



HAL
open science

Des impacts sanitaires du changement climatique déjà bien visibles : l'exemple des canicules

Lucie Adélaïde, Olivier Chanel, Mathilde Pascal

► To cite this version:

Lucie Adélaïde, Olivier Chanel, Mathilde Pascal. Des impacts sanitaires du changement climatique déjà bien visibles : l'exemple des canicules. *Annales des mines - Série Responsabilité et environnement*, 2022, 106 (2), pp.42-47. 10.3917/re1.106.0042 . hal-03778984

HAL Id: hal-03778984

<https://amu.hal.science/hal-03778984>

Submitted on 23 Sep 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Des impacts sanitaires du changement climatique déjà bien visibles : l'exemple des canicules

Par Lucie ADÉLAÏDE, Olivier CHANEL¹ et Mathilde PASCAL²

Aix-Marseille School of Economics, Santé publique France

Cet article est paru en 2022 dans *Responsabilité et Environnement, Annales des Mines*, 106, 42-47.

Le changement climatique, la perte de la biodiversité et l'altération globale de l'environnement détériorent la santé des populations. Plus particulièrement, l'augmentation des périodes marquées par des températures élevées et leur persistance pourraient constituer un risque majeur pour une large part de la population et limiter drastiquement l'activité humaine. Pourtant, les vagues de chaleur sont sous-représentées dans les analyses des événements météorologiques extrêmes, en particulier dans les évaluations économiques. Ce manque d'études, associé à la faible perception par la population du risque lié à la chaleur, limite la mise en place de mesures d'adaptation alors que les effets des canicules sont en grande partie évitables. Cet article présente l'évolution de l'impact économique global des effets sanitaires des vagues de chaleur observées en France entre 1974 et 2020.

Introduction

Le changement climatique, la perte de la biodiversité et l'altération globale de l'environnement constituent une menace majeure pour la santé physique et mentale de la population (IPCC, 2018 ; Romanello *et al.*, 2021). Les mécanismes d'action sont divers et interdépendants : amplification de risques sanitaires déjà existants, aggravation des inégalités, difficultés d'accès à des ressources essentielles pour la santé et le bien-être, crises sanitaires et sociales multiples... (IPCC, 2014).

Agir pour maintenir l'augmentation de la température moyenne mondiale en dessous de + 2°C à l'horizon 2100 par rapport au niveau préindustriel, tout en protégeant la biodiversité et en développant l'adaptation, est une priorité de santé publique largement partagée par la communauté scientifique internationale (Atwoli *et al.*, 2021 ; Romanello *et al.*, 2021) et par les professionnels de santé publique (IANPHI, 2021 ; WHO, 2021).

Une analyse des enjeux sanitaires à prendre en compte d'ici à 2030 en France a permis d'identifier plusieurs risques environnementaux et infectieux susceptibles d'être aggravés par le changement climatique. L'exposition à des températures élevées est le risque présentant l'évolution la plus rapide (Pascal, 2010), puisqu'elle provoque, chez toutes les populations, des effets multiples sur l'organisme (Hanna *et al.*, 2015), observables même à des températures

¹ Olivier Chanel a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence nationale de la recherche au titre du programme d'investissements d'avenir portant la référence ANR-17-EURE-0020 et de l'initiative d'excellence d'Aix-Marseille Université – A*MIDEX.

² Nous remercions Guillaume Boulanger pour ses remarques pertinentes.

modérées et se traduisant par une augmentation de la mortalité et un recours accru aux soins (Gasparrini *et al.*, 2015 ; Cheng *et al.*, 2019).

Au niveau mondial, cette influence du changement climatique s'observe déjà. Entre 1990 et 2018, 37 % des décès liés à la chaleur seraient attribuables à une augmentation des températures induite par le changement climatique (Vicedo-Cabrera *et al.*, 2021). En 2019, au moins 345 000 personnes seraient décédées du fait de la chaleur, et le nombre de jours pendant lesquels une activité physique devient dangereuse augmente rapidement. En 2020, plus de 295 milliards d'heures de travail auraient ainsi été perdues (Lancet Countdown, 2021). À moyen terme, dans des scénarios de réchauffement dépassant + 2°C en température moyenne globale, la chaleur pourrait constituer un risque majeur pour une large part de la population et limiter drastiquement l'activité humaine dans plusieurs zones du monde (Hanna *et al.*, 2015 ; Watts *et al.*, 2021).

Les vagues de chaleur sont pourtant sous-représentées dans les analyses des événements météorologiques extrêmes, en particulier dans les évaluations économiques. Celles-ci valorisent classiquement les conséquences directes sur les infrastructures et les biens assurables, accordant peu de poids aux impacts humains. Ainsi, Kousky (2014) estime qu'à l'échelle mondiale, les événements climatiques extrêmes représentaient annuellement entre 94 et 130 milliards de dollars sur la période 2000-2012, mais le fardeau économique associé aux impacts sur la santé est rarement intégré. De même, la Fédération française de l'assurance (FFA, 2021) s'attend à un doublement des impacts assurables sur la période 2020-2050 par rapport à 1989-2019 dans un scénario prévoyant un réchauffement de + 4°C d'ici à 2100, mais ignorant les impacts sanitaires liés aux vagues de chaleur.

En France, la perception des risques liés à la chaleur reste faible (Laaidi *et al.*, 2019), et l'adaptation à ceux-ci est peu développée (Dantec *et al.*, 2019). L'action publique se focalise sur les canicules, ces épisodes ponctuels susceptibles d'induire un risque sanitaire justifiant une réponse coordonnée pour en réduire l'impact. Même si les canicules ne représentent qu'une partie de l'effet total de la chaleur (environ un tiers entre 2000 et 2010 (Pascal *et al.*, 2018)), ce sont les événements extrêmes ayant le plus d'impacts en France, totalisant plus de 37 000 décès depuis les années 1970 (Pascal *et al.*, 2021). Elles présentent également un potentiel disruptif important, comme l'a montré la canicule d'août 2003 et ses 15 000 décès supplémentaires comptabilisés en moins de deux semaines (Fouillet *et al.*, 2006), et des coûts directs supportés par l'Assurance maladie et estimés entre 10 et 280 millions d'euros (DGS, 2009). Ces estimations ne tiennent pas compte des impacts supportés par la population en termes de décès et de perte de bien-être.

Ce manque d'études, associé à la faible perception par la population du risque lié à la chaleur, limite la mise en place de mesures d'adaptation alors que les effets des canicules sont en grande partie évitables. Une évaluation économique globale des effets sanitaires des vagues de chaleur en France a été réalisée sur la période 2015-2020 (Adélaïde *et al.*, 2021). Nous étendons ici le champ de celle-ci pour présenter l'évolution rétrospective de cet impact économique depuis 1974.

Méthode

Identification des canicules

L'analyse considérée porte sur les 96 départements de la France hexagonale sur la période 1974-2020. Depuis 2004, le système d'alerte canicule détermine les périodes de canicule et établit les niveaux de vigilance (qui correspondent à des déclenchements d'alerte et à la réalisation des mesures associées) allant du vert (absence de risque) au rouge (risque maximal). Les épisodes caniculaires correspondent aux périodes entre juin et septembre durant lesquelles les températures diurnes et nocturnes dépassent pendant au moins trois jours des seuils départementaux (Pascal *et al.*, 2021). Sur la période 1974 à 2003, soit avant la mise en place du système d'alerte, les périodes de canicule et les niveaux de vigilance sont identifiés rétrospectivement à partir des données de température de Météo-France.

Estimation de l'impact sanitaire des vagues de chaleur

Cette estimation porte sur trois points : les impacts en termes de surmortalité, de perte de bien-être et de recours accru aux soins.

- **Les estimations de la surmortalité** sont issues, depuis 2004, des bilans annuels réalisés par Santé publique France. Elles s'appuient sur une méthode reposant sur une comparaison par rapport aux années précédentes (Pascal *et al.*, 2021). Avant 2004, la même méthode a été appliquée rétrospectivement.
- **La perte de bien-être** est évaluée au regard de la restriction d'activité associée à une chaleur extrême, laquelle est susceptible d'entraîner des symptômes (fatigue, crampes, évanouissements, baisse de la vigilance et des fonctions cognitives) pour une grande partie de la population et d'amener celle-ci à réduire drastiquement son activité. Cette population est celle résidant pendant les jours de vigilance rouge dans les départements sous étude (avant 2004, ce sont les départements qui auraient pu faire l'objet d'une vigilance rouge sur la base de l'intensité de chaleur observée).
- **L'analyse du recours aux soins** (morbidité) a été restreinte à la période 2015-2019, par manque de données disponibles avant 2015 et pour ne pas être biaisée par les effets de la pandémie de Covid-19 sur le système de santé en 2020. Les passages aux urgences, les interventions de SOS Médecins et les hospitalisations décidées à la suite de ces visites sont obtenus quotidiennement pour chaque département grâce à la remontée des informations *via* le système de surveillance syndromique Sursaud®. Les indicateurs étudiés sont les suivants : malaise, hyponatrémie, hyperthermie/coup de chaleur, fièvre isolée et déshydratation (Atiki *et al.*, 2019). Les impacts sur le recours aux soins sont calculés en comparant les nombres quotidiens de cas observés à ceux attendus en l'absence de vagues de chaleur.

Estimations monétaires

La perspective sociétale est ici utilisée et les estimations monétaires sont exprimées en euros constants 2017 (€₂₀₁₇).

La valorisation économique de la mortalité nécessite la recherche de valeurs d'évitement d'un décès (VED), qui soient consensuelles et, si possible, spécifiques à la canicule, et la prise en compte de leur évolution dans le temps.

Pour notre étude, nous sommes partis, en l'absence de valeurs propres à la canicule, des VED recommandées pour l'évaluation des politiques publiques en France. Toutefois, elles ont fortement cru sur notre période d'étude (MTES, 2021) : 0,24 million de francs (0,3 million €₂₀₁₇) en 1974, 1 million en 1980 (0,57 million €₂₀₁₇), 1,6 million en 1986 (0,52 million €₂₀₁₇), 3,7 millions en 1994 (0,56 million €₂₀₁₇), 1,5 million d'euros en 2001 (1,83 million €₂₀₁₇) et, enfin, 3 millions d'euros depuis 2013 (Quinet, 2013), soit l'équivalent de 3,17 millions €₂₀₁₇. Cette croissance traduit des évolutions, tant au niveau national qu'international, dans les choix méthodologiques sous-jacents et dans ce qu'une société consent à payer pour réduire le risque de mortalité. Il ne nous est pas apparu opportun que ces évolutions viennent affecter notre exercice d'évaluation économique rétrospective des impacts des vagues de chaleur, en mêlant l'évolution de la VED et celle du nombre des décès. Nous avons donc choisis la VED correspondant à 3,17 millions €₂₀₁₇, actuellement recommandée en France, pour l'ensemble de la période 1974-2020.

Pour les pertes de bien-être, la valeur de 43 €₂₀₁₇ par jour d'activité restreinte a été retenue (Ready *et al.*, 2004), et donc appliquée pour toute la période d'étude, selon la même logique que pour la valorisation de la mortalité.

Enfin, **l'évaluation économique du recours aux soins** portant sur la sous-période 2015-2019 exprime en €₂₀₁₇ les coûts médicaux directs (passages aux urgences, consultations, hospitalisations), les coûts indirects (perte de production calculée sur la base du salaire brut journalier) et la composante intangible (établie sur la base du consentement à payer pour réduire le risque d'un passage aux urgences ou d'une hospitalisation).

Résultats

La partie supérieure de la Figure 1 ci-après représente pour les canicules observées au titre de chaque année leur intensité approchée (déterminée par le nombre cumulé de degrés Celsius (°C) se situant au-dessus des seuils par jour et par département), la population concernée et la mortalité associée. Elle illustre le caractère exceptionnel de la canicule de 2003 et souligne l'augmentation depuis les années 2010 du nombre des canicules et de l'importance de la population exposée à ces phénomènes.

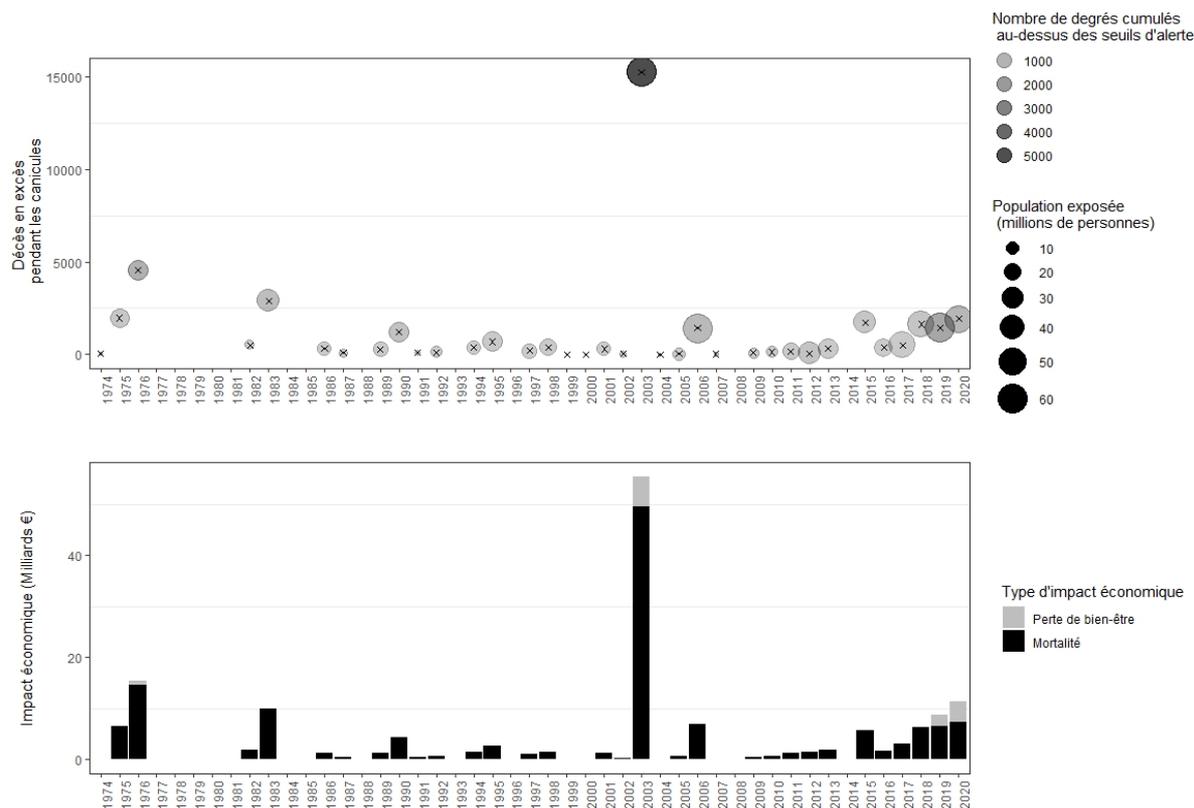


Figure 1 : Nombre des décès constatés en excès pendant les canicules et évaluations monétaires de la mortalité et des pertes de bien-être. Source : calculs des auteurs sur la base de données de température de Météo-France et de population de l'Insee.

La partie inférieure de la Figure 1 restitue les évaluations monétaires annuelles de la mortalité, lesquelles s'élèvent au total à 143 milliards €₂₀₁₇ pour l'ensemble de la période 1974-2020. On retrouve une évaluation économique de la mortalité plus importante pour les années marquées par un plus grand nombre de décès : 2003, 1976, 1983, 2006 et 2015-2020.

Les pertes de bien-être ont été prises en compte pour les périodes de vigilance rouge déclenchées en 2019 et 2020. Avant 2004, trois années auraient pu être potentiellement concernées par une vigilance rouge, et ont donc été, elles aussi, évaluées, sur la base d'une population faible en 1976 et 1990, mais plus importante en 2003. L'effet de la perte de bien-être sur la période 1974-2020 s'est élevé à 13 milliards €₂₀₁₇, dont 93 % se concentrant sur les seules années 2003, 2019 et 2020.

Enfin, sur la sous-période 2015-2020, la morbidité représentait environ 31 millions €₂₀₁₇ (dont 80 % pour la part associée aux hospitalisations), soit moins de 1 % de l'évaluation monétaire totale correspondant à cette période (Adélaïde *et al.*, 2021). Les canicules enregistrées en 2019 en représentent plus du tiers. Cela s'explique par leur profil particulier affectant plus fortement des personnes plus jeunes, avec des températures diurnes très élevées affectant les travailleurs, mais des températures nocturnes propices à la dissipation de la chaleur corporelle chez les plus âgés.

Discussion

Les canicules constituent un risque marqué par une évolution rapide au cours de la dernière décennie et par un impact sanitaire qui demeure conséquent malgré les efforts de prévention engagés. Cela se traduit par un fardeau économique conséquent pour le système de santé et la société française, dont la part majoritaire associée à la mortalité prématurée représente un poids sociétal souvent sous-estimé et invisible.

La canicule de 2003 et certaines des canicules enregistrées au cours des années récentes sont directement attribuables au changement climatique. Par exemple, il a été considéré que la vague de chaleur de juillet 2019 ne serait sans doute pas survenue en l'absence de changement climatique (fréquence de moins d'une fois tous les 1 000 ans) (Vautard *et al.*, 2019). Ainsi, les personnes décédées suite aux canicules récentes peuvent être considérées comme les premières victimes identifiables du changement climatique en France.

Quelques limites doivent cependant être soulignées. Tout d'abord, les vagues de chaleur se produisent sur de très courtes périodes et leurs effets sur la santé peuvent entraîner une congestion du système de santé, et donc une augmentation des coûts. Ensuite, seule une fraction des conséquences des vagues de chaleur a été étudiée dans cet article. Ainsi, par manque de données disponibles, n'ont pu être inclus dans notre étude les effets sur la santé mentale, la santé périnatale et la santé au travail, ainsi qu'une partie des effets cardiovasculaires et les pertes de productivité. La part de la morbidité reste donc sans doute sous-estimée. Enfin, plusieurs hypothèses ont été faites sur les aspects épidémiologiques (attribution de l'ensemble des cas aux vagues de chaleur, extrapolation des données sanitaires...) et monétaires (absence de valeurs dérivées d'études sur les canicules...) (Adélaïde *et al.*, 2021).

Le coût humain et financier souligne l'urgence de la mise en place d'actions concrètes d'adaptation à la chaleur et d'atténuation du réchauffement à venir. Il n'existe actuellement pas de consensus scientifique sur la possibilité d'une acclimatation physiologique et d'une adaptation spontanée de la population à la chaleur. Dans le monde, si plusieurs études documentent une diminution du risque de décès associé à une température donnée, cela semble être davantage le reflet d'une amélioration globale de la santé ou d'un recours accru à la climatisation depuis les années 1970 que de notre acclimatation à la chaleur (Sheridan *et al.*, 2018). D'ailleurs, cette baisse du risque ne compense pas l'élévation des températures, et la fraction de mortalité attribuable à la chaleur augmente déjà dans certaines régions du monde (Zhao *et al.*, 2021).

L'adaptation est incontournable, d'autant que les effets sanitaires de la chaleur sont en partie évitables grâce à la mise en place d'actions simples, comme l'adoption de comportements préventifs. Les actions de prévention des conséquences sanitaires des vagues de chaleur, telles que le plan national Canicule, le système d'alerte et la sensibilisation sur les comportements protecteurs sont peu coûteuses et *a priori* efficaces (Toloo *et al.*, 2013). En France, la mise en place du système d'alerte Canicule et santé a coûté 287 000 € en 2005, et son fonctionnement annuel s'élève à 454 000 € (ONERC, 2009). Toutefois, les mesures comportementales ne suffiront pas à elles seules ; elles doivent être complétées par des mesures structurelles, comme l'organisation du travail, l'adaptation du logement et

l'atténuation des îlots de chaleur urbains. Ces mesures nécessitent la mise en place de moyens plus coûteux, mais elles ont l'avantage de s'intégrer dans une approche globale de prévention et de promotion de la santé et d'atténuation du changement climatique. Ces investissements, réalisés dès maintenant, permettraient de réduire les dépenses de santé à plus long terme.

Pour conclure, la sensibilisation des décideurs publics sur l'urgence de la situation est un enjeu majeur de santé publique. Il leur incombe, en particulier, de protéger les populations les plus vulnérables, car les inégalités d'exposition à la chaleur (Dialesandro *et al.*, 2021) peuvent se combiner avec une plus grande sensibilité individuelle à la chaleur (Schmeltz *et al.*, 2016 ; Limaye *et al.*, 2020) et à un déficit d'information sur les comportements protecteurs (Bone *et al.*, 2018).

Références

ADÉLAÏDE L., CHANEL O. & PASCAL M. (2021), "Health effects from heat waves in France: an economic evaluation", *The European Journal of Health Economics*, <https://doi.org/10.1007/s10198-021-01357-2>.

ATIKI N., PASCAL M. & WAGNER V. (2019), « Influence de la chaleur sur quelques causes de recours aux soins d'urgences en France métropolitaine durant les étés 2015-2017 », *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, (1), pp. 9-14.

ATWOLI L., BAQUI A. H., BENFIELD T., BOSURGI R., GODLEE F., HANCOCKS S., HORTON R., LAYBOURN-LANGTON L., MONTEIRO C. A., NORMAN I., PATRICK K., PRAITIES N., OLDE RIKKERT M. G. M., RUBIN E. J., SAHNI P., SMITH R., TALLEY N. J., TURALE S. & VÁZQUEZ D. (2021), "Call for emergency action to limit global temperature increases, restore biodiversity, and protect health", *The Lancet* 398(10304), pp. 939-941.

BONE A. & O'CONNELL E. (2018), "Health and high temperatures", *Public Health* 161, pp. 117-118.

CHENG J., XU Z., BAMBRICK H., SU H., TONG S. & HU W. (2019), "Impacts of exposure to ambient temperature on burden of disease: a systematic review of epidemiological evidence", *International Journal of Biometeorology* 63(8), pp. 1099-1115.

DANTEC R. & ROUX J. (2019), *Adapter la France aux dérèglements climatiques à l'horizon 2050 : urgence déclarée*, Sénat, Paris, 1:190.

DGS (2009), « Impacts du changement climatique sur la santé en France : éléments de coûts ».

DIALESANDRO J., BRAZIL N., WHEELER S. & ABUNNASR Y. (2021), "Dimensions of Thermal Inequity: Neighborhood Social Demographics and Urban Heat in the Southwestern US", *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(3), pp. 941.

FFA (2021), « Changement climatique : quel impact sur l'assurance à l'horizon 2050 ? », p. 32, <https://www.ffa-assurance.fr/file/3987/download?token=6egR1YDe>

FOUILLET A., REY G., LAURENT F., PAVILLON G., BELLEC S., GUIHENNEUC-JOUYAUX C., CLAVEL J., JOUGLA E. & HÉMON D. (2006), "Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France", *International Archives of Occupational and Environmental Health* 80(1), pp. 16-24.

GASPARRINI A., GUO Y., HASHIZUME M., LAVIGNE E., ZANOBETTI A., SCHWARTZ J., TOBIAS A., TONG S., ROCKLOV J., FORSBERG B., LEONE M., DE SARIO M., BELL M. L., GUO Y. L., WU C. F., KAN H., YI S. M., DE SOUSA ZANOTTI STAGLIORIO COELHO M., SALDIVA P. H., HONDA Y., KIM H. & ARMSTRONG B. (2015), "Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study", *Lancet* 386(9991), pp. 369-375.

HANNA E. G. & TAIT P. W. (2015), "Limitations to Thermoregulation and Acclimatization Challenge Human Adaptation to Global Warming", *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12(7), pp. 8034-8074.

IANPHI (2021), "IANPHI Roadmap for action on health and climate change – Engaging and supporting National Public Health Institutes as key climate actors".

IPCC (2014), "Human Health: Impacts, Adaptation, and Co-Benefits. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability – Part A: Global and Sectoral Aspects", Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pp. 709-754.

IPCC (2018), "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".

KOUSKY C. (2014), "Informing climate adaptation: A review of the economic costs of natural disasters", *Energy Economics* 46, pp. 576-592.

LAIDI K., MAZZONI M., PERREY C., BEAUDEAU P. & PASCAL M. (2019), « Canicule et personnes vulnérables : enquête sur les registres municipaux », 448, pp. 49-50.

LANCET COUNTDOWN (2021), "Lancet Countdown Tracking the connections between public health and climate change", <https://www.lancetcountdown.org/2021-report/>

LIMAYE V. S., MAX W., CONSTIBLE J. & KNOWLTON K. (2020), "Estimating The Costs Of Inaction And The Economic Benefits Of Addressing The Health Harms Of Climate Change", *Health Affairs* 39(12), pp. 2098-2104.

MTES (2021), « Notice sur les méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport – Récapitulatif des instructions cadre de 1964 à 2005 ».

ONERC (2009), "Climate Change: Costs of Impacts and Lines of Adaptation", Report to the Prime minister and Parliament.

PASCAL M. (2010), « Impacts sanitaires du changement climatique en France. Quels enjeux pour l'InVS ? », p. 80.

PASCAL M., LAGARRIGUE R., TABAI A., BONMARIN I., CAMAIL S., LAAIDI K., LE TERTRE A. & DENYS S. (2021), "Evolving heat waves characteristics challenge heat warning systems and prevention plans", *International Journal of Biometeorology* 65(10), pp. 1683-1694.

PASCAL M., WAGNER V., CORSO M., LAAIDI K., UNG A. & BEAUDEAU P. (2018), "Heat and cold related-mortality in 18 French cities", *Environment International* 121, pp. 189-198.

READY R., NAVRUD S., DAY B., DUBOURG R., MACHADO F., MOURATO S., SPANNINKS F. & RODRIQUEZ M. X. V. (2004), "Benefit Transfer in Europe: How Reliable Are Transfers between Countries?", *Environmental and Resource Economics* 29(1), pp. 67-82.

ROMANELLO M., MCGUSHIN A., DI NAPOLI C., DRUMMOND P., HUGHES N., JAMART L., KENNARD H., LAMPARD P., SOLANO RODRIGUEZ B., ARNELL N., AYEB-KARLSSON S., BELESOVA K., CAI W., CAMPBELL-LENDRUM D., CAPSTICK S., CHAMBERS J., CHU L., CIAMPI L. A., DALIN C., DASANDI N., DASGUPTA S., DAVIES M., DOMINGUEZ-SALAS P., DUBROW R., EBI K. L., ECKELMAN M., EKINS P., ESCOBAR L. E., GEORGESON L., GRACE D., GRAHAM H., GUNTHER S. H., HARTINGER S., HE K., HEAVISIDE C., HESS J., HSU S.-C., JANKIN S., JIMENEZ M. A. P., KELMAN I., KIESEWETTER G., KINNEY P. L., KJELLSTROM T., KNIVETON D., LEE J. K. W., LEMKE B., LIU Y., LIU Z., LOTT M., LOWE R., MARTINEZ-URTAZA J., MASLIN M., MCALLISTER L., MCMICHAEL C., MI Z., MILNER J., MINOR K., MOHAJERI N., MORADI-LAKEH M., MORRISSEY K., MUNZERT S., MURRAY K. A., NEVILLE T., NILSSON M., OBRADOVICH N., SEWE M. O., ORESZCZYN T., OTTO M., OWFI F., PEARMAN O., PENCHEON D., RABBANIHA M., ROBINSON E., ROCKLÖV J., SALAS R. N., SEMENZA J. C., SHERMAN J., SHI L., SPRINGMANN M., TABATABAEI M., TAYLOR J., TRINANES J., SHUMAKE-GUILLEMOT J., VU B., WAGNER F., WILKINSON P., WINNING M., YGLESIAS M., ZHANG S., GONG P., MONTGOMERY H., COSTELLO A. & HAMILTON I. (2021), "The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: code red for a healthy future", *The Lancet* 398(10311), pp. 1619-1662.

SCHMELTZ M. T., PETKOVA E. P. & GAMBLE J. L. (2016), "Economic Burden of Hospitalizations for Heat-Related Illnesses in the United States, 2001-2010", *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13(9) 894.

SHERIDAN S. C. & ALLEN M. J. (2018), "Temporal trends in human vulnerability to excessive heat", *Environmental Research Letters* 13(4) 043001.

TOLOO G., FITZGERALD G., AITKEN P., VERRALL K. & TONG S. (2013), "Are heat warning systems effective?", *Environmental Health: A Global Access Science Source* 12(1) pp.1-4.

VAUTARD R., BOUCHER O., JAN VAN OLDENBORGH G., OTTO F., HAUSTEIN K., VOGEL M., SENEVIRATNE S., SOUBEYROUX J.-M., SCHNEIDER M., DROUIN A., RIBES A., KREIENKAMP F., STOTT P. & VAN AALST M. (2019), "Human contribution to the record-breaking July 2019 heat wave in Western Europe", <https://www.worldweatherattribution.org/wp-content/uploads/July2019heatwave.pdf>

VICEDO-CABRERA A. M., SCOVRONICK N., SERA F., ROYÉ D., SCHNEIDER R., TOBIAS A., ASTROM C., GUO Y., HONDA Y., HONDULA D. M., ABRUTZKY R., TONG S., COELHO M. S. Z. S., SALDIVA P. H. N., LAVIGNE E., CORREA P. M., ORTEGA N. V., KAN H., OSORIO S., KYSELÝ J., URBAN A., ORRU H., INDERMITTE E., JAAKKOLA J. J. K., RYTI N., PASCAL M., SCHNEIDER A., KATSOUYANNI K., SAMOLI E., MAYVANEH F., ENTEZARI A., GOODMAN P., ZEKA A.,

MICHELOZZI P., DE'DONATO F., HASHIZUME M., ALAHMAD B., DIAZ M. H., VALENCIA C. D. L. C., OVERCENCO A., HOUTHUIJS D., AMELING C., RAO S., DI RUSCIO F., CARRASCO-ESCOBAR G., SEPOSO X., SILVA S., MADUREIRA J., HOLOBACA I. H., FRATIANNI S., ACQUAOTTA F., KIM H., LEE W., INIGUEZ C., FORSBERG B., RAGETTLI M. S., GUO Y. L. L., CHEN B. Y., LI S., ARMSTRONG B., ALEMAN A., ZANOBETTI A., SCHWARTZ J., DANG T. N., DUNG D. V., GILLET N., HAINES A., MENGEL M., HUBER V. & GASPARRINI A. (2021), "The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change", *Nature Climate Change* 11(6), pp. 492-500.

WATTS N., AMANN M., ARNELL N., AYEB-KARLSSON S., BEAGLEY J., BELESOVA K., BOYKOFF M., BYASS P., CAI W., CAMPBELL-LENDRUM D., CAPSTICK S., CHAMBERS J., COLEMAN S., DALIN C., DALY M., DASANDI N., DASGUPTA S., DAVIES M., DI NAPOLI C., DOMINGUEZ-SALAS P., DRUMMOND P., DUBROW R., EBI K. L., ECKELMAN M., EKINS P., ESCOBAR L. E., GEORGESON L., GOLDER S., GRACE D., GRAHAM H., HAGGAR P., HAMILTON I., HARTINGER S., HESS J., HSU S. C., HUGHES N., JANKIN MIKHAYLOV S., JIMENEZ M. P., KELMAN I., KENNARD H., KIESEWETTER G., KINNEY P. L., KJELLSTROM T., KNIVETON D., LAMPARD P., LEMKE B., LIU Y., LIU Z., LOTT M., LOWE R., MARTINEZ-URTAZA J., MASLIN M., MCALLISTER L., MCGUSHIN A., MCMICHAEL C., MILNER J., MORADI-LAKEH M., MORRISSEY K., MUNZERT S., MURRAY K. A., NEVILLE T., NILSSON M., SEWE M. O., ORESZCZYN T., OTTO M., OWFI F., PEARMAN O., PENCHEON D., QUINN R., RABBANIHA M., ROBINSON E., ROCKLÖV J., ROMANELLO M., SEMENZA J. C., SHERMAN J., SHI L., SPRINGMANN M., TABATABAEI M., TAYLOR J., TRIÑANES J., SHUMAKE-GUILLEMOT J., VU B., WILKINSON P., WINNING M., GONG P., MONTGOMERY H. & COSTELLO A. (2021), "The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: responding to converging crises", *The Lancet* 397(10269), pp. 129-170.

WHO (2021), "Zero regrets scaling up action on climate change mitigation and adaptation for health in the WHO European region", pp. 1-14.

ZHAO Q., GUO Y., YE T., GASPARRINI A., TONG S., OVERCENCO A., URBAN A., SCHNEIDER A., ENTEZARI A., VICEDO-CABRERA A. M., ZANOBETTI A., ANALITIS A., ZEKA A., TOBIAS A., NUNES B., ALAHMAD B., ARMSTRONG B., FORSBERG B., PAN S. C., ÍÑIGUEZ C., AMELING C., DE LA CRUZ VALENCIA C., ÅSTRÖM C., HOUTHUIJS D., DUNG D. V., ROYÉ D., INDERMITTE E., LAVIGNE E., MAYVANEH F., ACQUAOTTA F., DE'DONATO F., DI RUSCIO F., SERA F., CARRASCO-ESCOBAR G., KAN H., ORRU H., KIM H., HOLOBACA I. H., KYSELÝ J., MADUREIRA J., SCHWARTZ J., JAAKKOLA J. J. K., KATSOUYANNI K., HURTADO DIAZ M., RAGETTLI M. S., HASHIZUME M., PASCAL M., DE SOUSA ZANOTTI STAGLIORIO COELHO M., VALDÉS ORTEGA N., RYTI N., SCOVRONICK N., MICHELOZZI P., MATUS CORREA P., GOODMAN P., NASCIMENTO SALDIVA P. H., ABRUTZKY R., OSORIO S., RAO S., FRATIANNI S., DANG T. N., COLISTRO V., HUBER V., LEE W., SEPOSO X., HONDA Y., GUO Y. L., BELL M. L. & LI S. (2021), "Global, regional, and national burden of mortality associated with non-optimal ambient temperatures from 2000 to 2019: a three-stage modelling study", *The Lancet Planetary Health* 5(7), pp. 415-425.