des groupes de travail du GIEC de chacun des cinq rapports d'évaluation (1990-2014), en nombre et en pourcentage

	AR1	AR2	AR3	AR4	AR5
	(1990)	(1995)	(2001)	(2007)	(2014)
WG I: The Physical Science basis	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
WG II: Impacts, adaptation, and vulnerability	1 (100%)	2 (100%)	24 (92%)	22 (84%)	43 (98%)
WG III: Mitigation of climate change	0 (0%)	0 (0%)	2 (8%)	4 (16%)	1 (2%)
Total	1	2	26	26	44

AR : rapport d'évaluation, WG : groupe de travail.

2. Composantes des établissements de santé impactées par le changement climatique à partir des données décrites dans la littérature scientifique

Sur la base du diagramme d'Ishikawa, un outil d'évaluation des risques reconnu et validé, nous avons détaillé, selon la littérature internationale, les risques auxquels les ES ont été confrontés dans le contexte du CC. Nous avons retenu six groupes de risques climatiques pour cette évaluation (figures 16-21).

Tous les événements climatiques ont eu un impact sur au moins une composante des ES. Soit, ils ont eu un effet sur une composante en particulier, soit sur plusieurs composantes.

a. Impacts du réchauffement climatique et des vagues de chaleur

Le réchauffement et les vagues de chaleur ont été décrits comme ayant des effets importants sur les personnes (figure 16). D'une part, les professionnels de santé ont été affectés par la chaleur et des pénuries de personnel ont été décrites. D'autre part, la vulnérabilité des patients a été accentuée, leurs pathologies aggravées, et enfin les visites aux urgences et les hospitalisations ont augmenté (107–111). Certaines personnes sont plus à risque, comme les patients diabétiques, les personnes âgées et les enfants, ce qui pourraient impacter davantage certains services hospitaliers (112–114). Nous n'avons pas trouvé d'article concernant le

réchauffement de la température et les canicules mentionnant des effets sur les autres catégories composant les ES.

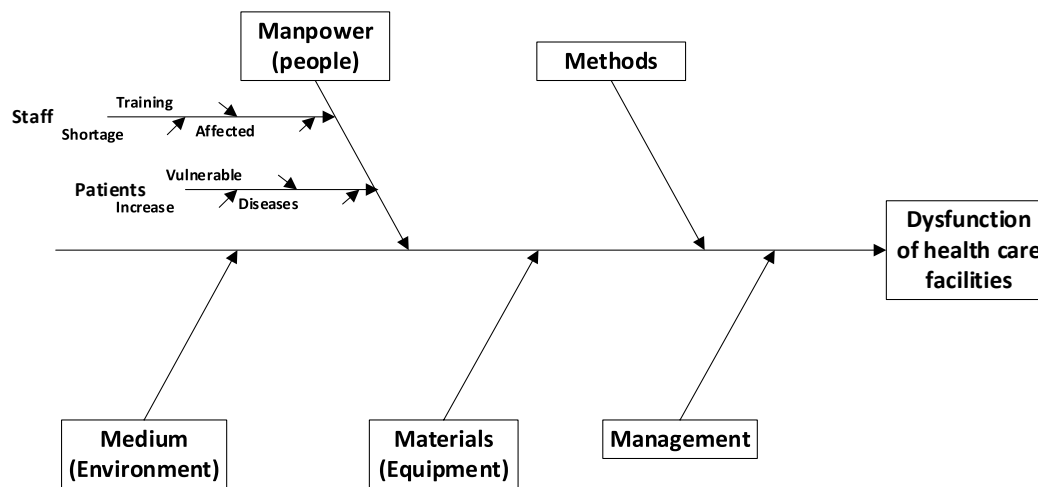


Figure 16 : Diagramme d'Ishikawa, cartographie des risques climatiques liés à l'augmentation de la température et aux vagues de chaleur pour les établissements de santé

b. Impacts de la sécheresse

Concernant la sécheresse, la catégorie avec le plus grand nombre d'effets décrits dans la littérature est celle des « personnes ». La diminution des effectifs de professionnels de santé en cas de sécheresse a été observée (115). De plus, la population, vulnérable, consulte davantage aux Urgences et est davantage hospitalisée (116,117). L'« environnement » des ES est lui aussi impacté, notamment par des problèmes d'approvisionnement et de pénurie d'eau (118,119). Concernant le « matériel », la sécheresse peut avoir un effet sur la dégradation des médicaments (115). Enfin, l'approvisionnement en énergie ainsi que les procédures et protocoles pour sa gestion au sein des ES sont mises à mal par les épisodes de sécheresse provoquant des coupures d'électricité (119,120). Les effets de la sécheresse sur les ES sont représentés dans la figure 17.

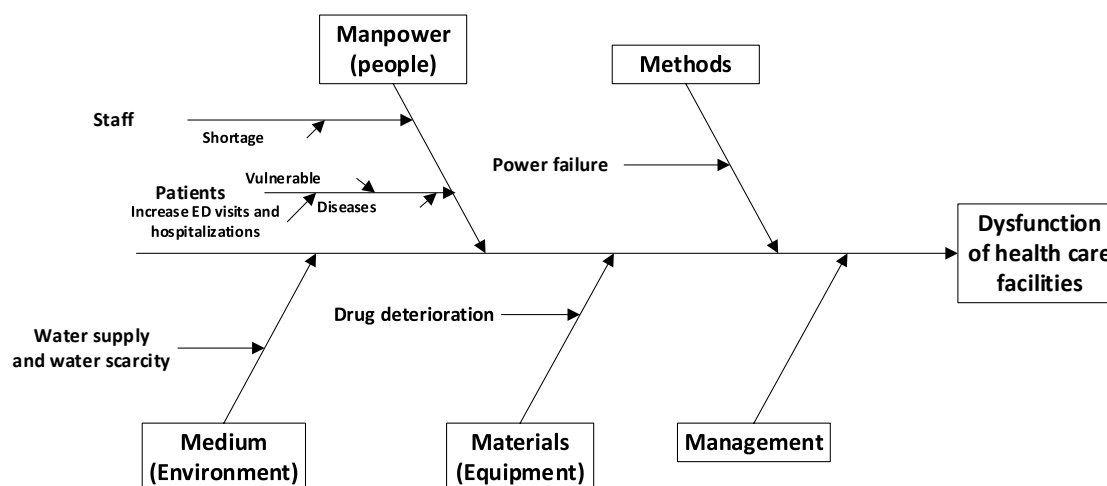


Figure 17 : Diagramme d'Ishikawa, cartographie des risques climatiques liés aux sécheresses pour les établissements de santé

c. Impacts des incendies de forêts

Concernant les incendies de forêt, la catégorie « environnement » a été impactée. Certains ES se trouvent dans des zones à risque de feux, et ont été endommagé au niveau de leur structure (121). Dans certains cas, les établissements ont dû évacuer et fermer (122). Les feux ont également des conséquences sur la qualité de l'air. D'importantes émissions de particules se produisent lors d'incendies, nuisant à la santé humaine (123).

Ainsi, les feux de forêts ont des effets néfastes sur la santé des personnes en provoquant des maladies ou en aggravant des pathologies existantes. En conséquence, les services des Urgences se retrouvent très sollicités et les hospitalisations augmentent (121,123–125). Les pathologies à prendre en charge sont principalement des pathologies cardiorespiratoires (121,125–128). Les personnes vulnérables, avec des maladies préexistantes chroniques, ou avec des faibles revenus sont particulièrement à risque (128,129).

Si les ES sont touchés par les feux, le matériel et les équipements médicaux peuvent également être endommagés et détruits (122). Les impacts des incendies de forêt sur les ES sont décrits dans la figure 18.

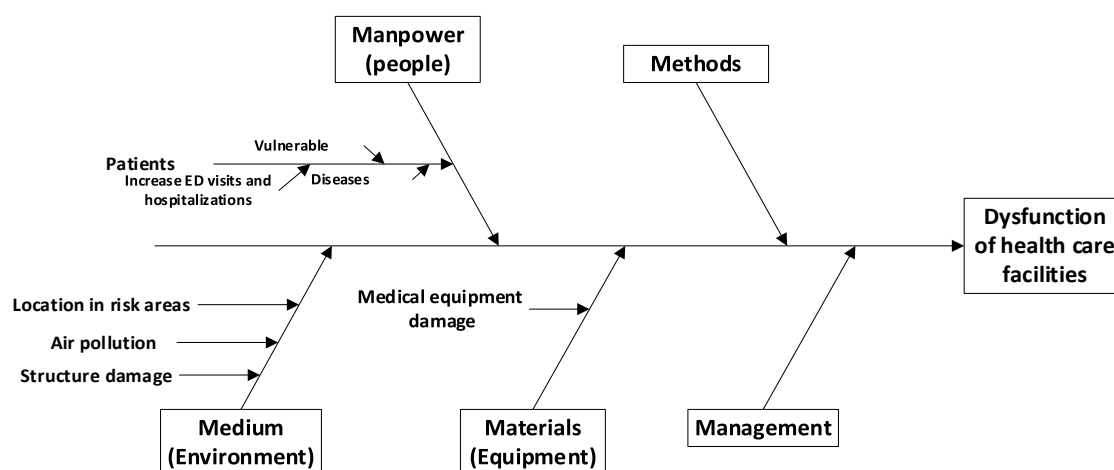


Figure 18 : Diagramme d'Ishikawa, cartographie des risques climatiques liés aux feux de forêts pour les établissements de santé

d. Impacts des événements météorologiques extrêmes

Les événements météorologiques extrêmes comme les tempêtes, ouragans et cyclones impactent les ES avec de nombreux effets décrits dans chaque catégorie (figure 19).

Concernant la catégorie « environnement », les ES sont touchés directement avec des dommages et des destructions entraînant l'évacuation des patients et la fermeture de ces établissements (130–137). Ces fermetures peuvent durer plusieurs mois (138). Les voies d'accès peuvent également être touchées empêchant à la fois les services d'urgence de se projeter auprès de la population ayant besoin d'assistance médicale, et la population d'accéder aux ES (139). Les études rapportent que l'approvisionnement en eau est rendu très difficile voire complètement interrompu (132–134).

Sur le versant des ressources humaines, le personnel de santé peut être affecté, notamment sur le plan de la santé mentale, sur le court et le long-terme (140–143). En raison des conditions météorologiques, un manque de professionnels de santé a été décrit (132). Concernant les patients, ils sont également affectés sur le plan de la santé mentale, mais aussi par l'augmentation des blessures (144–146). Ainsi, malgré les difficultés d'accès, les visites aux Urgences et les admissions dans les ES augmentent (133,136,147–149). Enfin, les patients pris en charge à domicile avec du matériel médical dédié et la nécessité de soins sont transférés dans les ES afin de permettre la continuité des soins (133,147).

Concernant les ressources matérielles, des pénuries de lits, de matériel médical, de médicament et des problèmes au niveau des appareils de communication ont été décrits (132,150–152). Le manque de matériel médical opérationnel est principalement dû aux coupures de courant ou autres dysfonctionnements rendant impossible l'utilisation du matériel, ou bien au fait que le matériel et les médicaments ne sont pas en quantités suffisantes face à l'afflux de patients. Certains établissements constituent des stocks d'urgence pour les médicaments « essentiels ».

Les procédures et méthodes normalement utilisées dans les ES n'ont pas permis de faire face aux événements météorologiques extrêmes. Ainsi, concernant l'énergie, de nombreuses coupures de courant ont été décrites (131–134). Les systèmes de communication ont eux aussi été défaillants rendant les communications internes et externes difficiles voire impossibles (132–134). Du fait de la destruction des documents ou de l'impossibilité d'accéder à un ordinateur, les dossiers médicaux n'étaient pas consultables (132–134). Enfin, l'utilisation des moyens de transports médicalisés était difficile en raison de la pénurie de carburant (153). Pourtant, de nombreuses évacuations d'ES étaient nécessaires, parfois avec le soutien de l'armée pour assurer les transports dans les temps (133,134,153–156).

Enfin, concernant le management, des problématiques de gestion financière, à court-terme mais également sur le long-terme ont été décrits (153).

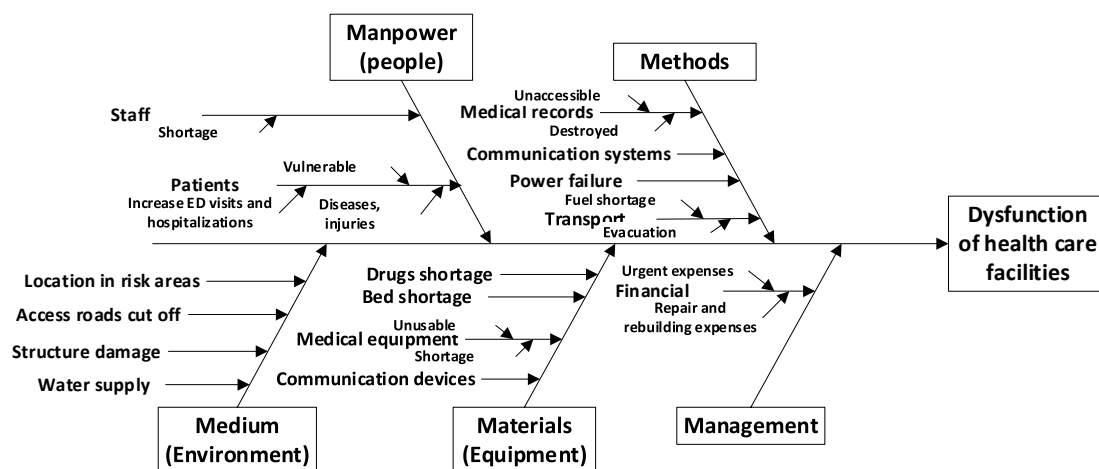


Figure 19 : Diagramme d'Ishikawa, cartographie des risques climatiques liés aux événements météorologiques extrêmes pour les établissements de santé

e. Impacts des inondations et de l'élévation du niveau des océans et des mers

Concernant les risques liés aux inondations et à l'élévation du niveau des mers et océans, l'« environnement » est impacté. En effet, de nombreux ES sont situés dans des zones à risques d'inondation (157,158). Comme dans les situations précédentes, les ES, en cas d'inondations, subissent des dommages directs voire des destructions (157). Les voies d'accès aux ES peuvent aussi être coupées (157,159). Enfin, des difficultés d'accessibilité à l'eau ont été décrites (157).

Concernant les « personnes », les hospitalisations augmentent avec des patients avec des blessures physiques ou bien des troubles de la santé mentale (157). Les professionnels de santé, eux aussi, peuvent souffrir de troubles de la santé mentale (157,160). Ils peuvent également ne pas pouvoir rejoindre leur lieu de travail à cause des routes impraticables (159). Les ES se retrouvent alors en manque de personnel.

La catégorie « matériel » est également impactée. Touchés par les eaux, les médicaments, le matériel médical (notamment électronique), les véhicules, ainsi que les moyens de communications se retrouvent à manquer ou bien à ne pas pouvoir être utilisés (159).

Concernant les « méthodes », l'accès aux dossiers médicaux est compromis, qu'ils soient en version papier ou accessibles par informatique (157,161,162). Des coupures de courant ont également été décrites (159), tout comme des coupures dans le système de communication (157,158). L'utilisation des véhicules était également difficile. Pourtant, avoir une organisation opérationnelle pour effectuer les nombreuses évacuations de patients était nécessaire (158). Enfin, la difficile gestion des déchets solides et des effluents était un problème auquel les ES ont été confrontés (159).

Enfin, concernant le management, un manque de « leadership », d'informations claires, et d'organisation ont été décrits (159). Les ES ont également des difficultés financières pour réparer ou pour débloquer des fonds d'urgence (158,159,163)

Les effets des inondations et de l'élévation du niveau de la mer sur les ES sont nombreux (figure 20).

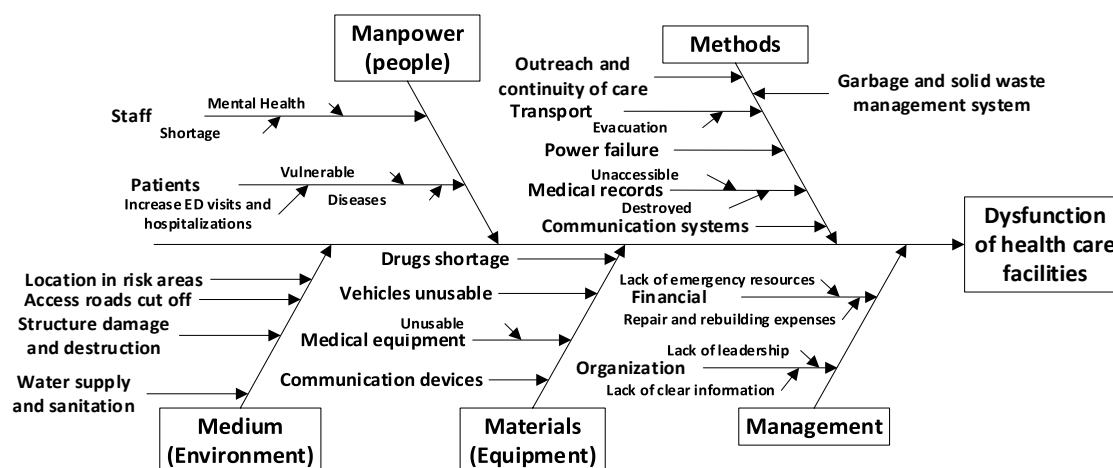


Figure 20 : Diagramme d'Ishikawa, cartographie des risques climatiques liés aux inondations et à l'élévation du niveau de la mer pour les établissements de santé

f. Impacts liés aux autres effets indirects

Les risques climatiques liés aux autres effets indirects pour les ES sont présentés dans la figure 21. Seuls les effets sur les catégories « personnes » et « environnement » ont été décrites dans la littérature.

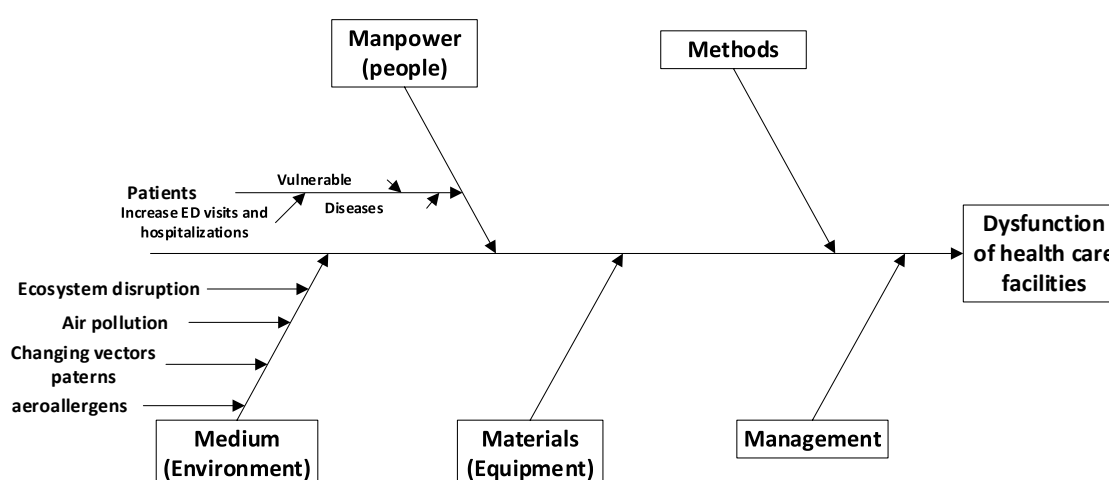


Figure 21 : Diagramme d'Ishikawa, cartographie des risques climatiques liés aux autres effets indirects pour les établissements de santé

Les modifications de la répartition des maladies à transmission vectorielle dues aux perturbations des écosystèmes sont décrites, comme pour le paludisme (164,165). L'altération des milieux (sols, air et eau) a également un impact sur les ES du fait de la dégradation de la santé de la population. Ainsi, la pollution de l'air ou encore les allergènes entraînent des maladies ou l'aggravation de maladies chroniques existantes et l'augmentation des admissions aux Urgences et des hospitalisations (166–169).

Lié à la dégradation des milieux, le fardeau d'autres maladies infectieuses émergentes ou ré-émergentes, notamment transmises par l'eau ou l'alimentation, augmente (170,171)

IV. Discussion

A notre connaissance, pour la première fois, notre étude a permis de mesurer dans le temps la place accordée au CC, aux liens entre le CC et la santé ainsi qu'aux liens entre CC et ES, dans la littérature scientifique entre 1979 et 2021. Notre travail a également permis d'identifier les composantes des ES affectées par le CC.

Si les conférences internationales sur le CC et les traités se succèdent depuis plus de 40 ans, ce n'est qu'au début des années 2000 que le nombre de publications scientifiques sur le CC et la santé a véritablement augmenté. A travers une autre base de données, le même constat a été fait par Verner *et al.* concernant les publications sur le CC et la santé entre 1990 et 2014 (103). Non seulement les publications relatives à la santé ne représentaient qu'une minorité des publications sur le CC, mais il faudrait certainement des années pour rattraper le retard pris par la recherche. Il semble que la même situation s'applique aux ES. En effet, concernant les publications sur le CC et les ES, ce n'est que près de 10 ans plus tard, à la fin des années 2000, que le nombre de publications scientifiques, bien qu'encore faible, a augmenté. Cette tendance semble être confirmée par notre analyse dans plusieurs bases de données couvrant de nombreux champs disciplinaires. Nous avons vu qu'à partir de 2008, le sujet des ES gagnait en importance. Malgré ces évolutions récentes, dans leur étude publiée en 2017, Adelaine *et al.* n'ont pas trouvé suffisamment de données et d'études détaillées pour évaluer correctement l'augmentation des visites aux urgences et à l'hôpital attendue en raison du CC (12).

Les données limitées sur les ES se reflètent également dans les différents rapports du GIEC, avec peu d'occurrences des termes liés aux ES, par rapport au nombre beaucoup plus important d'occurrences du mot "santé" (103). De plus, le fait de rencontrer principalement les termes liés aux ES dans les rapports du GIEC du WG II plutôt que du WG III, tend à indiquer que les ES souffrent du CC et peuvent même faire partie du problème en contribuant de manière significative aux émissions de gaz à effet de serre, entre autres émissions (172,173). Il semble donc qu'ils ne se soient pas encore adaptés pour disposer d'organisations capables d'apporter des solutions au CC. D'autres publications illustrent cette situation en décrivant les effets que subissent les ES, tout en décrivant les opportunités possibles si des mesures étaient prises (82).

Notre étude n'a pas pu identifier les impacts sur l'ensemble des services de santé prenant en charge des pathologies identifiées comme impactées par le CC (174). Par ailleurs, bien que toutes les régions du monde soient touchées par le CC, nous avons identifié relativement peu de publications sur les structures de santé en Afrique, par exemple, alors même que l'Afrique est particulièrement exposée aux effets sanitaires du CC avec un possible déplacement de la charge de morbidité vers les arbovirus (175). Une observation comparable a été faite dans la recherche sur la santé mondiale, où, bien que les publications sur la santé dans les pays à revenus faibles et moyens (LMICs) aient augmenté au fil du temps, certains pays étaient proportionnellement moins représentés (176). Le CC mondial trouvera des solutions locales d'adaptation et d'atténuation pour les ES. Il est donc essentiel d'avoir une compréhension et une vision globale des ES au sein de leur territoire.

La création du diagramme d'Ishikawa permet une approche constructive par l'amélioration de la qualité en identifiant les multiples causes qui peuvent contribuer à un effet spécifique (101). Grâce à cet outil, nous avons pu identifier les catégories impactées par le CC, distinguer la relation entre les causes profondes et l'effet et mettre en évidence les liens existants entre eux.

Par notre méthode d'analyse, nous avons identifié que les ES étaient profondément affectés par le CC. Certaines causes sont indépendantes du fonctionnement opérationnel des services

de santé, comme le fait que les ES soient situés près d'une rivière ou de la côte, afin de répondre à l'augmentation de la population dans ces zones géographiques (89,158). En outre, les ES souffrent de difficulté d'accès, comme au Guatemala en 2005 après l'ouragan Stan, où 61% des habitants des zones touchées ne pouvaient pas atteindre l'hôpital (177). Ces causes doivent être évaluées et anticipées avant même la construction du bâtiment en tenant compte des zones à risque d'inondations, de tempêtes ou encore de feux. D'autres causes dépendent du fonctionnement des ES. Par conséquent, nous pouvons agir rapidement sur celles-ci. Par exemple, la constitution d'un stock de médicaments d'urgence, la préparation d'une procédure en cas d'événements climatiques extrêmes, la formation du personnel, ou encore le fait de ne pas laisser les générateurs de secours dans les sous-sols susceptibles d'être inondés (120,159). Ces mesures sont d'autant plus nécessaires que le CC affecte les populations déjà vulnérables et les patients souffrant déjà de maladies chroniques et entraîne une augmentation des demandes de services de santé et des hospitalisations. Pour guider les décisions, mettre en œuvre les actions adaptées et ainsi permettre une gestion efficace des ES, les décideurs doivent être informés des risques climatiques actuels et futurs. Cependant, la gouvernance, le leadership et la prise de décision ont parfois échoué lors de situations de crise (159).

Ainsi, nous avons vu que de nombreux secteurs des ES peuvent être affectés indépendamment par le CC mais également, en cas de défaillance d'un secteur, avoir des effets en cascade les uns sur les autres, parfois de manière synergique (178). Par exemple, en cas d'inondations, il a été observé des pannes de courant dans les ES. Or, avec des générateurs de secours parfois localisés dans les sous-sols, les procédures mises en place pour prévenir ces risques n'ont pas été efficaces. Ainsi, le bon fonctionnement des appareils médicaux électriques et l'accès aux dossiers médicaux n'ont plus été possibles. Ces impacts ont conduit au dysfonctionnement des ES, et dans certains cas, ils ont contribué à une prise en charge inadéquate des patients (179).

De plus, de nombreux effets du CC ont eu un impact sur les ES à très court terme (quelques heures après le début d'un événement climatique), comme le manque de personnel ou l'évacuation de l'hôpital en raison de dommages structurels (115,132,133). D'autres ont eu un impact sur les ES à moyen ou long terme (plusieurs jours, voire plusieurs mois après), comme

la fermeture de l'hôpital suite à des destructions ou concernant des problèmes financiers liés aux dépenses de réparation et de reconstruction (132,135,136,138).

Enfin, cette méthode d'analyse des risques nous a également permis d'identifier les « gaps » par rapport aux effets étudiés entre CC et santé (10,180).

Tous les systèmes de santé sont fragiles, par exemple avec les pénuries de médicaments qui sont devenues un problème majeur au niveau mondial (181) ou la résistance aux antibiotiques (11). Le CC affaiblira encore plus le système mais rendra également les ES non opérationnels en cas d'urgence (178,182). Il serait donc important de rendre ce thème plus visible dans les futurs rapports scientifiques et de mettre la question du CC à l'ordre du jour des préoccupations des directeurs et gestionnaires d'ES. En testant la capacité des systèmes de santé à résister aux chocs sanitaires tout en maintenant les soins courants, la crise sanitaire du COVID-19 nous a également montré les limites du système de santé et la fragilité de l'organisation actuelle des ES avec des dysfonctionnements nombreux et importants comme le manque de lits ou d'équipements (183,184). Ce pourrait être une bonne occasion de tirer des leçons de causes externes, que nous croyions lointaines mais qui ont pourtant de réels effets sur les ES. Ainsi, nous avons encore l'opportunité de construire des systèmes de santé résilients, définis comme " la capacité des acteurs de la santé, des institutions et des populations à se préparer et à répondre efficacement aux crises ; à maintenir les fonctions essentielles lorsqu'une crise survient ; et, informés par les leçons apprises pendant la crise, à se réorganiser si les conditions l'exigent " (185). Si les risques climatiques ne sont pas pris en compte rapidement, les ES pourraient être incapables de répondre aux grands défis futurs.

Bien que le secteur de la santé soit considéré comme un opérateur vital et une infrastructure critique dans de nombreux pays, les ES souffrent du CC et seront encore plus vulnérables à l'avenir si des actions concrètes ne sont pas mises en place. Pour guider les gestionnaires et éclairer la prise de décision, chaque ES pourrait évaluer son exposition aux risques existants et futurs, en particulier ceux liés au CC. L'adaptation d'outils existants pour intégrer le CC, tels que le « hospital safety index » (HSI), pourrait être une solution (186). Le HSI est un outil de diagnostic rapide, peu coûteux et facile à mettre en œuvre par une équipe pluridisciplinaire formée, composée d'ingénieurs, d'architectes et de professionnels de santé. Il porte sur quatre composantes majeures (l'emplacement, le structurel, le non-structurel et le

fonctionnel) avec près de 150 éléments évalués. Les valeurs sont calculées à l'aide d'un module de notation. Cette notation comprend trois catégories de sécurité : élevée, moyenne et faible. Une page du formulaire du HSI est disponible en Annexe 1.

Mettre en place des mesures en fonction des résultats de ces évaluations pourrait éviter tout dysfonctionnement et permettre une prise en charge optimale des patients et une continuité des soins. Le partage d'expérience et la mutualisation des solutions trouvées accéléreront grandement la mise en œuvre des actions futures, partout. Les ES seront ainsi mieux à même d'anticiper et de s'adapter aux différents changements climatiques déjà en cours, et à venir.

V. Conclusion et perspectives

Jusqu'à récemment, la santé, et plus encore les ES, n'étaient pas au centre de la recherche scientifique sur le CC. Pourtant, ces derniers sont déjà pleinement impactés par le CC, dans tous les secteurs, à court et à long terme. Une gestion des risques uniquement *a posteriori* n'est pas adaptée pour faire face à tous les enjeux et surtout pour anticiper les défis à venir. Il est donc urgent de mettre en place une analyse *a priori* des risques liés au climat dans tous les ES du monde en adaptant les outils d'évaluation des risques.

La réalisation d'une cartographie des risques faciliterait la compréhension des différentes interactions et la mise en œuvre d'actions efficaces et efficientes au sein des ES. A notre connaissance, il n'existe pas d'outil permettant cette évaluation des risques au sein des ES, c'est pourquoi nous souhaitons désormais travailler à l'élaboration d'un support adapté aux ES.

Par ailleurs, afin d'aider les établissements, nous souhaitons faire le point sur les actions déjà mises en œuvre pour atténuer les effets du CC et adapter les ES à cet enjeu.

Bibliographie

1. IPCC. 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 University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA; 2013.
2. WMO. The Global Climate in 2015-2019. 2020 (page consulté le 22 févr 2021), [En ligne]. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10251
3. UNISDR. The Human Cost of Weather-Related Disasters 1995-2015. 2015;30.
4. Costello A, Abbas M, Allen A, Ball S, Bell S, Bellamy R, et al. Managing the health effects of climate change: Lancet and University College London Institute for Global Health Commission. Lancet. 16 mai 2009;373(9676):1693-733.
5. WHO . Chan M. WHO | Message from WHO Director-General; 2008 (page consultée le 22 févr 2021), [En ligne]. https://www.who.int/world-health-day/dg_message/en/
6. WMO. State of the climate in Africa 2019 . 2020 (page consultée le 22 févr 2021), [En ligne]. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10421
7. Watts N, Adger WN, Agnolucci P, Blackstock J, Byass P, Cai W, et al. Health and climate change: policy responses to protect public health. Lancet. 7 nov 2015;386(10006):1861-914.
8. IPCC. 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 University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA; 2014.
9. WMO. WMO statement on the state of the global climate in 2019 . 2020 (page consultée le 22 févr 2021), [En ligne]. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10211
10. Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Belesova K, Boykoff M, et al. The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. The Lancet. nov 2019;394(10211):1836-78.
11. Laxminarayan R, Duse A, Wattal C, Zaidi AKM, Wertheim HFL, Sumpradit N, et al. Antibiotic resistance—the need for global solutions. The Lancet Infectious Diseases. déc 2013;13(12):1057-98.
12. Adelaine SA, Sato M, Jin Y, Godwin H. An Assessment of Climate Change Impacts on Los Angeles (California USA) Hospitals, Wildfires Highest Priority. Prehosp Disaster med. oct 2017;32(5):556-62.
13. Castellana D, Baars S, Wubs FW, Dijkstra HA. Transition Probabilities of Noise-induced Transitions of the Atlantic Ocean Circulation. Sci Rep. déc 2019;9(1):20284.
14. Sgubin G, Swingedouw D, Drijfhout S, Mary Y, Bennabi A. Abrupt cooling over the North Atlantic in modern climate models. Nat Commun. 28 avr 2017;8(1):14375.
15. Bélanger D, Gosselin P, Bustinza R, Campagna C, Sant'Ana M. Changements climatiques et santé: prévenir, soigner et s'adapter. Québec : Presses de l'Université Laval; 2019. 213 p.
16. Mora C, Spirandelli D, Franklin EC, Lynham J, Kantar MB, Miles W, et al. Broad threat to humanity from cumulative climate hazards intensified by greenhouse gas emissions. Nature Clim Change. déc 2018;8(12):1062-71.
17. World Health Organization. Preventing disease through healthy environments. A global assessment of the burden of disease from environmental risks . 2016. [En ligne]. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204585/9789241565196_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y
18. 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. *The Lancet*. déc 2018;392(10163):2479-514.

19. Hales S, Kovats S, Lloyd S, Campbell-Lendrum D, World Health Organization, World Health Organization, et al. Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s . 2014 (page consultée le 9 août 2021), [En ligne]. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/134014/1/9789241507691_eng.pdf

20. Robine J-M, Cheung SLK, Le Roy S, Van Oyen H, Griffiths C, Michel J-P, et al. Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *C R Biol*. févr 2008;331(2):171-8.

21. Mora C, Dousset B, Caldwell IR, Powell FE, Geronimo RC, Bielecki CR, et al. Global risk of deadly heat. *Nature Clim Change*. juill 2017;7(7):501-6.

22. Mora C, Counsell CWW, Bielecki CR, Louis LV. Twenty-Seven Ways a Heat Wave Can Kill You:: Deadly Heat in the Era of Climate Change. *Circ: Cardiovascular Quality and Outcomes* . nov 2017 (page consultée le 9 août 2021),10(11). [En ligne]. <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCOUTCOMES.117.004233>

23. Liu C, Yavar Z, Sun Q. Cardiovascular response to thermoregulatory challenges. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*. 2015;309(11):H1793-812.

24. Ma W, Chen R, Kan H. Temperature-related mortality in 17 large Chinese cities: How heat and cold affect mortality in China. *Environmental Research*. oct 2014;134:127-33.

25. Yu W, Hu W, Mengersen K, Guo Y, Pan X, Connell D, et al. Time course of temperature effects on cardiovascular mortality in Brisbane, Australia. *Heart*. 1 juill 2011;97(13):1089-93.

26. Huang J, Wang J, Yu W. The Lag Effects and Vulnerabilities of Temperature Effects on Cardiovascular Disease Mortality in a Subtropical Climate Zone in China. *IJERPH*. 11 avr 2014;11(4):3982-94.

27. Rocklöv J, Forsberg B, Ebi K, Bellander T. Susceptibility to mortality related to temperature and heat and cold wave duration in the population of Stockholm County, Sweden. *Global Health Action*. déc 2014;7(1):22737.

28. Guo Y, Barnett AG, Pan X, Yu W, Tong S. The Impact of Temperature on Mortality in Tianjin, China: A Case-Crossover Design with a Distributed Lag Nonlinear Model. *Environmental Health Perspectives*. déc 2011;119(12):1719-25.

29. Huang C, Barnett AG, Wang X, Tong S. Effects of Extreme Temperatures on Years of Life Lost for Cardiovascular Deaths: A Time Series Study in Brisbane, Australia. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. sept 2012;5(5):609-14.

30. Vaneckova P, Bambrick H. Cause-Specific Hospital Admissions on Hot Days in Sydney, Australia. Dowdy DW, rédacteur. *PLoS ONE*. 7 févr 2013;8(2):e55459.

31. Son J-Y, Bell ML, Lee J-T. The impact of heat, cold, and heat waves on hospital admissions in eight cities in Korea. *Int J Biometeorol*. nov 2014;58(9):1893-903.

32. Sun Z, Chen C, Xu D, Li T. Effects of ambient temperature on myocardial infarction: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Pollution*. oct 2018;241:1106-14.

33. Mimish L. Electrocardiographic findings in heat stroke and exhaustion: A study on Makkah pilgrims. *Journal of the Saudi Heart Association*. janv 2012;24(1):35-9.

34. Santé Publique France. Fortes chaleurs : prévenir les risques sanitaires chez la personne âgée; (page consultée le 11 août 2021), [En ligne]. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/climat/fortes-chaleurs-canicule/documents/depliant-flyer/fortes-chaleurs-prevenir-les-risques-sanitaires-chez-la-personne-agee>

35. Xu Z, Sheffield PE, Su H, Wang X, Bi Y, Tong S. The impact of heat waves on children's health: a systematic review. *Int J Biometeorol*. mars 2014;58(2):239-47.

36. Nitschke M, Tucker GR, Bi P. Morbidity and mortality during heatwaves in metropolitan Adelaide. *Medical Journal of Australia*. déc 2007;187(11-12):662-5.
37. Brikowski TH, Lotan Y, Pearle MS. Climate-related increase in the prevalence of urolithiasis in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 15 juill 2008;105(28):9841-6.
38. Bouchama A, Knochel JP. Heat Stroke. *N Engl J Med*. 20 juin 2002;346(25):1978-88.
39. Bouchama A. Prognostic Factors in Heat Wave–Related DeathsA Meta-analysis. *Arch Intern Med*. 12 nov 2007;167(20):2170.
40. Witt C, Schubert JA, Jehn M, Holzgreve A, Liebers U, Endlicher W, et al. The Effects of Climate Change on Patients With Chronic Lung Disease. *Deutsches Aerzteblatt Online* . 21 déc 2015 (page consultée le 10 août 2021), [En ligne]. <https://www.aerzteblatt.de/10.3238/arztebl.2015.0878>
41. Gasparrini A, Armstrong B, Kovats S, Wilkinson P. The effect of high temperatures on cause-specific mortality in England and Wales. *Occup Environ Med*. janv 2012;69(1):56-61.
42. Vida S, Durocher M, Ouarda TBMJ, Gosselin P. Relationship Between Ambient Temperature and Humidity and Visits to Mental Health Emergency Departments in Québec. *PS*. nov 2012;63(11):1150-3.
43. EM-DAT. The international disasters database; (page consultée le 10 août 2021), [En ligne]. <https://www.emdat.be/>
44. France Culture . Incendies aux États-Unis : San Francisco plongée dans une rouge obscurité; (page consultée le 10 août 2021), [En ligne]. <https://www.franceculture.fr/emissions/revue-de-presse-internationale/la-revue-de-presse-internationale-emission-du-vendredi-11-septembre-2020>
45. Reid CE, Brauer M, Johnston FH, Jerrett M, Balme JR, Elliott CT. Critical Review of Health Impacts of Wildfire Smoke Exposure. *Environ Health Perspect*. sept 2016;124(9):1334-43.
46. Reid CE, Maestas MM. Wildfire smoke exposure under climate change: impact on respiratory health of affected communities. *Current Opinion in Pulmonary Medicine*. mars 2019;25(2):179-87.
47. Shah AS, Langrish JP, Nair H, McAllister DA, Hunter AL, Donaldson K, et al. Global association of air pollution and heart failure: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet*. sept 2013;382(9897):1039-48.
48. Thomas P, Swaminathan A, Lucas RM. Climate change and health with an emphasis on interactions with ultraviolet radiation: a review. *Glob Change Biol*. août 2012;18(8):2392-405.
49. World Health Organization. Les effets connus des UV sur la santé . 2021. [En ligne]. <https://www.who.int/fr/news-room/q-a-detail/the-known-health-effects-of-uv>
50. Norval M, Lucas RM, Cullen AP, de Grujil FR, Longstreth J, Takizawa Y, et al. The human health effects of ozone depletion and interactions with climate change. *Photochem Photobiol Sci*. 2011;10(2):199.
51. HCSP. Recommandations sanitaires associées aux index UV . Rapport de l'HCSP. Paris : Haut Conseil de la Santé Publique; mai 2019. [En ligne]. <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=723>
52. Ministère des Solidarités et de la Santé. Accueil - Base de données publique des médicaments; (page consultée le 11 août 2021), [En ligne]. <https://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/index.php>
53. Field CB, Intergovernmental Panel on Climate Change, rédacteurs. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaption: special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, NY : Cambridge University Press;

2012. 582 p.

54. Qiu L, Nixon WA. Effects of Adverse Weather on Traffic Crashes: Systematic Review and Meta-Analysis. *Transportation Research Record*. janv 2008;2055(1):139-46.
55. Tairou F, Institut national de santé publique du Québec, Direction de la santé environnementale et de la toxicologie. Proposition d'indicateurs aux fins de vigie et de surveillance des troubles de la santé liés aux précipitations hivernales et aux avalanches . Montréal, Qué. : Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec; 2010 (page consultée le 9 août 2021), [En ligne]. <https://www.deslibris.ca/ID/226077>
56. Román Ortiz C, Tenías JM, Estarlich M, Ballester F. Systematic review of the association between climate and hip fractures. *Int J Biometeorol*. oct 2015;59(10):1511-22.
57. Modarres R, Ouarda TBMJ, Vanasse A, Orzanco MG, Gosselin P. Modeling seasonal variation of hip fracture in Montreal, Canada. *Bone*. avr 2012;50(4):909-16.
58. Saulnier DD, Brolin Ribacke K, von Schreeb J. No Calm After the Storm: A Systematic Review of Human Health Following Flood and Storm Disasters. *Prehosp Disaster med*. oct 2017;32(5):568-79.
59. Malik S, Awan H, Khan N. Mapping vulnerability to climate change and its repercussions on human health in Pakistan. *Global Health*. 2012;8(1):31.
60. Jiao Z, Kakoulides SV, Moscona J, Whittier J, Srivastav S, Delafontaine P, et al. Effect of Hurricane Katrina on Incidence of Acute Myocardial Infarction in New Orleans Three Years After the Storm. *The American Journal of Cardiology*. févr 2012;109(4):502-5.
61. Rylander C, Øyvind Odland J, Manning Sandanger T. Climate change and the potential effects on maternal and pregnancy outcomes: an assessment of the most vulnerable – the mother, fetus, and newborn child. *Global Health Action*. déc 2013;6(1):19538.
62. Silove D, Steel Z. Understanding community psychosocial needs after disasters: implications for mental health services. *J Postgrad Med*. juin 2006;52(2):121-5.
63. Portier C, Thigpen Tart K, Carter S, Dilworth C, Grambsch A, Gohlke J, et al. A Human Health Perspective on Climate Change: A Report Outlining Research Needs on the Human Health Effects of Climate Change. *Environ Health Perspect* . 21 avr 2010 (page consultée le 11 août 2021), [En ligne]. http://ehponline.org/static/pdf/hhcc_report.pdf
64. Yusa A, Berry P, J.Cheng J, Ogden N, Bonsal B, Stewart R, et al. Climate Change, Drought and Human Health in Canada. *IJERPH*. 17 juill 2015;12(7):8359-412.
65. Hanigan IC, Butler CD, Kokic PN, Hutchinson MF. Suicide and drought in New South Wales, Australia, 1970-2007. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 28 août 2012;109(35):13950-5.
66. Alderman K, Turner LR, Tong S. Floods and human health: A systematic review. *Environment International*. oct 2012;47:37-47.
67. Goldmann E, Galea S. Mental Health Consequences of Disasters. *Annu Rev Public Health*. 18 mars 2014;35(1):169-83.
68. World Health Organization. Qualité de l'air ambiant et santé . 2021. [En ligne]. [https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
69. Santé Publique France. Impacts sanitaires du changement climatique . 2020. [En ligne]. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/climat/changement-climatique/donnees/#tabs>
70. Anenberg SC, Horowitz LW, Tong DQ, West JJ. An Estimate of the Global Burden of Anthropogenic Ozone and Fine Particulate Matter on Premature Human Mortality Using Atmospheric Modeling. *Environmental Health Perspectives*. sept 2010;118(9):1189-95.
71. Demers I, Gosselin P. At-a-glance - Pollens, climate and allergies: Quebec initiatives. *Health Promot Chronic Dis Prev Can*. avr 2019;39(4):136-41.
72. Lake IR, Jones NR, Agnew M, Goodess CM, Giorgi F, Hamaoui-Laguel L, et al.

- Climate Change and Future Pollen Allergy in Europe. *Environmental Health Perspectives*. mars 2017;125(3):385-91.
73. World Health Organization. Climate change and health; (page consultée le 11 août 2021), [En ligne]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>
 74. ONU Info . La désertification et la sécheresse déstabilisent le bien-être de 3,2 milliards de personnes; 17 juin 2021 (page consultée le 16 août 2021), [En ligne]. <https://news.un.org/fr/story/2021/06/1098322>
 75. ONU Info . Madagascar : le spectre de la famine menace le sud du pays (PAM); 23 juin 2021 (page consultée le 16 août 2021), [En ligne]. <https://news.un.org/fr/story/2021/06/1098762>
 76. Randolph SE, Rogers DJ. The arrival, establishment and spread of exotic diseases: patterns and predictions. *Nat Rev Microbiol*. mai 2010;8(5):361-71.
 77. Zhou X-N, Yang G-J, Yang K, Wang X-H, Hong Q-B, Sun L-P, et al. Potential impact of climate change on schistosomiasis transmission in China. *Am J Trop Med Hyg*. févr 2008;78(2):188-94.
 78. IPCC. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA; 2014.
 79. Semenza JC, Suk JE. Vector-borne diseases and climate change: a European perspective. *FEMS Microbiology Letters* . 1 janv 2018 (page consultée le 11 août 2021),365(2). [En ligne]. <https://academic.oup.com/femsle/article/doi/10.1093/femsle/fnx244/4631076>
 80. Boeckmann M, Joyner TA. Old health risks in new places? An ecological niche model for *I. ricinus* tick distribution in Europe under a changing climate. *Health & Place*. nov 2014;30:70-7.
 81. Ministère des Solidarités et de la Santé. Cartes de présence du moustique tigre (*Aedes albopictus*) en France métropolitaine; 11 août 2021 (page consultée le 11 août 2021), [En ligne]. <https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/risques-microbiologiques-physiques-et-chimiques/especes-nuisibles-et-parasites/article/cartes-de-presence-du-moustique-tigre-aedes-albopictus-en-france-metropolitaine>
 82. Salas RN, Solomon CG. The Climate Crisis — Health and Care Delivery. *N Engl J Med*. 22 août 2019;381(8):e13.
 83. Bekkar B, Pacheco S, Basu R, DeNicola N. Association of Air Pollution and Heat Exposure With Preterm Birth, Low Birth Weight, and Stillbirth in the US: A Systematic Review. *JAMA Netw Open*. 18 juin 2020;3(6):e208243.
 84. UNDRR. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030. 2015;37.
 85. Chersich MF, Wright CY, Venter F, Rees H, Scorgie F, Erasmus B. Impacts of Climate Change on Health and Wellbeing in South Africa. *Int J Environ Res Public Health*. 31 août 2018;15(9).
 86. World Health Organization, Regional Office for the Western Pacific. Safe hospitals in emergencies and disasters: structural, non-structural and functional indicators. Geneva : World Health Organization; 2010.
 87. Loosemore M, Carthey J, Chandra V, Mirti Chand A. Climate change risks and opportunities in hospital adaptation. Achour N, rédacteur. *Int J of Dis Res in the Bu Env*. 4 oct 2011;2(3):210-21.
 88. UNISDR. Hospitals safe from disasters, reduce risk, protect health facilities, save lives. 2008-2009 World Disaster Reduction Campaign . 2008 (page consultée le 22 févr 2021), [En ligne]. <https://www.unisdr.org/2009/campaign/pdf/wdrc-2008-2009-information->

kit.pdf

89. Menne B, Murra V, rédacteurs. Floods in the WHO European Region: health effects and their prevention. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe; 2013.
90. Kile JC, Skowronski S, Miller MD, Reissman SG, Balaban V, Klomp RW, et al. Impact of 2003 power outages on public health and emergency response. *Prehosp Disaster Med.* avr 2005;20(2):93-7.
91. Rand DA, Mener DJ, Lerner EB, DeRobertis N. The effect of an 18-hour electrical power outage on an urban emergency medical services system. *Prehosp Emerg Care.* déc 2005;9(4):391-7.
92. Appelbaum A. The ice storm of the century: how hospitals met the challenge. *J Healthc Prot Manage.* 1999;15(2):115-22.
93. Khullar D, Bond AM, Schpero WL. COVID-19 and the Financial Health of US Hospitals. *JAMA.* 2 juin 2020;323(21):2127.
94. White DB, Lo B. A Framework for Rationing Ventilators and Critical Care Beds During the COVID-19 Pandemic. *JAMA.* 12 mai 2020;323(18):1773.
95. Supady A, Curtis JR, Abrams D, Lorusso R, Bein T, Boldt J, et al. Allocating scarce intensive care resources during the COVID-19 pandemic: practical challenges to theoretical frameworks. *The Lancet Respiratory Medicine.* janv 2021;S2213260020305804.
96. Rosenbaum L. Facing Covid-19 in Italy — Ethics, Logistics, and Therapeutics on the Epidemic's Front Line. *N Engl J Med.* 14 mai 2020;382(20):1873-5.
97. Herreros B, Gella P, Real de Asua D. Triage during the COVID-19 epidemic in Spain: better and worse ethical arguments. *J Med Ethics.* juill 2020;46(7):455-8.
98. IPCC. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland; 2018.
99. Golechha M, Panigrahy RK. COVID-19 and heatwaves: a double whammy for Indian cities. *The Lancet Planetary Health.* Elsevier; 1 août 2020;4(8):e315-6.
100. The White House . Remarks by President Biden Before Signing Executive Actions on Tackling Climate Change, Creating Jobs, and Restoring Scientific Integrity; 27 janv 2021 (page consultée le 22 févr 2021), [En ligne]. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/speeches-remarks/2021/01/27/remarks-by-president-biden-before-signing-executive-actions-on-tackling-climate-change-creating-jobs-and-restoring-scientific-integrity/>
101. Picarillo AP. Introduction to quality improvement tools for the clinician. *J Perinatol.* juill 2018;38(7):929-35.
102. Nathan AT, Kaplan HC. Tools and methods for quality improvement and patient safety in perinatal care. *Semin Perinatol.* avr 2017;41(3):142-50.
103. Verner G, Schütte S, Knop J, Sankoh O, Sauerborn R. Health in climate change research from 1990 to 2014: positive trend, but still underperforming. *Global Health Action.* 1 déc 2016;9(1):30723.
104. Grant MJ, Booth A. A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies: A typology of reviews, *Maria J. Grant & Andrew Booth.* *Health Information & Libraries Journal.* juin 2009;26(2):91-108.
105. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 21 juill 2009;6(7):e1000097.
106. Tricco AC, Langlois EV, Straus SE, World Health Organization, Alliance for Health Policy and Systems Research. Rapid reviews to strengthen health policy and systems: a practical guide . 2017 (page consultée le 22 févr 2021), [En ligne].

<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/258698/1/9789241512763-eng.pdf>

107. Khalaj B, Lloyd G, Sheppard V, Dear K. The health impacts of heat waves in five regions of New South Wales, Australia: A case-only analysis. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2010;83(7):833-42.
108. DeVine AC, Vu PT, Yost MG, Seto EYW, Busch Isaksen TM. A geographical analysis of emergency medical service calls and extreme heat in King county, WA, USA (2007-2012). *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017;14(8).
109. Tianqi Chen, Sarnat SE, Grundstein AJ, Winkquist A, Chang HH. Time-series Analysis of Heat Waves and Emergency Department Visits in Atlanta, 1993 to 2012. *Environmental Health Perspectives*. mai 2017;125(5):1-9.
110. Lim Y-H, Hong Y-C, Kim H. Effects of diurnal temperature range on cardiovascular and respiratory hospital admissions in Korea. *Science of The Total Environment*. 15 févr 2012;417-418:55-60.
111. Lim Y-H, So R, Lee C, Hong Y-C, Park M, Kim L, et al. Ambient temperature and hospital admissions for acute kidney injury: A time-series analysis. *Science of The Total Environment*. 1 mars 2018;616-617:1134-8.
112. Hajat S, Haines A, Sarran C, Sharma A, Bates C, Fleming LE. The effect of ambient temperature on type-2-diabetes: case-crossover analysis of 4+ million GP consultations across England. *Environmental Health: A Global Access Science Source*. 12 juill 2017;16:1-8.
113. Hopp S, Dominici F, Bobb JF. Medical diagnoses of heat wave-related hospital admissions in older adults. *Preventive Medicine*. 1 mai 2018;110:81-5.
114. Zhao Q, Li S, Coelho MSZS, Saldiva PHN, Hu K, Huxley RR, et al. The association between heatwaves and risk of hospitalization in Brazil: A nationwide time series study between 2000 and 2015. *PLoS Medicine*. 2019;16(2).
115. Sena A, Barcellos C, Freitas C, Corvalan C. Managing the Health Impacts of Drought in Brazil. *IJERPH*. 16 oct 2014;11(10):10737-51.
116. Smith LT, Aragão LEOC, Sabel CE, Nakaya T. Drought impacts on children's respiratory health in the Brazilian Amazon. *Scientific Reports*. 2014;4.
117. Achakulwisut P, Mickley LJ, Anenberg SC. Drought-sensitivity of fine dust in the US Southwest: Implications for air quality and public health under future climate change. *Environmental Research Letters*. 2018;13(5).
118. Balbus J, Berry P, Brett M, Jagnarine-Azan S, Soares A, Ugarte C, et al. Enhancing the sustainability and climate resiliency of health care facilities: a comparison of initiatives and toolkits. *Rev Panam Salud Publica*. sept 2016;40(3):174-80.
119. Wijesekara NWANY, Wedamulla A, Perera S, Pesigan A, Ofrin RH. Assessment of drought resilience of hospitals in Sri Lanka: a cross-sectional survey. *WHO South East Asia J Public Health*. avr 2020;9(1):66-72.
120. Stanke C, Kerac M, Prudhomme C, Medlock J, Murray V. Health effects of drought: a systematic review of the evidence. *PLoS Curr*. 5 juin 2013;5:ecurrents.dis.7a2cee9e980f91ad7697b570bcc4b004.
121. Adelaine SA, Sato M, Jin Y, Godwin H. An Assessment of Climate Change Impacts on Los Angeles (California USA) Hospitals, Wildfires Highest Priority. *Prehosp Disaster Med*. oct 2017;32(5):556-62.
122. Natural Hazards Center. Post-Wildfire Damage; (page consultée le 17 août 2021), [En ligne]. <https://hazards.colorado.edu/quick-response-report/post-wildfire-damage>
123. Rodopoulou S, Chalbot M-C, Samoli E, DuBois DW, San Filippo BD, Kavouras IG. Air pollution and hospital emergency room and admissions for cardiovascular and respiratory diseases in Doña Ana County, New Mexico. *Environmental Research*. févr 2014;129:39-46.
124. Alman BL, Pfister G, Hao H, Stowell J, Hu X, Liu Y, et al. The association of wildfire smoke with respiratory and cardiovascular emergency department visits in Colorado in 2012:

- a case crossover study. *Environmental Health: A Global Access Science Source*. 4 juin 2016;15:64-64.
125. Reid CE, Jerrett M, Tager IB, Petersen ML, Mann JK, Balmes JR. Differential respiratory health effects from the 2008 northern California wildfires: A spatiotemporal approach. *Environmental Research*. 2016;150:227-35.
 126. Stowell JD, Geng G, Saikawa E, Chang HH, Fu J, Yang C-E, et al. Associations of wildfire smoke PM_{2.5} exposure with cardiorespiratory events in Colorado 2011–2014. *Environment International*. 2019;133.
 127. Hoyt KS, Gerhart AE. The San Diego County wildfires: perspectives of healthcare providers [corrected]. *Disaster Manag Response*. juin 2004;2(2):46-52.
 128. Liu JC, Pereira G, Uhl SA, Bravo MA, Bell ML. A systematic review of the physical health impacts from non-occupational exposure to wildfire smoke. *Environmental Research*. janv 2015;136:120-32.
 129. Adelaine SA, Sato M, Jin Y, Godwin H. An Assessment of Climate Change Impacts on Los Angeles (California USA) Hospitals, Wildfires Highest Priority. *Prehosp Disaster Med*. oct 2017;32(5):556-62.
 130. Kraushar ML, Rosenberg RE. A Community-Led Medical Response Effort in the Wake of Hurricane Sandy. *Disaster Med Public Health Prep*. août 2015;9(4):354-8.
 131. Arya V, Medina E, Scaccia A, Mathew C, Starr D. Impact of Hurricane Sandy on community pharmacies in severely affected areas of New York City: A qualitative assessment. *Am J Disaster Med*. 2016;11(1):21-30.
 132. OIG Report. Hospital emergency preparedness and response during Superstorm Sandy. *J Healthc Prot Manage*. 2015;31(1):31-50.
 133. Adalja AA, Watson M, Bouri N, Minton K, Morhard RC, Toner ES. Absorbing citywide patient surge during Hurricane Sandy: a case study in accommodating multiple hospital evacuations. *Ann Emerg Med*. juill 2014;64(1):66-73.e1.
 134. Espiritu M, Patil U, Cruz H, Gupta A, Matterson H, Kim Y, et al. Evacuation of a neonatal intensive care unit in a disaster: lessons from Hurricane Sandy. *Pediatrics*. déc 2014;134(6):e1662-1669.
 135. Little M, Stone T, Stone R, Burns J, Reeves J, Cullen P, et al. The evacuation of cairns hospitals due to severe tropical cyclone Yasi. *Acad Emerg Med*. sept 2012;19(9):E1088-1098.
 136. Lukowsky LR, Dobalian A, Goldfarb DS, Kalantar-Zadeh K, Der-Martirosian C. Access to Care for VA Dialysis Patients During Superstorm Sandy. *J Prim Care Community Health*. déc 2019;10:2150132719863599.
 137. The New York Times. NYU Langone Reopens Emergency Room That Was Closed by Hurricane Sandy; (page consultée le 18 août 2021), [En ligne]. <https://www.nytimes.com/2014/04/25/nyregion/nyu-langone-reopens-emergency-room-that-was-closed-by-hurricane-sandy.html>
 138. Berggren RE, Curiel TJ. After the Storm — Health Care Infrastructure in Post-Katrina New Orleans. *New England Journal of Medicine*. 13 avr 2006;354(15):1549-52.
 139. Lin JY, King R, Bhalla N, Brander C. Assessment of prehospital care and disaster preparedness in a rural Guatemala clinic. *Prehosp Disaster Med*. févr 2011;26(1):27-32.
 140. Osofsky HJ, Osofsky JD, Arey J, Kronenberg ME, Hansel T, Many M. Hurricane Katrina's first responders: the struggle to protect and serve in the aftermath of the disaster. *Disaster Med Public Health Prep*. sept 2011;5 Suppl 2:S214-219.
 141. Altintas E, Berjot S, Rémiens A, Rusinek S, Guerrien A. Conséquences d'une catastrophe naturelle touchant le lieu de travail sur l'épuisement professionnel : Le cas du personnel d'un hôpital gériatrique. *Psychologie du Travail et des Organisations*. 1 janv 2012;18(4):368-83.
 142. Geisz-Everson MA, Bennett MJ, Dodd-McCue D, Biddle C. Disrupted by disaster:

- shared experiences of student registered nurse anesthetists affected by hurricane Katrina. *J Psychosoc Nurs Ment Health Serv.* janv 2012;50(1):32-8.
143. Geisz-Everson MA, Dodd-McCue D, Bennett M. Shared experiences of CRNAs who were on duty in New Orleans during Hurricane Katrina. *AANA J.* juin 2012;80(3):205-12.
 144. Mills LD, Mills TJ, Macht M, Levitan R, De Wulf A, Afonso NS. Post-traumatic stress disorder in an emergency department population one year after Hurricane Katrina. *J Emerg Med.* juill 2012;43(1):76-82.
 145. Conrad EJ, Lavigne KM. Psychiatry consultation during disaster preparedness: Hurricane Gustav. *South Med J.* janv 2013;106(1):99-101.
 146. Ostbye T, Ponnampetuma T, Fernando N, Abeygunawardena V, Wijayasiri W a. A, Chen JJ, et al. The impact of the Tsunami on hospitalizations at the tertiary care hospital in the Southern Province of Sri Lanka. *Am J Disaster Med.* juin 2008;3(3):147-55.
 147. Vilain P, Pagès F, Combes X, Marianne Dit Cassou P-J, Mougin-Damour K, Jacques-Antoine Y, et al. Health impact assessment of cyclone Bejisa in Reunion Island (France) using syndromic surveillance. *Prehosp Disaster Med.* avr 2015;30(2):137-44.
 148. Bailey JH, Deshazo RD. Providing Healthcare to Evacuees in the Wake of a Natural Disaster: Opportunities to Improve Disaster Planning. *The American Journal of the Medical Sciences.* 1 août 2008;336(2):124-7.
 149. Bell SA, Abir M, Choi H, Cooke C, Iwashyna T. All-Cause Hospital Admissions Among Older Adults After a Natural Disaster. *Annals of Emergency Medicine.* 1 juin 2018;71(6):746-754.e2.
 150. Lin C-J, Pierce LC, Roblin PM, Arquilla B. Impact of Hurricane Sandy on hospital emergency and dialysis services: a retrospective survey. *Prehosp Disaster Med.* août 2014;29(4):374-9.
 151. Mazer-Amirshahi M, Fox ER. Saline Shortages — Many Causes, No Simple Solution. *New England Journal of Medicine.* 19 avr 2018;378(16):1472-4.
 152. Melin K, Rodríguez-Díaz CE. Community Pharmacy Response in the Aftermath of Natural Disasters: Time-Sensitive Opportunity for Research and Evaluation. *J Prim Care Community Health.* déc 2018;9:2150132718813494.
 153. Health Care Without Harm. Resilience 2.0 : Healthcare's Role in Anchoring Community Health and Resilience; 2017 (page consultée le 18 août 2021), [En ligne]. <https://noharm-uscanada.org/sites/default/files/Resilience%202.0%20Boston%20-%20Healthcare's%20Role%20in%20Anchoring%20Community%20Resilience.pdf>
 154. Downey EL, Andress K, Schultz CH. External factors impacting hospital evacuations caused by Hurricane Rita: the role of situational awareness. *Prehosp Disaster Med.* juin 2013;28(3):264-71.
 155. Downey EL, Andress K, Schultz CH. Initial management of hospital evacuations caused by Hurricane Rita: a systematic investigation. *Prehosp Disaster Med.* juin 2013;28(3):257-63.
 156. Walczyszyn M, Patel S, Oron M, Mina B. Battling Superstorm Sandy at Lenox Hill Hospital. *Critical Care Clinics.* oct 2019;35(4):711-5.
 157. Menne B, Murray V. Floods in the WHO European region: health effects and their prevention. Copenhagen : World Health Organization, Regional Office for Europe; 2013.
 158. Meusel D, Kirch W. Lessons to be Learned from the 2002 Floods in Dresden, Germany. Dans: Kirch W, Bertollini R, Menne B, rédacteurs. *Extreme Weather Events and Public Health Responses* . Berlin/Heidelberg : Springer-Verlag; 2005 (page consultée le 18 août 2021), p. 175-83. [En ligne]. http://link.springer.com/10.1007/3-540-28862-7_17
 159. Phalkey R, Dash SR, Mukhopadhyay A, Runge-Ranzinger S, Marx M. Prepared to react? Assessing the functional capacity of the primary health care system in rural Orissa, India to respond to the devastating flood of September 2008. *Glob Health Action.* 2012;5.

160. Few R, Matthies F. Flood hazards and health: responding to present and future risks. London : Earthscan; 2007.
161. Dalovisio JR. Hurricane Katrina: Lessons learned in disaster planning for hospitals, medical schools, and communities. *Curr Infect Dis Rep*. juin 2006;8(3):171-3.
162. Näsman U, Zetterberg-Randén B, Brändström H. KAMEDO report no. 88: floods in the Czech Republic and Southeastern Germany, 2002. *Prehosp Disaster Med*. févr 2007;22(1):90-2.
163. Heberger M, Cooley H, Herrera P, Gleick P, Moore E. Potential impacts of increased coastal flooding in California due to sea-level rise. *Climatic Change*. 2 déc 2011;109:229-49.
164. Fisman DN, Tuite AR, Brown KA. Impact of El Niño Southern Oscillation on infectious disease hospitalization risk in the United States. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2016;113(51):14589-94.
165. Ndyomugenyi R, Magnussen P. Trends in malaria-attributable morbidity and mortality among young children admitted to Ugandan hospitals, for the period 1990-2001. *Ann Trop Med Parasitol*. juin 2004;98(4):315-27.
166. Peel JL, Metzger KB, Klein M, Flanders WD, Mulholland JA, Tolbert PE. Ambient air pollution and cardiovascular emergency department visits in potentially sensitive groups. *Am J Epidemiol*. 15 mars 2007;165(6):625-33.
167. Peel JL, Tolbert PE, Klein M, Metzger KB, Flanders WD, Todd K, et al. Ambient air pollution and respiratory emergency department visits. *Epidemiology*. mars 2005;16(2):164-74.
168. Shea KM, Truckner RT, Weber RW, Peden DB. Climate change and allergic disease. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2008;122(3):443-53.
169. Schmier JK, Ebi KL. The impact of climate change and aeroallergens on children's health. *Allergy and Asthma Proceedings*. 2009;30(3):229-37.
170. Shrestha S, Shrestha I, Shrestha N, Joshi R. Statistical Modeling of Health Effects on Climate-Sensitive Variables and Assessment of Environmental Burden of Diseases Attributable to Climate Change in Nepal. *Environmental Modeling & Assessment*. oct 2017;22(5):459-72.
171. Smith JL, Fratamico PM. Emerging and Re-Emerging Foodborne Pathogens. *Foodborne Pathogens and Disease*. 2018;15(12):737-57.
172. Lenzen M, Malik A, Li M, Fry J, Weisz H, Pichler P-P, et al. The environmental footprint of health care: a global assessment. *Lancet Planet Health*. juill 2020;4(7):e271-9.
173. Eckelman MJ, Sherman J. Environmental Impacts of the U.S. Health Care System and Effects on Public Health. Ahmad S, rédacteur. *PLoS ONE*. 9 juin 2016;11(6):e0157014.
174. Watts N, Adger WN, Ayeb-Karlsson S, Bai Y, Byass P, Campbell-Lendrum D, et al. The Lancet Countdown: tracking progress on health and climate change. *The Lancet*. mars 2017;389(10074):1151-64.
175. Mordecai EA, Ryan SJ, Caldwell JM, Shah MM, LaBeaud AD. Climate change could shift disease burden from malaria to arboviruses in Africa. *Lancet Planet Health*. sept 2020;4(9):e416-23.
176. Dimitris MC, Gittings M, King NB. How global is global health research? A large-scale analysis of trends in authorship. *BMJ Glob Health*. janv 2021;6(1).
177. Lin JY, King R, Bhalla N, Brander C. Assessment of Prehospital Care and Disaster Preparedness in a Rural Guatemala Clinic. *Prehosp Disaster med*. févr 2011;26(1):27-32.
178. Klinger C, Landeg O, Murray V. Power Outages, Extreme Events and Health: a Systematic Review of the Literature from 2011-2012. *PLoS Curr*. 2014 (page consultée le 22 févr 2021), [En ligne]. <https://currents.plos.org/disasters/index.html%3Fp=10801.html>
179. Arrieta MI, Foreman RD, Crook ED, Icenogle ML. Providing Continuity of Care for Chronic Diseases in the Aftermath of Katrina: From Field Experience to Policy

Recommendations. *Disaster med public health prep.* oct 2009;3(3):174-82.

180. Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Beagley J, Belesova K, et al. The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: responding to converging crises. *Lancet.* 9 janv 2021;397(10269):129-70.

181. Gray A, Manasse HR. Shortages of medicines: a complex global challenge. *Bull World Health Organ.* 1 mars 2012;90(3):158-158A.

182. Hiete M, Merz M, Schultmann F. Scenario-based impact analysis of a power outage on healthcare facilities in Germany. Achour N, rédacteur. *Int J of Dis Res in the Bu Env.* 4 oct 2011;2(3):222-44.

183. Vincent J-L, Creteur J. Ethical aspects of the COVID-19 crisis: How to deal with an overwhelming shortage of acute beds. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care.* 1 avr 2020;9(3):248-52.

184. Beitler JR, Mittel AM, Kallet R, Kacmarek R, Hess D, Branson R, et al. Ventilator Sharing during an Acute Shortage Caused by the COVID-19 Pandemic. *Am J Respir Crit Care Med.* 15 août 2020;202(4):600-4.

185. Kruk ME, Myers M, Varpilah ST, Dahn BT. What is a resilient health system? Lessons from Ebola. *Lancet.* 9 mai 2015;385(9980):1910-2.

186. World Health Organization. Hospital Safety Index. 2017.

Annexes

Annexe 1 : Extrait de l'Hospital Safety Index

Module 1: Hazards affecting the safety of the hospital
and the role of the hospital in emergency and disaster management

1.1 Hazards	Hazard Level				Should the hospital be prepared to respond to this hazard? If yes, mark the box.	Observations (evaluators' comments)		
	No hazard	Hazard level						
		LOW	AVERAGE	HIGH				
1.1.1 Geological hazards								
Earthquakes Refer to regional and local hazard maps or other hazard information, and rate the level of earthquake hazard for the hospital's location (including catchment area) in terms of geotechnical soil analyses. Determine whether the hospital should be prepared to respond to an emergency or disaster due to earthquakes (based on exposure of the catchment population or the specialized role of the hospital for the treatment of injured patients).	☐	☐	☐	☐	☐			
Volcanic activity and eruption Refer to regional and local hazard maps or other hazard information, and rate the level of volcanic hazard for the hospital's location. This should take into account proximity to volcanoes, volcanic activity, routes of lava flow, pyroclastic flow and ash fall. Determine whether the hospital should be prepared to respond to an emergency or disaster due to volcanic activity and eruption (based on exposure of the catchment population or the specialized role).	☐	☐	☐	☐	☐			
Dry mass movement – landslides Refer to regional and local hazard maps or other hazard information for the region, and rate the level of landslide hazard for the hospital's location. Note that landslides may be caused by unstable soils. Determine whether the hospital should be prepared to respond to an emergency or disaster due to landslides (based on exposure of the catchment population).	☐	☐	☐	☐	☐			
Tsunamis Refer to regional hazard maps or other hazard information, and rate the level of tsunami hazard caused by submarine seismic or volcanic activity for the hospital's location. Determine whether the hospital should be prepared to respond to an emergency or disaster due to tsunamis (based on exposure of the catchment population).	☐	☐	☐	☐	☐			
Other geological hazards (e.g. rockfalls, subsidence, debris and mudflows) (specify) Refer to regional and local hazard maps or other hazard information to identify other geological phenomena not listed above. Specify the hazard and rate the corresponding hazard level for the hospital. Determine whether the hospital should be prepared to respond to an emergency or disaster due to the identified geological hazards (based on exposure of the catchment population).	☐	☐	☐	☐	☐			

Annexe 1 : Première partie du Module sur les risques potentiels affectant un établissement de santé. HSI, OMS



Faculté de Médecine et Pharmacie

SERMENT DE GALIEN

En présence des Maîtres de la Faculté, je fais le serment :

Je honorer ceux qui m'ont instruit(e) dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle aux principes qui m'ont été enseignés et d'actualiser mes connaissances,

Je exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de Déontologie, de l'honneur, de la probité et du désintéressement,

Je ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers la personne humaine et sa dignité,

Je ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma profession,

Je faire preuve de loyauté et de solidarité envers mes collègues pharmaciens,

Je coopérer avec les autres professionnels de santé.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

Que les Hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert(e) d'opprobre et méprisé(e) de mes confrères si j'y manque.

Résumé

Introduction. Les impacts du changement climatique (CC) sur la santé sont de plus en plus étudiés mais peu de recherches semblent s'intéresser à ses conséquences sur les établissements de santé (ES). Notre objectif principal était d'évaluer la place accordée aux ES dans la littérature scientifique relative au CC ainsi que dans les rapports du GIEC. L'objectif secondaire était d'identifier les composantes des ES impactées par le CC à partir des données décrites dans la littérature scientifique en proposant une analyse préliminaire des risques climatiques pour les ES. **Méthodes.** Les données bibliométriques issues de PubMed (1979-2020) ont été analysées pour évaluer la pénétration des termes sur le CC seul et en relation avec la santé et les ES. Nous avons ensuite effectué une revue de la littérature internationale dans cinq bases de données scientifiques, médicales et environnementales sur les conséquences du CC sur les ES, et analysé l'évolution des termes relatifs aux ES dans les cinq rapports globaux du GIEC (1990-2014). Enfin, à l'aide du diagramme d'Ishikawa, nous avons identifié les composantes des ES affectées par le CC. **Résultats.** Dans PubMed, le nombre d'articles concernant le CC seul évolue différemment de celui concernant le CC associé à la santé ou aux ES. En 2019, près de 8000, 2200 et 400 articles étaient parus sur le CC seul, en association avec la santé et en association avec les ES, respectivement. La revue de la littérature a démontré que la préoccupation concernant les ES était récente (200 articles en 2005) avec une émergence continue jusqu'en 2019 (>500 articles). Nos constats sont identiques concernant les rapports du GIEC. Grâce aux données de la littérature internationale et à notre analyse des risques, nous avons pu identifier que les six groupes de risques climatiques étudiés avaient un impact sur au moins une composante des ES. **Conclusion.** Le sujet du CC et de son impact sur les ES reste peu étudié aujourd'hui alors que pourtant les ES sont pleinement touchés. Les dysfonctionnements observés touchent de nombreuses activités et pourraient entraîner un défaut de prise en charge des patients. Nos travaux démontrent que la mise en œuvre d'une approche d'analyse *a priori* des risques liés au CC est indispensable dans les ES.

Mots clés : Changement climatique, santé, établissement de santé, analyse des risques