

Note méthodologique accompagnant le chapitre sur la protection de la santé des personnes vulnérables face aux vagues de chaleur

Baptiste Savatier – Data scientist, Dép. Analyse et Science des Données, Cour des Comptes

Aleenzahra Haider-Raza – Stagiaire data scientist, Dép. Analyse et Science des Données, Cour des Comptes

Avertissement aux lecteurs : Les éléments de méthode et résultats des travaux statistiques présentés dans cette note ont été établis dans la cadre de la préparation du chapitre du rapport public annuel 2024 sur « Les vagues de chaleur et la protection des personnes vulnérables », adopté par la 6^{ème} chambre de la Cour des comptes et le comité du rapport public et des programmes (CRPP) : il convient de s’y reporter pour les analyses et recommandations retenues par la Cour.

La modélisation statistique évalue les effets des vagues de chaleur et de variations de température sur le recours aux soins (urgences, hospitalisations, consultations de médecine générale), et sur les décès en EHPAD et en SSIAD. Puisque ces variables de recours aux soins comptent le nombre d’occurrences dans un intervalle de temps donné (par exemple, le nombre de passages aux urgences en une journée), ce sont des variables de comptage, et le modèle approprié est une régression de Poisson (ou quasi-Poisson). Par ailleurs, chaque régression inclue des effets fixes temporels et spatiaux afin de tenir compte des tendances et de l’hétérogénéité des régions.

Les requêtes puis l’interprétation des résultats ont été établies en lien avec les sociétés savantes (médecine d’urgence, neurologie et neurovasculaire, cardiologie, pneumologie, néphrologie, urologie, gériatrie et gériatrie, pédiatrie, médecine générale, oncologie), et avec le concours d’un médecin-expert responsable d’un département d’information médicale d’un établissement public de santé.

Concernant les données de température sur les vagues de chaleur mobilisées par la Cour en coopération avec Météo France, il y a lieu de signaler que l’exigence d’une approche sur l’ensemble du territoire métropolitain (il n’y a pas de données disponibles sur les vagues de chaleur concernant l’outre-mer à cette étape), et la taille de la base statistique en résultant avec l’appariement de données de santé également très volumineuses, ont conduit à ne retenir que les données de la station météorologique départementale de référence, soit une centaine de sites, alors qu’il existe près de 1.000 stations météorologiques en métropole. Il en résulte pour les médecins et chercheurs souhaitant poursuivre et approfondir ces travaux sur l’impact des vagues de chaleur sur le recours aux soins qu’un périmètre géographique plus délimité peut permettre de travailler avec des données de température plus finement géolocalisées, ce qui peut être très intéressant pour pouvoir différencier les zones urbaines ou rurales, ou encore les bords de mer et leur arrière-pays par exemple. Dans le même esprit, un périmètre géographique plus limité peut permettre d’intégrer dans les modélisations l’effet des polluants atmosphériques (ozone notamment), ou les allergènes d’été (ambrosie) – données disponibles en open data- ce qu’une approche métropolitaine ne pouvait accueillir au regard de l’ampleur de la base et de la modélisation en résultant.

Objectif

Cette note évalue le lien économétrique entre les vagues de chaleur, et la consommation de soins, opérationnalisée en différentes catégories : nombre de passages aux urgences, de consultations chez les médecins généralistes, de séjours hospitaliers, ainsi que les décès dans les Ehpad et Ssiad.

Après une description des données, cette note documente les différentes analyses menées, à savoir l'effet des vagues de chaleur (décliné en 3 mesures différentes) :

- Sur les passages aux urgences :
 - o En nombre global de passages (par classe d'âge et sexe)
 - o En nombre relatif de certaines pathologies pertinentes
 - o Dans chacun des départements
 - o L'effet le plus récent, en 2022
- Sur les hospitalisations (court séjour MCO)
 - o En nombre global de séjours (par classe d'âge et sexe)
 - o En nombre relatif de certaines pathologies pertinentes
- Sur les consultations des médecins généralistes
 - o En nombre global de consultations (par classe d'âge et statut CSS)
 - o Dans chacun des départements
- Sur les décès en Ehpad
- Sur les décès en Ssiad

Elle se termine sur les différents tests de robustesse réalisés, et les potentielles prochaines étapes d'analyse.

Données

L'analyse s'attache à mettre en relation des données de vagues de chaleur avec des données de consommation de soin.

Données vagues de chaleur (Météo France)

En préambule, face aux spécificités climatiques et à l'absence de données, cette étude se limite à la France métropolitaine. Pour cela, deux bases Météo France (MF) sont exploitées. La principale recense les vagues de chaleur, telles que définies par cette institution. Une vague de chaleur se calcule au niveau du département, et repose sur 3 conditions cumulatives. D'abord, un département entre en vague de chaleur lorsque la température moyenne quotidienne (TMQ) dépasse le 99.5^{ème} percentile de sa distribution entre 1981 à 2010. Ensuite, la vague dure tant que la TMQ ne redescend pas en dessous du 97.5^{ème} percentile pendant plus d'une journée, et enfin, ne descend pas du tout en dessous du 95^{ème} percentile. Cette base concerne tous les départements métropolitains, de 2013 à 2022. Elle contient les dates de début et de fin, la durée, l'intensité et la sévérité de chaque vague.

Afin d'étendre l'analyse aux épisodes de chaleur qui ne seraient pas une vague telle que définie par MF, une seconde base fournit, pour une station jugée représentative du département, la température horaire, de juin à septembre de 2012 à 2021. Cette donnée est agrégée afin d'obtenir une température moyenne quotidienne. Néanmoins, cette base présente une part significative de valeurs manquantes. 5 départements n'ont aucune donnée : la Mayenne (53), la Haute-Savoie (74), les Hauts-de-Seine (92), la Seine-Saint-Denis (93) et le Val-de-Marne (94). Or, ces départements représentent 5,8 millions

d'habitants, soit près de 1% de la population métropolitaine. Pour les autres départements, l'ampleur des valeurs manquantes est plus variable mais peut rester importante¹.

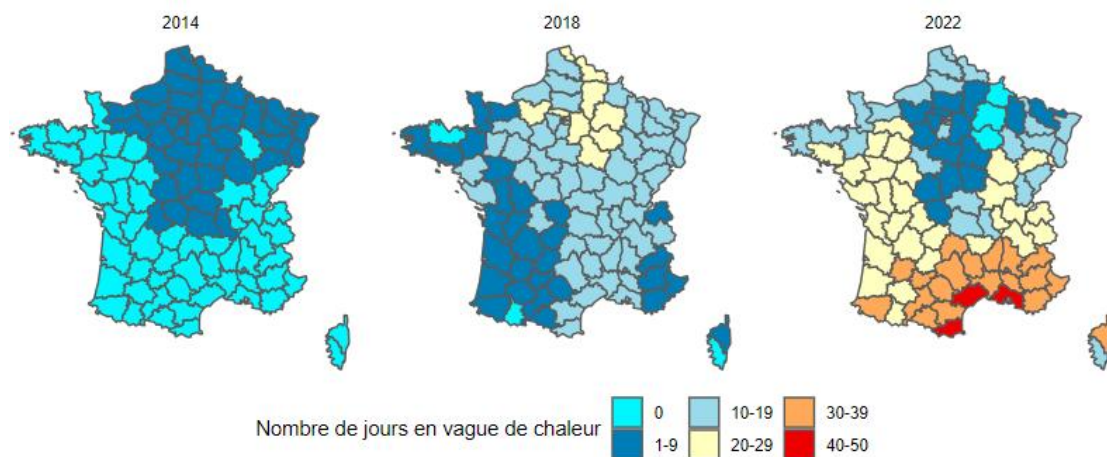
Ces deux sources permettent de construire une base journalière départementale, avec trois mesures de la vague de chaleur :

- Effet global : une indicatrice binaire prend la valeur 1 lorsque le département est en vague de chaleur ou dans les 15 jours qui la suivent (période de latence), et 0 sinon. La période de latence de 15 jours est prise en compte en accord avec les recommandations des sociétés savantes, qui estiment que les effets d'une vague de chaleur peuvent se faire sentir jusqu'à 15 jours après son apparition.
- Effet durée : Une indicatrice qui mesure la durée de la vague de chaleur. Afin de prendre en compte l'aspect non-linéaire de cette durée (passer du 1^{er} au 2^{ème} jour n'est pas pareil que passer du 7^{ème} au 8^{ème} jour de vague de chaleur), elle est découpée en classes, dont les seuils ont été déterminés pour préserver le pouvoir statistique de chacune : 1 à 3 jours, 4 à 6 jours, 7 jours ou plus, et la période de latence.
- Effet chaleur cumulée : cette variable correspond à la moyenne glissée des températures moyennes quotidiennes des trois derniers jours. Elle est renseignée au-delà des vagues de chaleur uniquement, pour prendre en compte un éventuel effet de traîne : une journée de rafraîchissement ne suffit pas après 2 jours de fortes chaleurs ; cette indicatrice capture ces situations.

Ainsi sont obtenues par département et jour (ou semaine selon le modèle), une indicatrice binaire de vague de chaleur, une indicatrice catégorielle divisant la vague de chaleur en classe de durée, et la température moyenne des trois derniers jours.

Pour chaque variable de consommation de soin, l'effet de la vague est décliné selon ces trois mesures.

Carte 1 : Nombre de jours cumulés de vague de chaleur par département, en 2014, 2018 et 2022



Données de consommation de soins

RPU et PMSI MCO

La première estimation concerne l'impact des vagues de chaleur sur les passages aux urgences, à partir du Résumé de Passage aux Urgences (RPU), et sur les hospitalisations court séjours (PMSI MCO), de

¹ La donnée reste absente pour l'Isère (38) avant 2019, pour l'Yonne (89) après 2012, pour la Nièvre (58) après 2015, et pour la Lozère en 2018. Les autres départements peuvent avoir des manquants plus ponctuels.

l'ATIH. Pour le RPU, l'analyse couvre les années 2016 à 2022, sauf 2020 et 2021 afin d'éviter un éventuel effet COVID. Pour le PMSI MCO, elle couvre 2013 à 2022 (un test en enlevant les années 2020-2021 est réalisé en test de robustesse, voir section Tests de robustesse ci-dessous). Un contrôle qualité est effectué, ne conservant que les observations avec un mode de sortie valide.

Pour le RPU comme PMSI-MCO, est obtenu par département et par jour, le nombre de passages aux urgences/d'hospitalisations, décliné également par classe d'âge. Le département retenu est celui non pas du domicile du patient mais de l'établissement. En effet, puisque l'analyse concerne les mois estivaux, les mouvements de population pour vacances ne sont pas négligeables : le taux de départ en vacances d'été est d'environ 55% (DGE, 2016). En outre, les départements de villégiatures sont plus touchés par les vagues de chaleur que ceux de résidence principale. La base est cylindrée par jour et département.

En première approche, les personnes vulnérables sont identifiées comme jeunes enfants et personnes âgées. Ainsi, des classes d'âge sont découpées afin de mettre en exergue ces populations : 0-14 ans (lorsque possible, déclinée en 0-1, 1-2, 2-14 ans), 15-64 ans, 65-74 ans, 75-84 ans, 85 ans et plus.

Au-delà de l'effet sur le volume global des passages aux urgences/hospitalisations, une analyse relative sur le case-mix² est effectuée, en distinguant cinq groupes de pathologies potentiellement pertinentes : urologie, pneumologie, neurologie, cardiologie, néphrologie. Ces catégories et les codes CIM-10 associés ont été établis à partir d'échanges avec un médecin DIM et les sociétés savantes de chaque discipline. La liste précise des codes CIM-10 utilisés pour chaque groupe est en annexe.

Ce filtre est effectué sur le diagnostic principal. Les données sont agrégées au niveau de la semaine afin de garder une variation suffisante. Le nombre de passages pour une pathologie est estimé en part du nombre de passage total aux urgences toute pathologie confondue. La base est cylindrée par semaine et département.

DCIR (SNIIRAM)

L'analyse estime ensuite l'effet des vagues de chaleur sur les consultations chez le médecin généraliste (libéral), à partir de la base DCIR. Elle couvre la période 2015-2022, récupérant par département de pratique du/de la médecin, par jour d'été, et par classe d'âge, le nombre de consultations effectuées.

ResidESMS (EHPAD et SSIAD)

Enfin, est évaluée la mortalité parmi les résidents des EHPAD (établissements d'hébergement pour personnes âgées dépendantes) et des bénéficiaires des SSIAD (services de soins infirmiers à domicile), par l'exploitation du référentiel historisé des bénéficiaires de soins médico-sociaux (Résid'ESMS). Cette base de données a connu une montée en exhaustivité relativement récente (voir statistiques descriptives ci-dessous). Ainsi, l'analyse porte uniquement sur les catégories d'ESMS les plus exhaustives, à savoir les EHPAD et les SSIAD. En effet, la base recense 490 000 résidents d'EHPAD en 2019, sur les 600 000 résidents au niveau national. Concernant les SSIAD, elle approche les 100 000 bénéficiaires en 2022. Il s'agit de rester vigilant sur les résultats puisque les établissements et services qui ne remontent pas de manière exhaustive les données pourraient avoir une pratique de soins différente, et donc un effet global de la vague de chaleur sur le décès des bénéficiaires différents. Ces

² Le case-mix indique la part de chaque groupe de cas et pathologies qui compose l'activité d'un établissement ou d'une zone géographique. Ici le case-mix est analysé au niveau du diagnostic principal du patient, à l'échelle du département.

estimations sont néanmoins prises à valeur faciale ; une prochaine étape consisterait à les corriger de cette « non-réponse » (en l'occurrence la non-remontée des données).

La base résultante recense par semaine et département (de l'établissement) le nombre de décès des résidents en EHPAD d'une part, et de décès des bénéficiaires de SSIAD de l'autre. Ici, le décès du résident ou du bénéficiaire est considéré, que la personne soit décédée dans l'établissement ou après transfert à l'hôpital. Il convient de rappeler que l'analyse porte sur la mortalité estivale, d'un ordre de grandeur moindre que celle hivernale concernant ces populations.

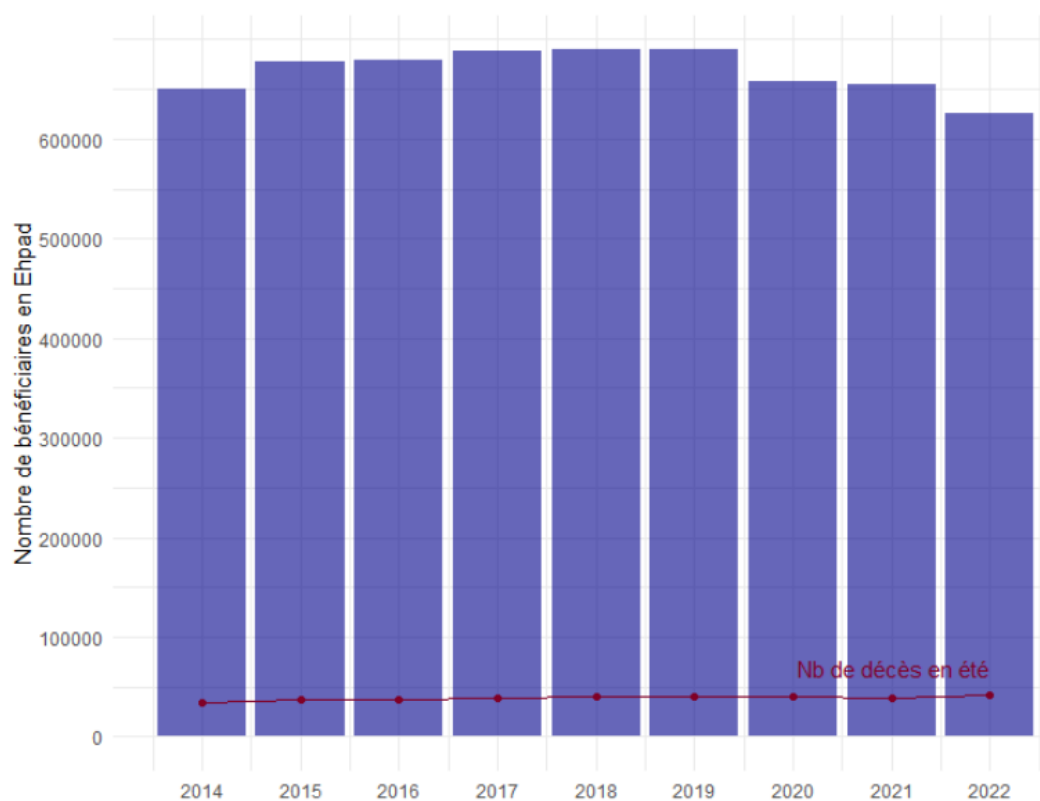
Analyse descriptive

Tableau 1 : Indicateurs de températures par jour et par département durant les mois de Juin à Septembre de 2012-2022 (Météo France)

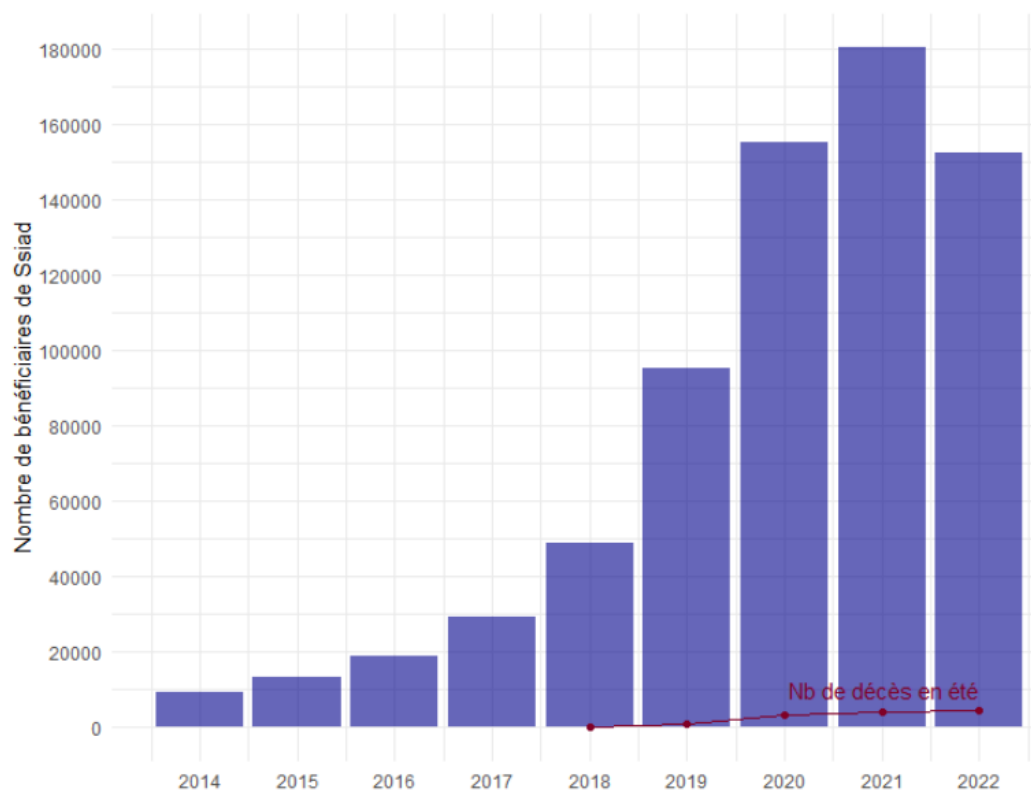
	Minimum	Quartile 1	Médiane	Moyenne	Quartile 3	Maximum	Manquants
Nombre de jours cumulés	0.0000	0.0000	0.0000	0.3605	0.0000	31.0000	0
Top vague	0.0000	0.0000	0.0000	0.2551	1.0000	1.0000	0
Température moyenne	5.40	16.72	19.37	19.56	22.30	34.70	8961
Température moyenne mobile J3	6.496	16.951	19.425	19.608	22.183	32.815	11009
Nombre de passages aux urgences	0.00	8.00	22.00	54.71	51.00	1559.00	0
Nombre de décès en EHPAD	0.000	1.000	3.000	3.294	5.000	71.000	0
Nombre de décès en SSIAD	0.0000	0.0000	0.0000	0.2475	0.0000	9.0000	0

Concernant les analyses sur le référentiel des bénéficiaires des ESMS, il s'agit de veiller à interpréter les résultats à la lumière de la montée en exhaustivité de la base, notamment sur les bénéficiaires des Ssiad.

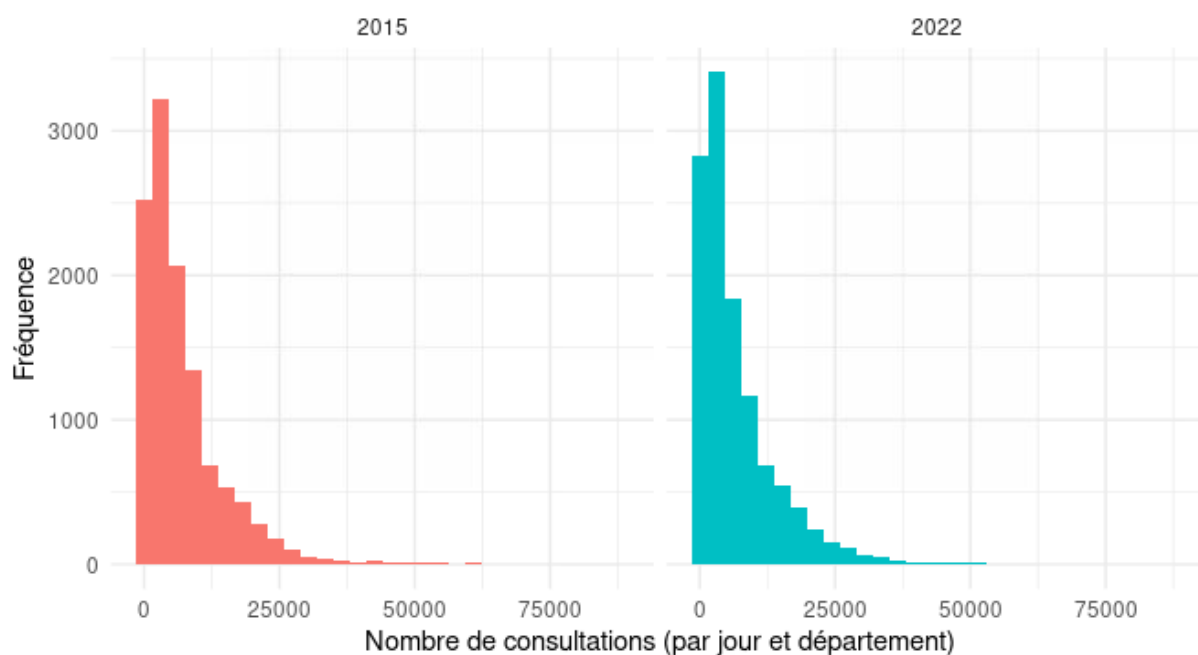
Graphique 1 : Nombre bénéficiaires et de décès estivaux en EHPAD, renseignés dans le référentiel



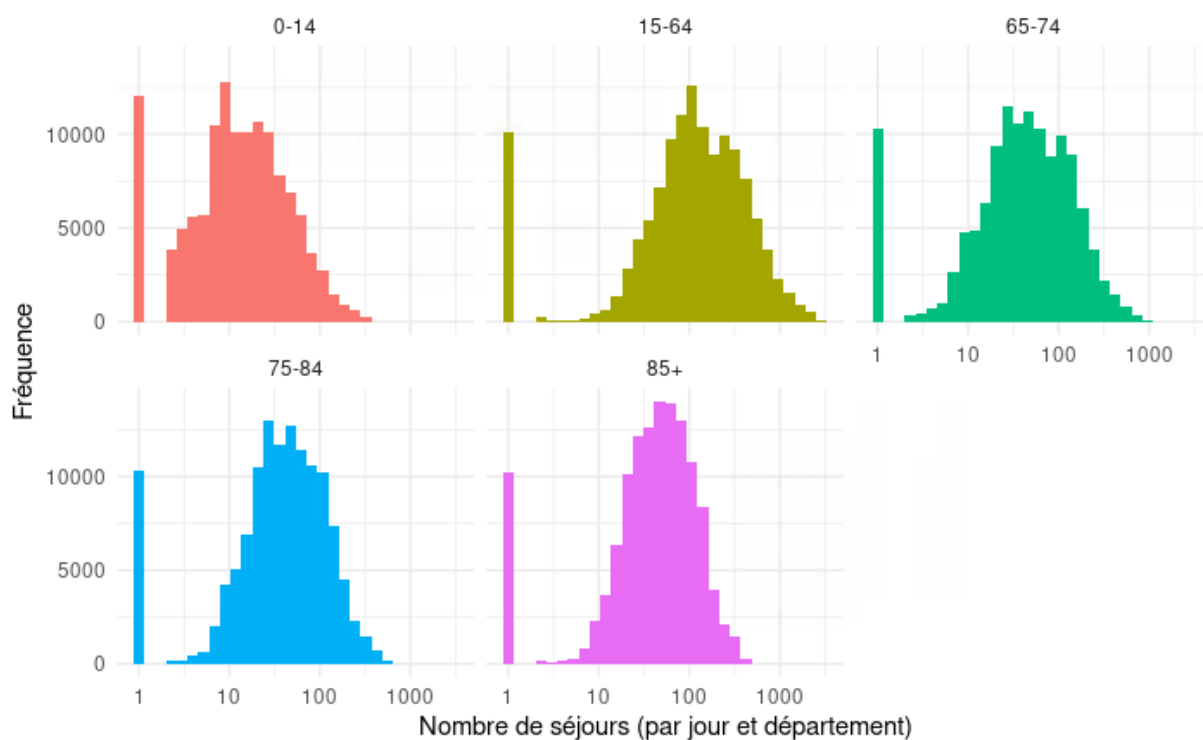
Graphique 2 : Nombre bénéficiaires et de décès estivaux en SSIAD, renseignés dans le référentiel



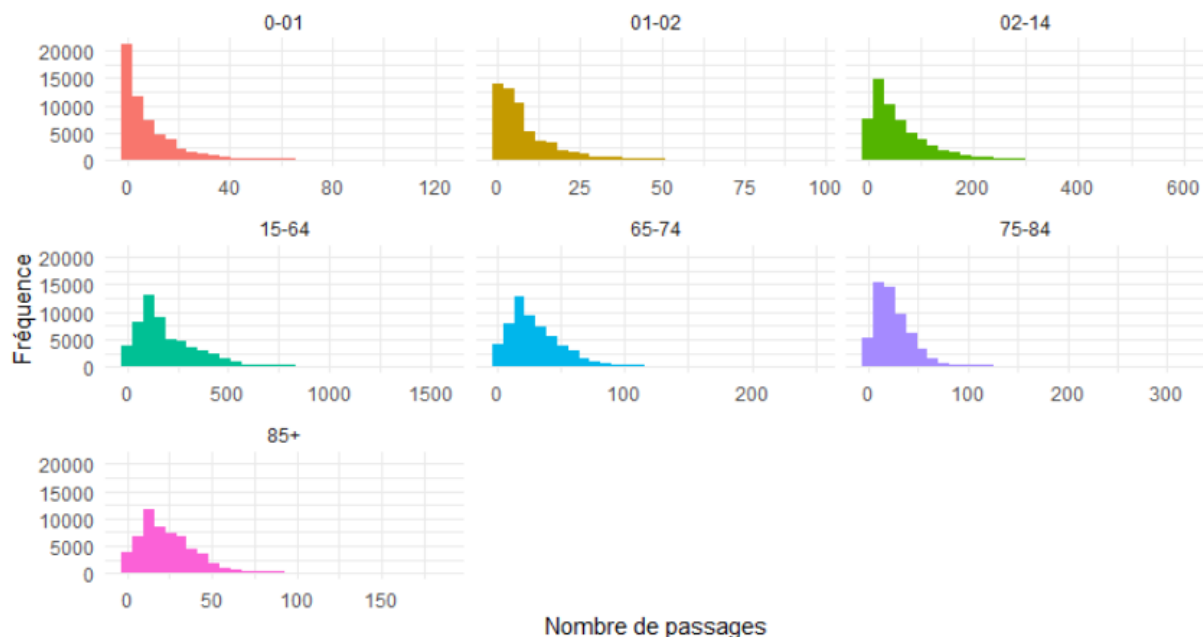
Graphique 3 : Distribution du nombre de consultations journalières chez les MG par département



Graphique 5 : Distribution des hospitalisations journalières en MCO par département, selon la classe d'âge (échelle en log)



Graphique 6 : Distribution des passages aux urgences journaliers par département, selon la classe d'âge



La distribution des différentes mesures de consommation de soins confirme la nature de comptage, qui s'approche par les modèles appropriés décrits dans la section suivante.

Méthodes

L'analyse consiste à estimer un comptage (de passages aux urgences, d'hospitalisations, de décès en ESMS, ou de consultations chez le généraliste). Ainsi, le modèle approprié est dit de Poisson³, d'après la distribution de la variable de consommation de soins, par estimateur de maximum de vraisemblance. Tous les modèles incluent des effets fixes spatiaux et temporels : département, année, mois, et une variable binaire pour différencier l'activité de la semaine de celle du weekend. En effet, l'effet fixe département permet de prendre en compte les disparités (constantes dans le temps) entre départements, celui de l'année la tendance générale annuelle, celui du mois et du weekend la saisonnalité estivale et hebdomadaire respectivement. Enfin la date est également incluse en variable contrôle continue. Aux vues des distributions présentées de certaines variables d'intérêt, une prochaine étape pourrait consister à évaluer la pertinence d'un modèle Poisson avec excès de zéro (*zero-inflated Poisson*).

Les analyses se déclinent par classe d'âge, sexe, pathologie ou par département.

Résultats

Les résultats présentés concernent d'abord l'effet d'une vague de chaleur sur le volume global de consommation de soins (nombre de passages aux urgences, d'hospitalisations, de consultations des médecins généralistes), puis l'effet relatif sur le *case-mix*.

³ Ou quasi-Poisson lorsqu'il y a sur-dispersion de la variable de consommation de soins.

Effet sur le nombre de passages aux urgences

L'effet d'une vague de chaleur, telle que mesurée par dans sa globalité, dans sa durée, et dans sa température cumulée, sur les passages aux urgences, par classe d'âge.

Effet global :

Le graphique 7 montre l'effet global de la vague de chaleur par classe d'âge. Une vague de chaleur augmente en moyenne par jour et département les passages de 2% pour les 75 ans et plus, ainsi que pour les 15-64 ans. On note une diminution de l'ordre de 2% pour les 2-14 ans.

Graphique 7 : Effet global d'une vague de chaleur sur les passages aux urgences par classe d'âge

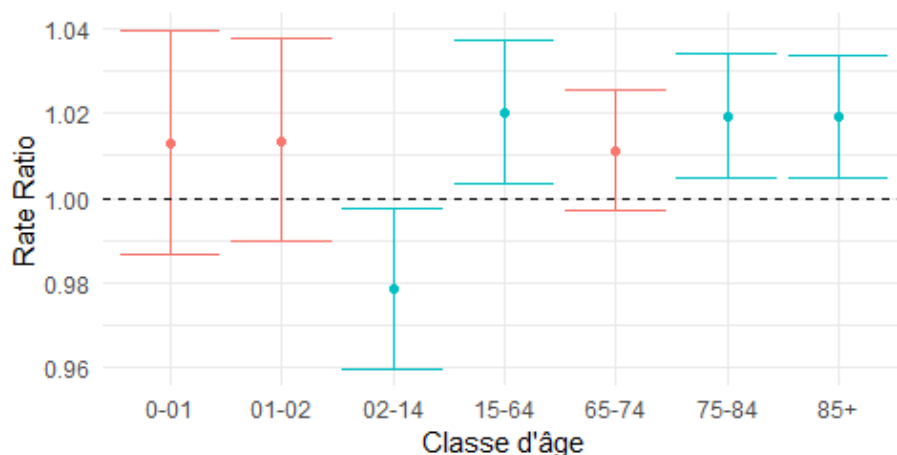


Tableau 2 : Nombre moyen de passages quotidiens par département, selon la classe d'âge

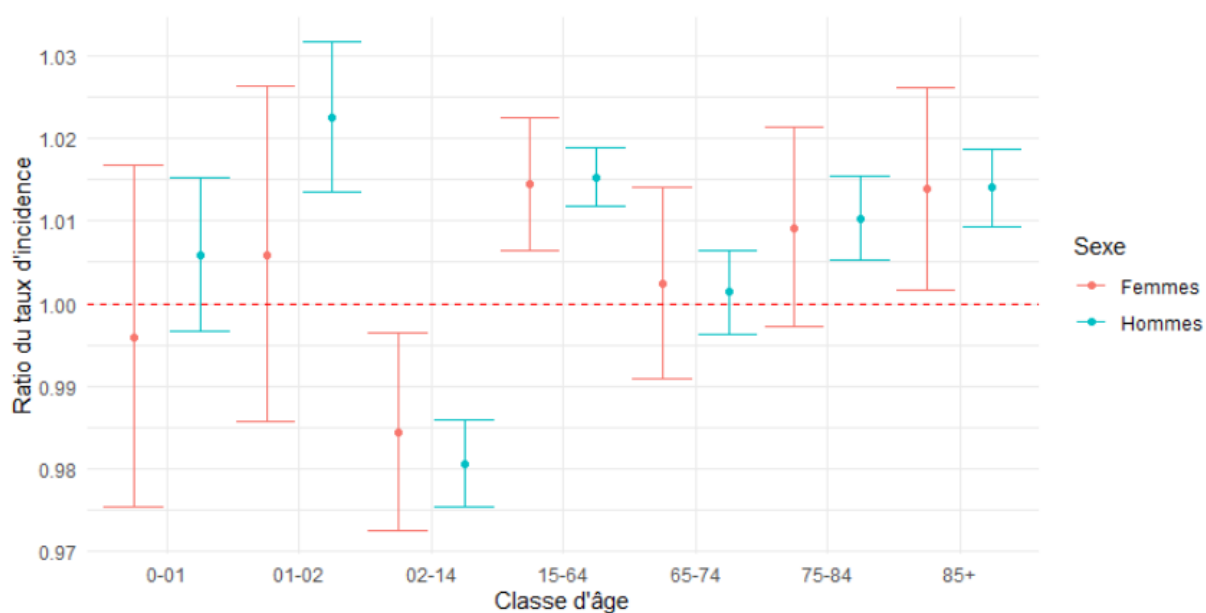
Classe d'âge	Moyenne en 2016	Moyenne en 2022	Moyenne toutes années
0 – 1 an	9	14	10
1 – 2 ans	8	11	9
2 – 14 ans	56	78	65
15 – 64 ans	181	261	215
65 – 74 ans	24	40	31
75 – 84 ans	23	36	27
85 ans et plus	21	32	25

Il peut être intéressant de chiffrer cette augmentation en nombre de patients. Il y a en moyenne 53 passages quotidiens par département des 75 ans et plus (regroupement les deux dernières catégories). Si les 2% d'augmentation paraissent anodins, à 54 passages quotidiens par département, cela aboutit à 96 passages additionnels au national par jour de vague de chaleur. Or, une vague de chaleur durant en moyenne 6 jours, cela représente 576 passages aux urgences additionnels pour une vague de chaleur moyenne.

Cet effet est décliné par sexe (graphique 7.bis) : le modèle par classe d'âge comporte une interaction entre la vague de chaleur et le sexe du patient ou de la patiente. L'effet de la catégorie de référence (homme) est mesuré par le coefficient de la vague de chaleur, tandis que celui sur les femmes est

l'addition des coefficients de l'effet de la vague additionné à celui de l'interaction, cela avant d'exponentialiser cet effet pour obtenir le ratio du taux d'incidence, interprétable. Le graphique 7.bis montre que l'effet de la vague de chaleur n'est pas particulièrement genré, sauf pour les 1 à 2 ans où les passages aux urgences pour les garçons sont significativement plus élevés que pour les filles. Plus généralement, il est à noter une plus grande dispersion de la réponse comportementale des femmes par rapport aux hommes, mesurée par l'étendue de l'intervalle de confiance.

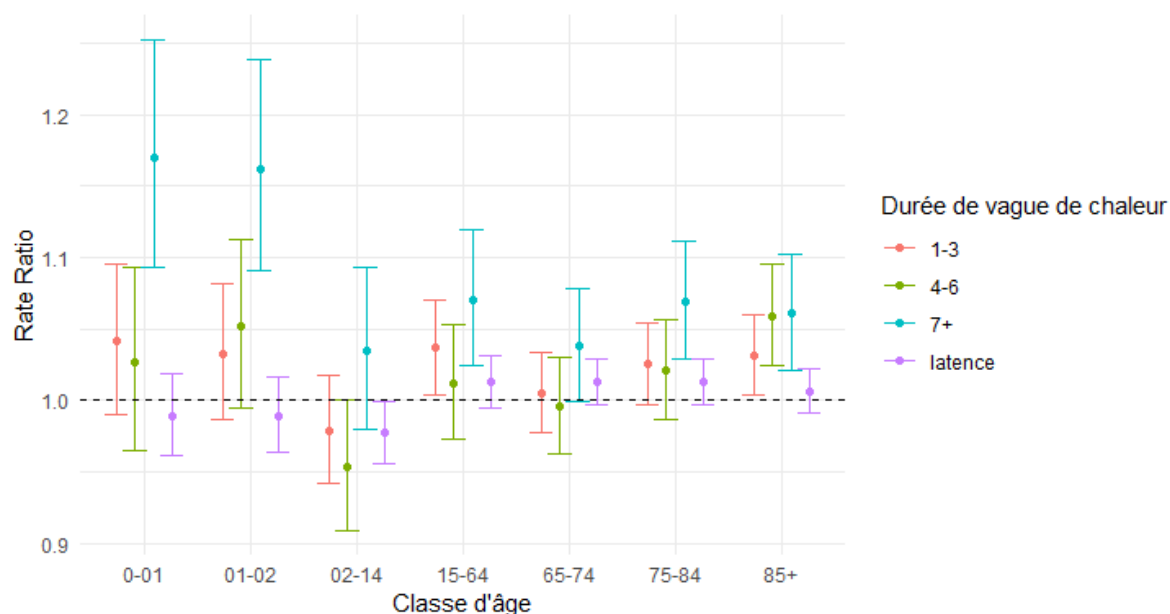
Graphique 7.bis : Effet global de la vague de chaleur par classe d'âge et sexe sur les passages aux urgences.



Effet durée :

L'effet global cache une non-linéarité dans l'effet de la vague : les besoins de recours aux soins augmentent au fur et à mesure que la vague dure. Ainsi l'impact est découpé par durée de vague de chaleur en classes de 1 à 3 jours, 4 à 6 jours, 7 jours ou plus, et une période de latence (définie par les 15 jours qui suivent). Le graphique 8 montre les résultats. Le gradient est clair pour les vagues de chaleur de plus de 7 jours, surtout pour les jeunes âges. En revanche, la période de latence ne connaît pas de suractivité des urgences. L'augmentation du nombre de passage de chaque classe de durée se lit par rapport à une période hors vague de chaleur. Par exemple, pour les 0-1 ans, une vague de chaleur augmente le nombre de passages quotidiens par département de 17%, par rapport à un jour hors vague de chaleur. En l'occurrence, puisque l'effet des vagues de moins de 6 jours n'est pas significatif, l'augmentation de 17% peut s'interpréter également par rapport aux vagues de chaleurs plus courtes.

Graphique 8 : Effet de la durée de la vague de chaleur sur les passages aux urgences

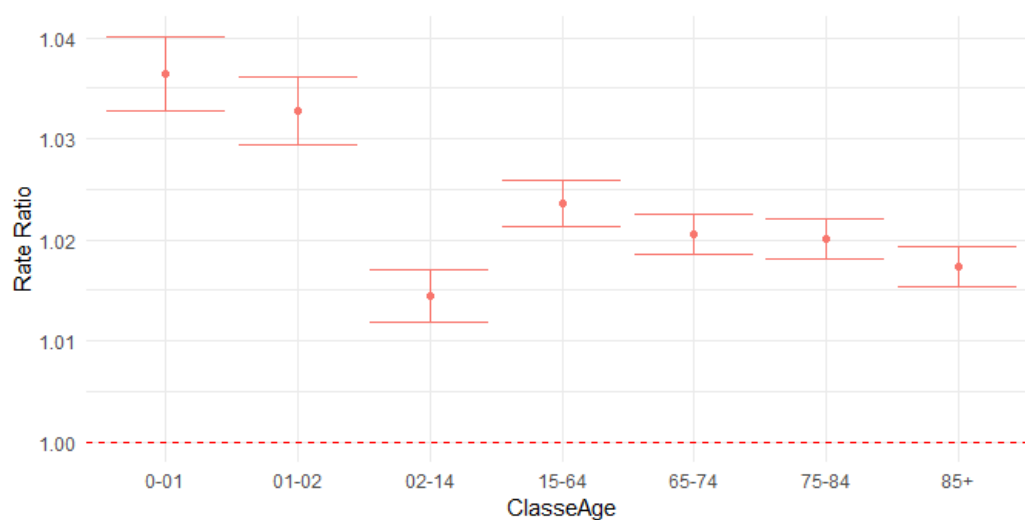


Effet cumulé de la température

Enfin, le dernier effet sur le volume global des passages aux urgences mesure l'influence des épisodes de chaleur en deçà des seuils d'une vague. Est étudié l'impact de la température moyenne des 3 derniers jours, toujours sur les mois estivaux. Cette mesure permet également de capturer un potentiel effet sur le nombre de passages aux urgences d'un épisode sévère de chaleur suivi d'un refroidissement subit.

Le graphique 9 montre un effet significatif de l'augmentation d'un degré dans la température moyenne des 3 derniers jours, qui augmente le nombre de passages journaliers par département entre 1,4% et 3,6 % selon la classe d'âge, ceci que la journée soit en vague de chaleur ou non.

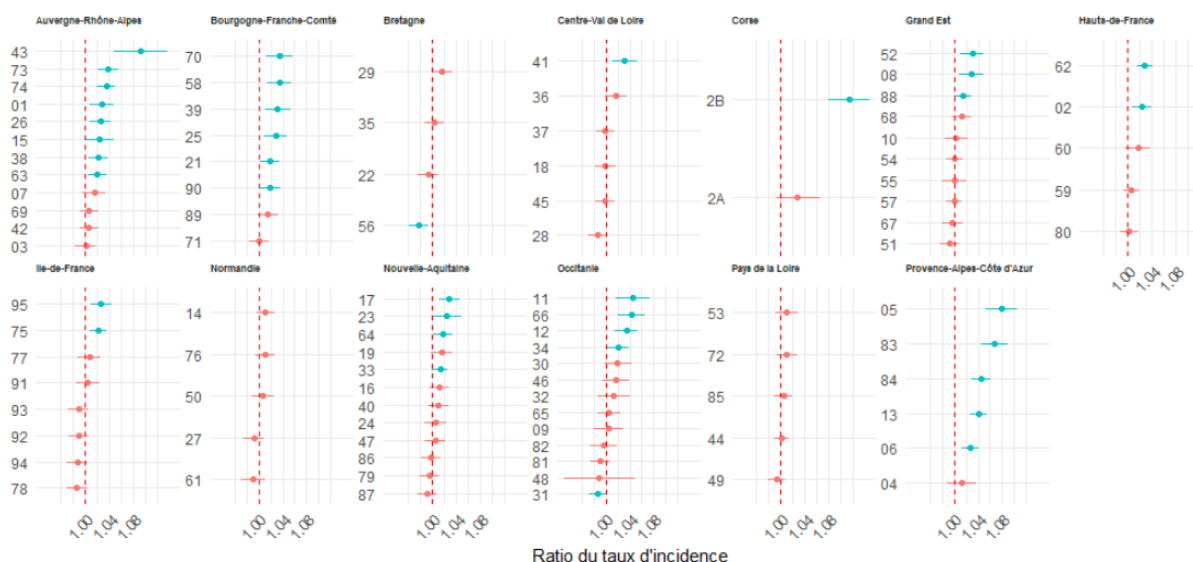
Graphique 9 : Effet de la température cumulée sur les passages aux urgences, par classe d'âge



Disparités territoriales :

Sur le sujet des vagues de chaleur, alors que les régions françaises connaissent des climats relativement variés, il est important de décliner l'effet moyen national en effets par département. La profondeur historique et la granularité fine permettent de descendre à cette finesse d'analyse.

Graphique 10 : Effet global de la vague de chaleur sur les passages aux urgences, par département



Lecture : En Haute-Loire (43), une vague de chaleur augmente en moyenne par jour le nombre de passage de 9%, tandis qu'elle n'a pas d'effet significatif en Allier (03).

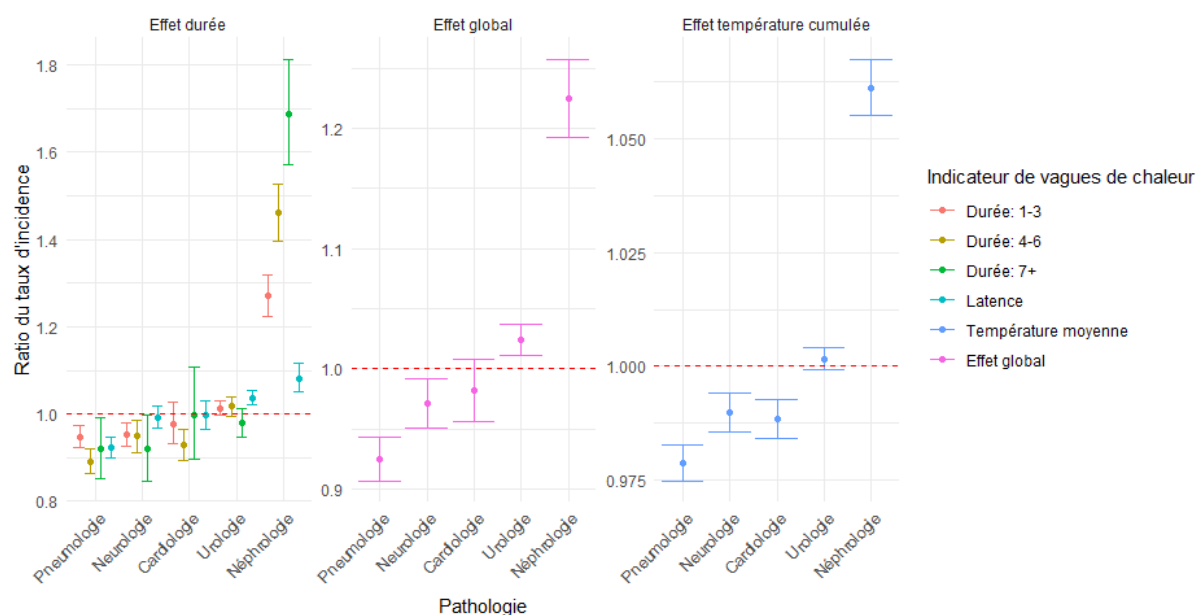
Certaines régions n'ont aucun effet significatif, telles que la Normandie, et les Pays de la Loire. A l'inverse la quasi-totalité des départements du PACA, Auvergne-Rhône-Alpes et Bourgogne-Franche-Comté subissent des effets significatifs sur les urgences lors de vagues de chaleur.

Effet relatif :

S'il est maintenant clair qu'une vague de chaleur entraîne une augmentation des passages aux urgences (surtout parmi certaines démographies : personnes âgées, hommes), il est intéressant de poursuivre : pour quelles pathologies ces passages supplémentaires ont lieu ?

L'effet sur le *case-mix* se concentre sur 5 groupes de pathologies susceptibles d'être affectées par la chaleur (voir la section Données ci-dessus). Les modèles qui suivent étudient la part de chacun de ces groupes parmi la totalité des passages aux urgences. Le graphique 11 présente les résultats pour toutes les mesures de vague de chaleur (global, durée, température cumulée).

Graphique 11 : Effet case-mix de la vague de chaleur sur les passages aux urgences



La vague de chaleur modifie effectivement la composition des pathologies des patients aux urgences, vers une réduction des passages pour des diagnostics de pneumologie et neurologie, et une augmentation de ceux de néphrologie et dans une moindre mesure ceux d'urologie.

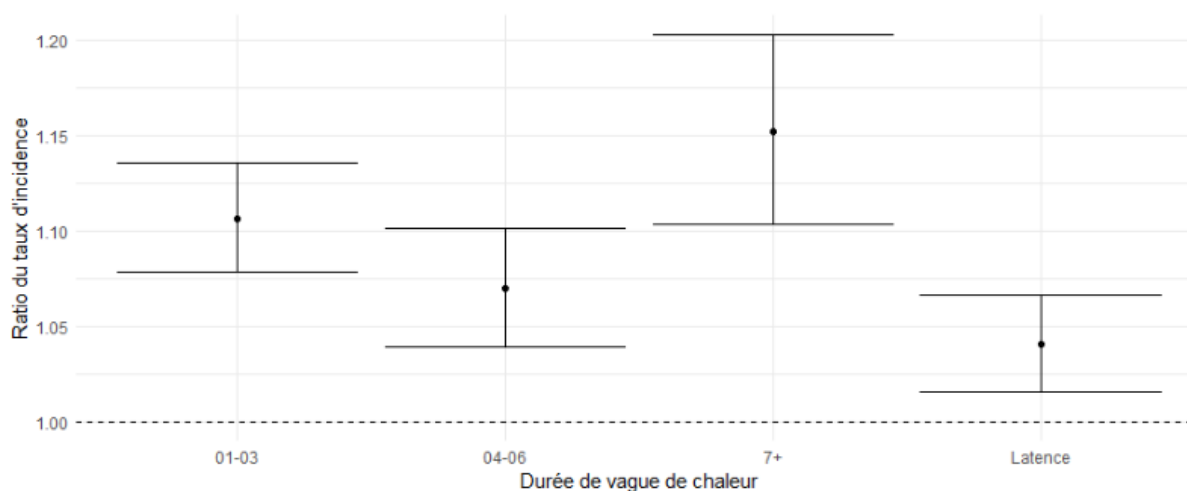
Effet en 2022 uniquement :

Les analyses précédentes estiment l'effet moyen entre 2016 et 2022 des vagues de chaleur. C'est donc un effet lissé sur les 5 étés disponibles⁴. Il est aussi intéressant de s'intéresser à l'effet le plus récent disponible, à savoir sur l'été 2022, et à partir des prédictions du modèle, d'estimer un nombre de passages aux urgences associés aux vagues de chaleur.

Le choix a été d'augmenter la granularité temporelle du jour à la semaine, afin de capter des variations qui dépassent la journée.

Graphique 11 bis : Effet durée des vagues de chaleur en 2022

⁴ 2020 et 2021 ont été exclues pour éviter un potentiel facteur de confusion avec le COVID.



En 2022, il y a eu 5,5 millions de passages aux urgences entre juin et septembre. En contrôlant pour les effets propres au département, au mois et à la semaine, le modèle quasi-Poisson estime que les semaines avec une 1 à 3 jours de vague de chaleur sont associées à une augmentation de 11% du nombre de passages. Les semaines avec 4 à 6 jours de vagues de chaleur sont associées à une augmentation 7%, et celles entièrement en vague de chaleur sont associées à une augmentation de 15%. Enfin, une semaine avec des jours de latence (15 jours suivant une vague) connaissent aussi une augmentation, moindre, de l'ordre de 4%.

A partir de ces estimateurs, il est possible d'estimer le nombre de passages aux urgences qu'il y aurait sans aucune vague de chaleur, et de le comparer avec celui effectif pendant les vagues de chaleur. La différence des deux permet d'apprécier l'ordre de grandeur du nombre de passages aux urgences associés aux vagues de chaleur en 2022. Cette différence est de 197 000.

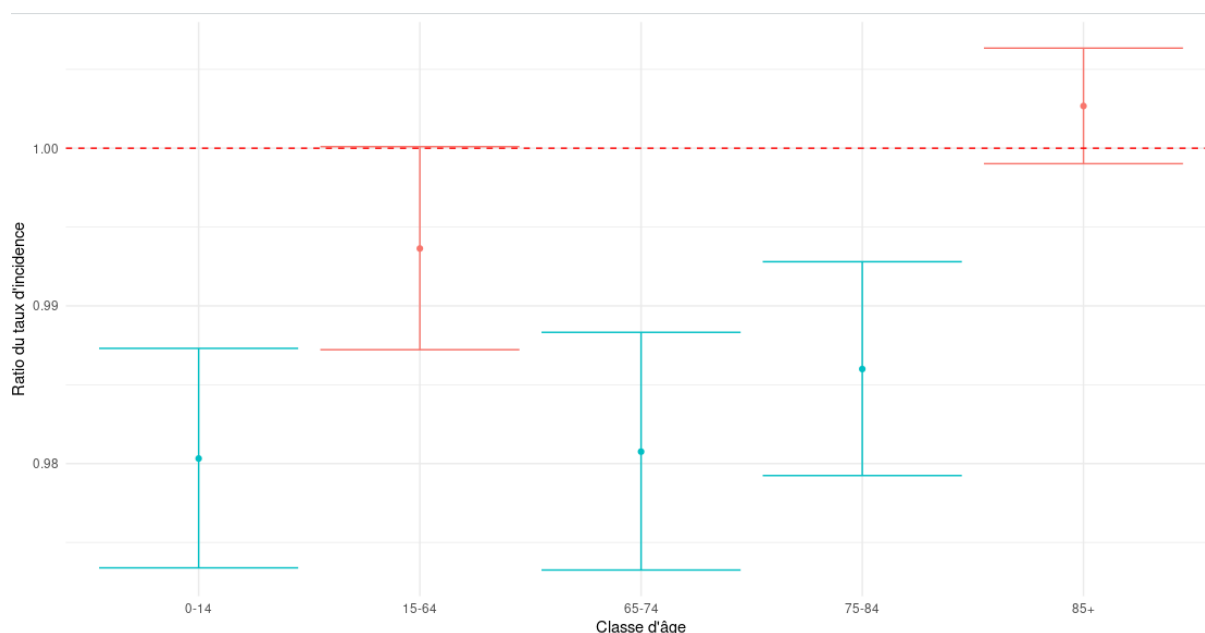
Effet sur les hospitalisations

Dans cette section, l'analyse évalue l'effet des trois mesures de vagues de chaleur sur les séjours en médecine, chirurgie, obstétriques : sur le volume global de séjour par classe d'âge et sexe et sur la part de certaines pathologies.

L'effet d'une vague de chaleur, toujours selon les 3 mesures, sur les hospitalisations. Est considérée comme hospitalisation tout séjour à l'hôpital, qu'il provienne d'un passage aux urgences ou non, et qu'il dure moins d'une journée ou plus. La variable nombre d'hospitalisations étant surdispersé, le modèle employé est quasi-Poisson.

Effet global :

Graphique 12 : Effet global de la vague de chaleur sur les hospitalisations



Contrairement aux urgences, la vague de chaleur est associée à une diminution des hospitalisations par rapport aux périodes estivales hors vague. En effet, les séjours des 0-14 ans, 65-74 ans, et 75-84 ans diminuent d'1-2% selon la classe d'âge.

Potentiellement contre-intuitive, cette diminution des séjours hospitaliers se retrouve dans la littérature, par exemple dans des études australiennes (Nitschke et al., 2007, 2011).

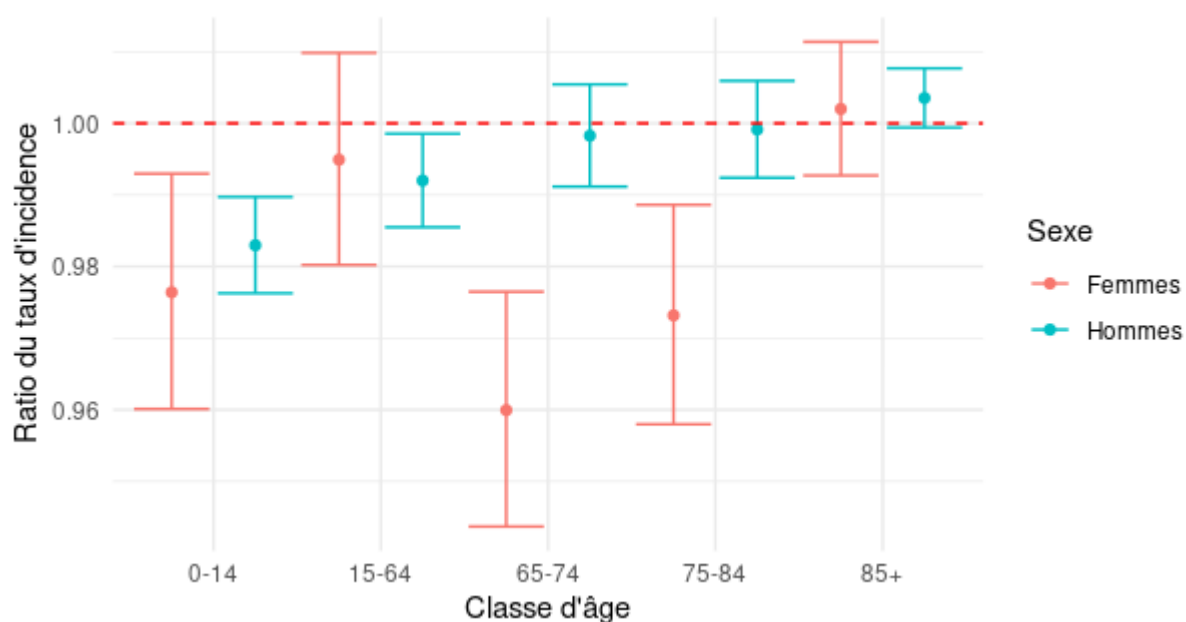
Il y a en moyenne 66 hospitalisations quotidiennes par département des 75-84 ans sur la période (tableau 3). Elles diminuent en moyenne de 1,5% en période de vague de chaleur, donc descendent à 65 hospitalisations quotidiennes par département, soit au national, une différence de 96 hospitalisations en moins. Sur une vague de chaleur moyenne (6 jours), c'est donc un total de 576 hospitalisations en moins.

Tableau 3 : Nombre moyen d'hospitalisations quotidiennes par département, selon la classe d'âge

Classe d'âge	Moyenne en 2013	Moyenne en 2018	Moyenne en 2022	Moyenne toutes années confondues
0 – 14 ans	28	27	26	27
15 – 64 ans	240	241	239	241
65 – 74 ans	65	83	89	80
75 – 84 ans	64	65	70	66
85 ans et plus	63	68	67	67

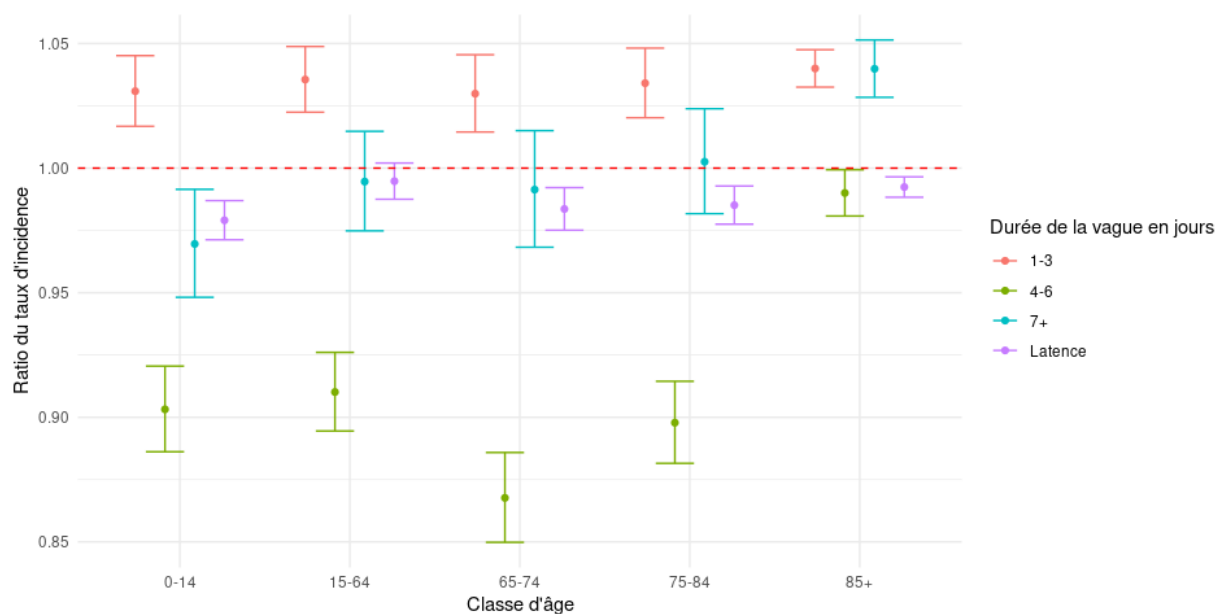
Ensuite, cet effet est décliné par sexe (Graphique 12.bis). La diminution des hospitalisations des plus de 65 est principalement est très genrée, puisque ce sont les femmes qui sont moins hospitalisées, tandis que la vague n'a pas d'effet sur les hommes de plus de 65 ans.

Graphique 12.bis : Effet global de la vague de chaleur sur les hospitalisations par sexe



Effet durée :

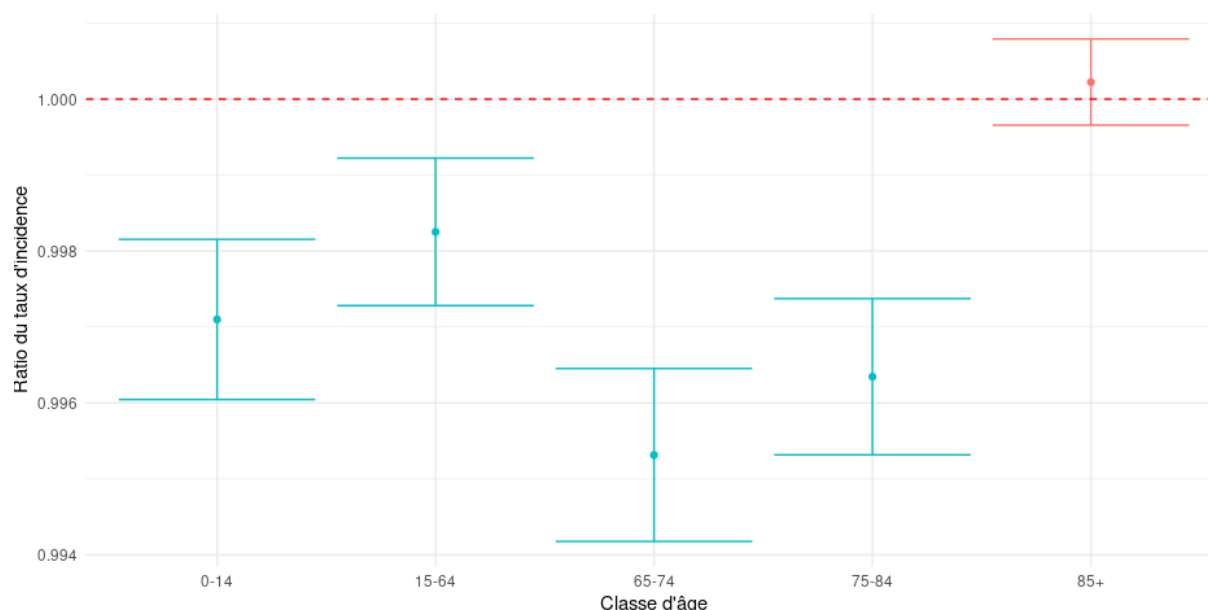
Graphique 13 : Effet de la durée de la vague de chaleur sur les hospitalisations



Ces résultats indiquent que les premiers jours sont sources d'hospitalisations supplémentaires, quelle que soit la classe d'âge, mais cet effet est suivi par une diminution nette des séjours lorsque la vague dépasse les 4 jours. Seuls les 85 ans et plus ont une augmentation d'hospitalisations une fois que la vague dépasse la semaine.

Effet de la température cumulée :

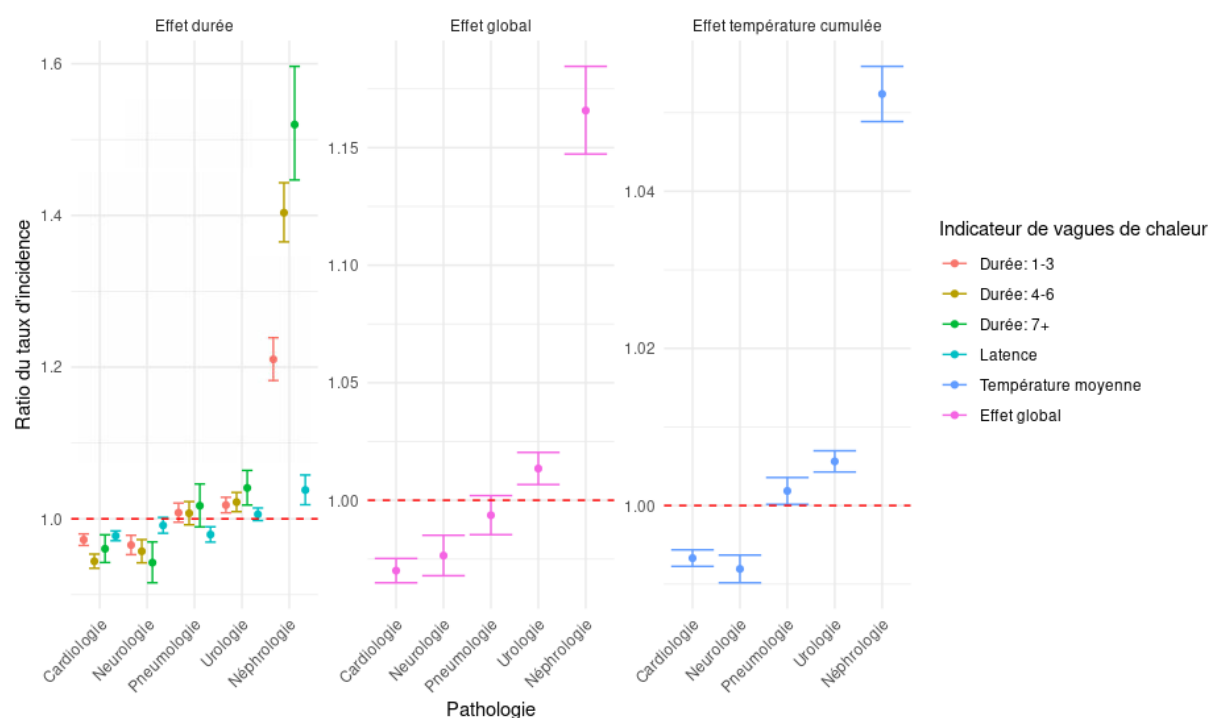
Graphique 14 : Effet de la température moyenne des trois derniers jours sur le nombre d'hospitalisations



Plus globalement, en et hors vague de chaleur, une augmentation de la température moyenne des trois derniers jours entraîne une très légère diminution des hospitalisations des moins de 85 ans, entre 0,01 et 0,05%. Ce résultat confirme que cette diminution ne se cantonne pas aux températures extrêmes des vagues de chaleur, mais a lieu dès que les températures estivales augmentent.

Face à un effet négatif sur le volume global des hospitalisations, l'effet relatif par groupe de pathologie, présenté en graphique 15, est d'autant plus pertinent.

Graphique 15 : Effet case-mix de la vague de chaleur sur les hospitalisations



Les effets par pathologie sur les hospitalisations sont similaires à ceux sur les urgences.

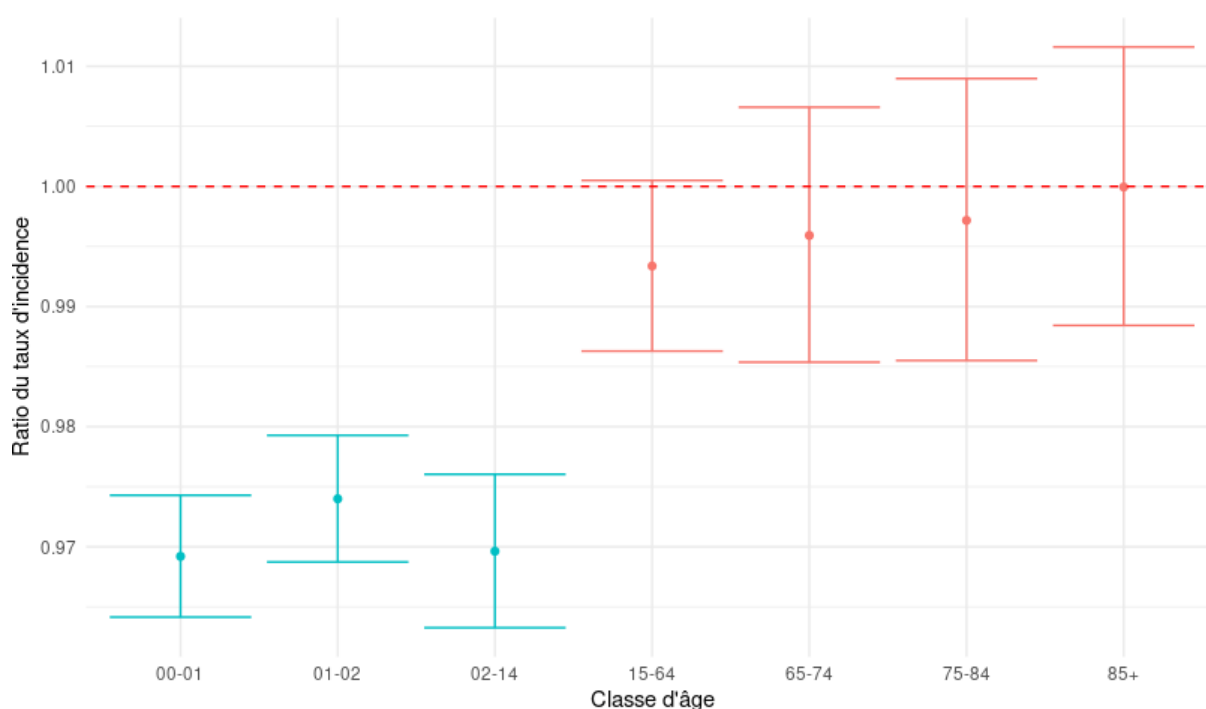
Comme pour les passages aux urgences (graphique 10), une analyse localisée au niveau du département a été réalisée. Seuls les Yvelines (78) et le Vaucluse (84) trouvent un effet significatif négatif de la vague sur le nombre d'hospitalisations tous âges confondus.

Effet volume sur les consultations chez les médecins généralistes

Cette section présente les trois effets des vagues de chaleur sur les consultations chez les médecins généralistes, en volume global et en analyse localisée par département.

Effet global :

Graphique 16 : Effet global de la vague de chaleur sur le nombre de consultations chez le médecin généraliste

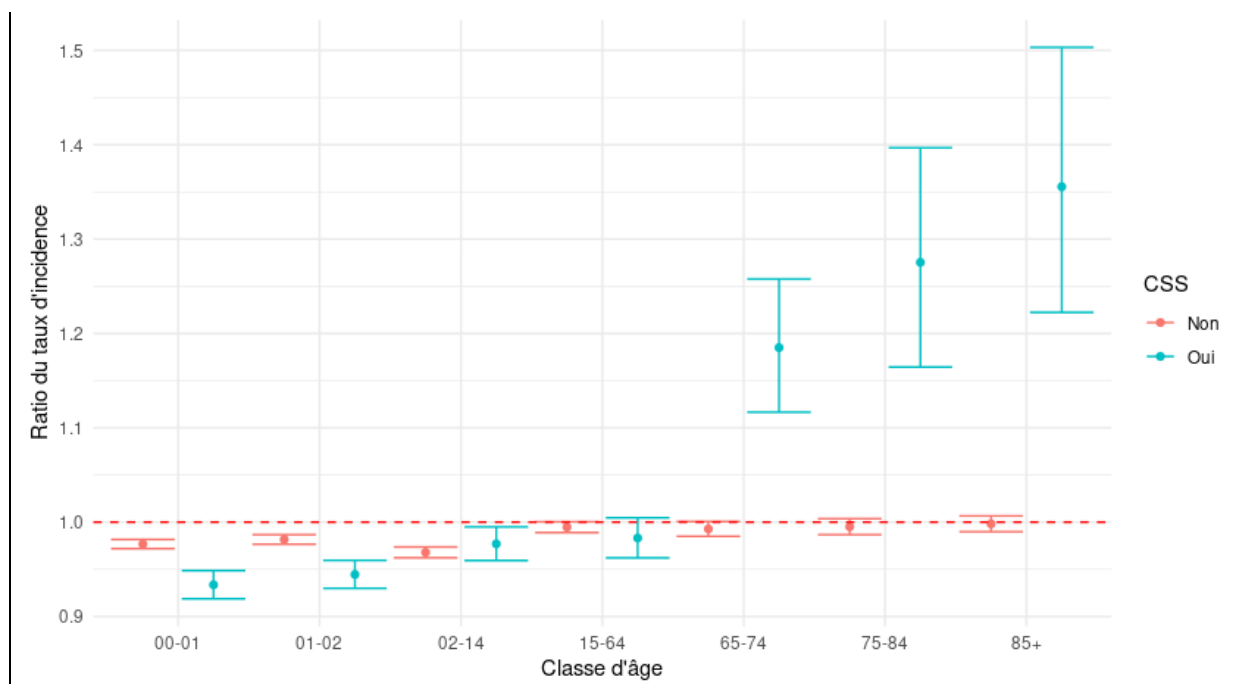


Une vague de chaleur entraîne une diminution de 2 à 3% des consultations chez les médecins généralistes libéraux pour les tranches d'âges inférieures à 14 ans. Elle n'a pas d'effet chez les tranches d'âge supérieures.

Bénéficiaires de la C2S :

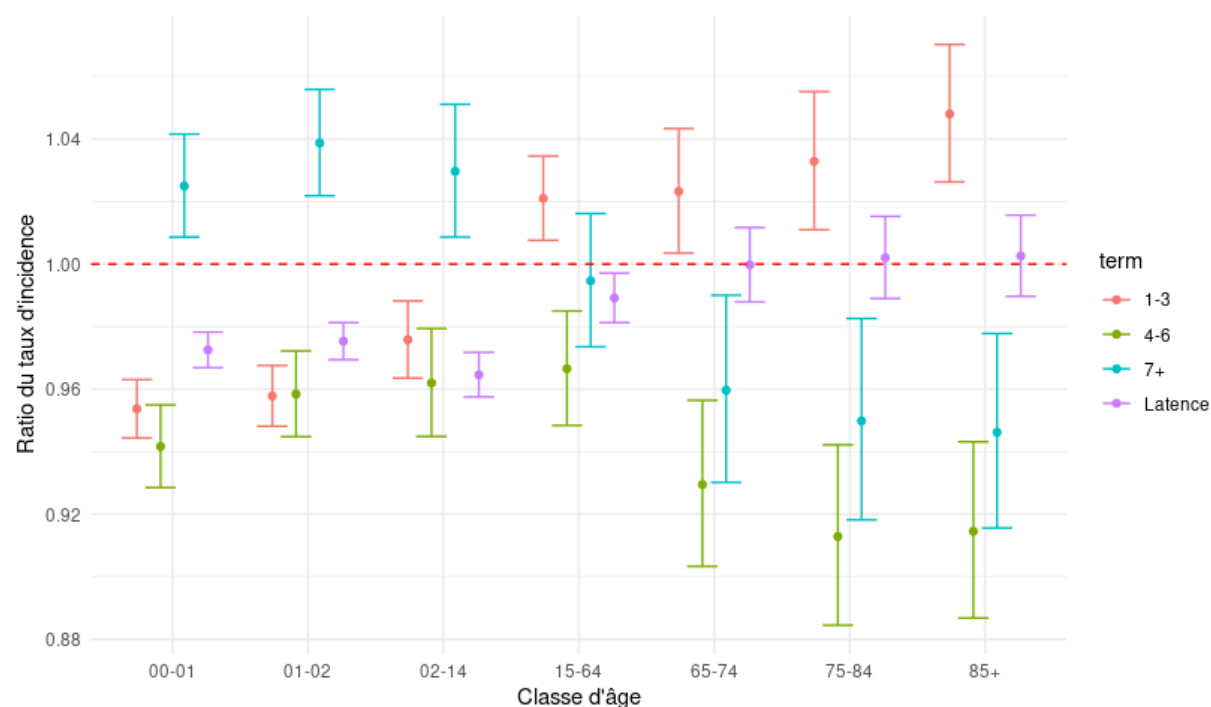
Ici l'effet est décliné pour une autre catégorie de personnes vulnérables : les bénéficiaires de la complémentaire santé solidaire (CSS). Le modèle par classe d'âge interagit l'effet global de la vague de chaleur avec la variable bénéficiaire de la CSS. La catégorie de référence donne l'effet de la vague pour les non-bénéficiaires, l'addition des coefficients vague de chaleur et bénéficiaires (avant exponentiation pour donner les ratios de taux d'incidence) donne l'effet de la vague pour les bénéficiaires. Le graphique 16.bis donne les résultats : les consultations des bénéficiaires de la CSS de plus de 65 ans augmentent significativement en période de vague de chaleur.

Graphique 16.bis : Effet global de la vague de chaleur sur le nombre de consultations chez les médecins généralistes, selon la classe d'âge et la CSS



Effet durée :

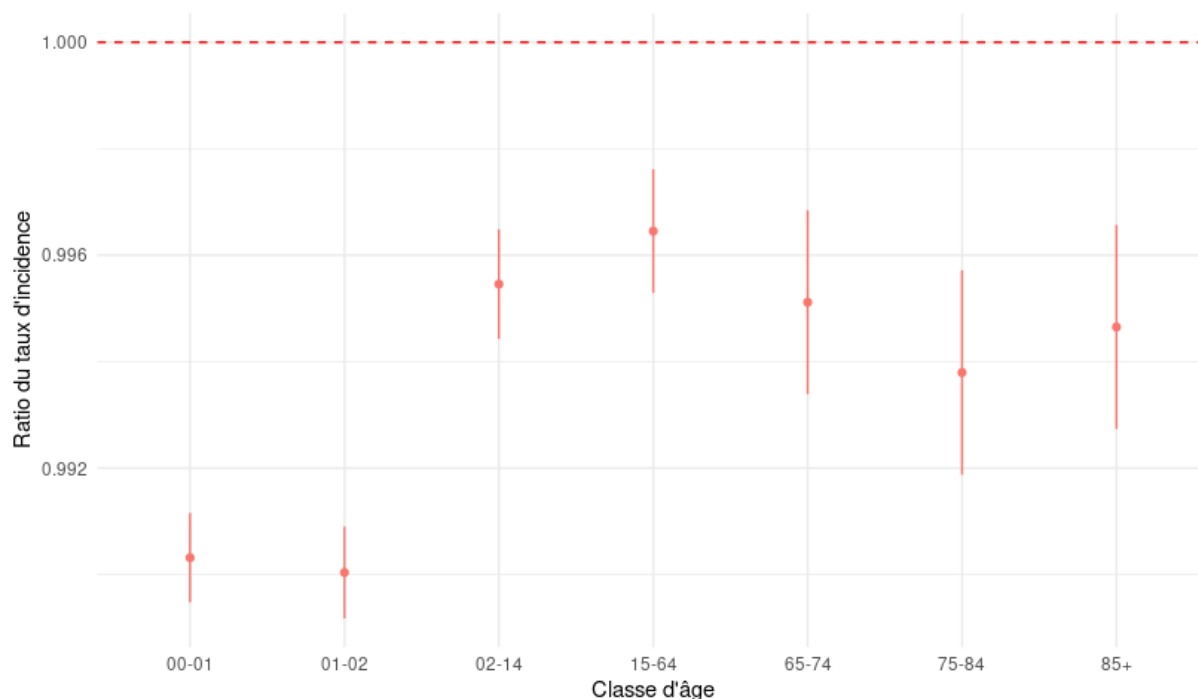
Graphique 17 : Effet de la durée de la vague de chaleur sur le nombre de consultations chez les généralistes



L'effet global est ici plus mitigé. Pour les moins de 14 ans, il diminue dans les premiers jours de la vague, pour augmenter une fois les 7 jours de vagues sont atteints. Tandis que dans les tranches d'âges plus élevées, ce sont les premiers jours qui entraînent une augmentation de consultations, pour ensuite une diminution. Une hypothèse serait une réponse comportementale de ces personnes qui, se sachant à risque, sortent moins.

Effet température cumulée :

Graphique 18 : Effet de la température moyenne des trois derniers jours sur le nombre de consultations chez les médecins généralistes

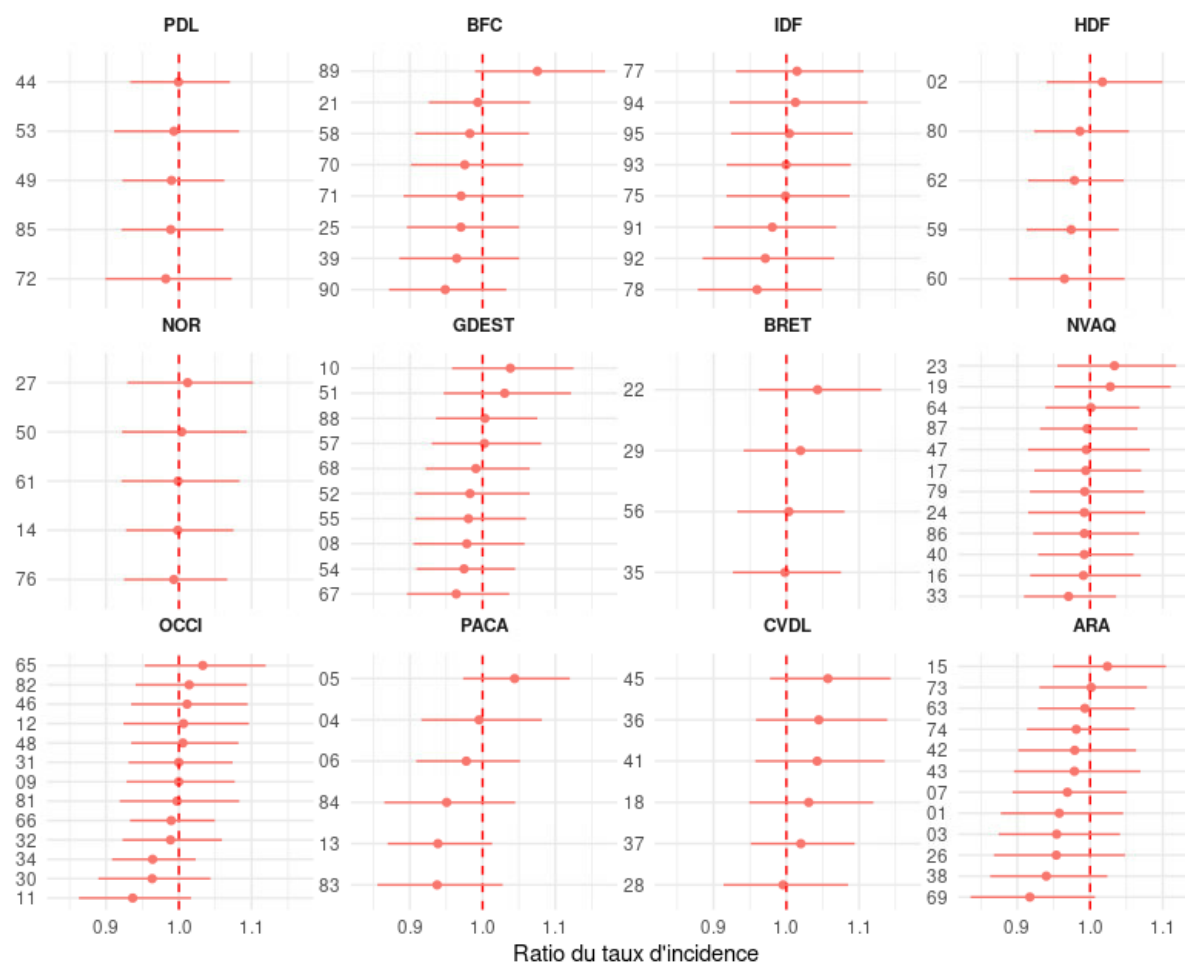


Au-delà des chaleurs extrêmes des vagues, une augmentation de 1°C de la température moyenne des 3 derniers jours est associée à une diminution significative de 0,4 à 1% des consultations chez les médecins généralistes.

Disparités territoriales :

L'effet global présenté en graphique 16 montre un effet non significatif pour les plus de 15 ans, soit la majorité de la population. Or, outre l'âge, le territoire peut aussi être source d'une disparité des effets de la vague de chaleur.

Graphique 19 : Effet global de la vague de chaleur sur les consultations chez les généralistes par département

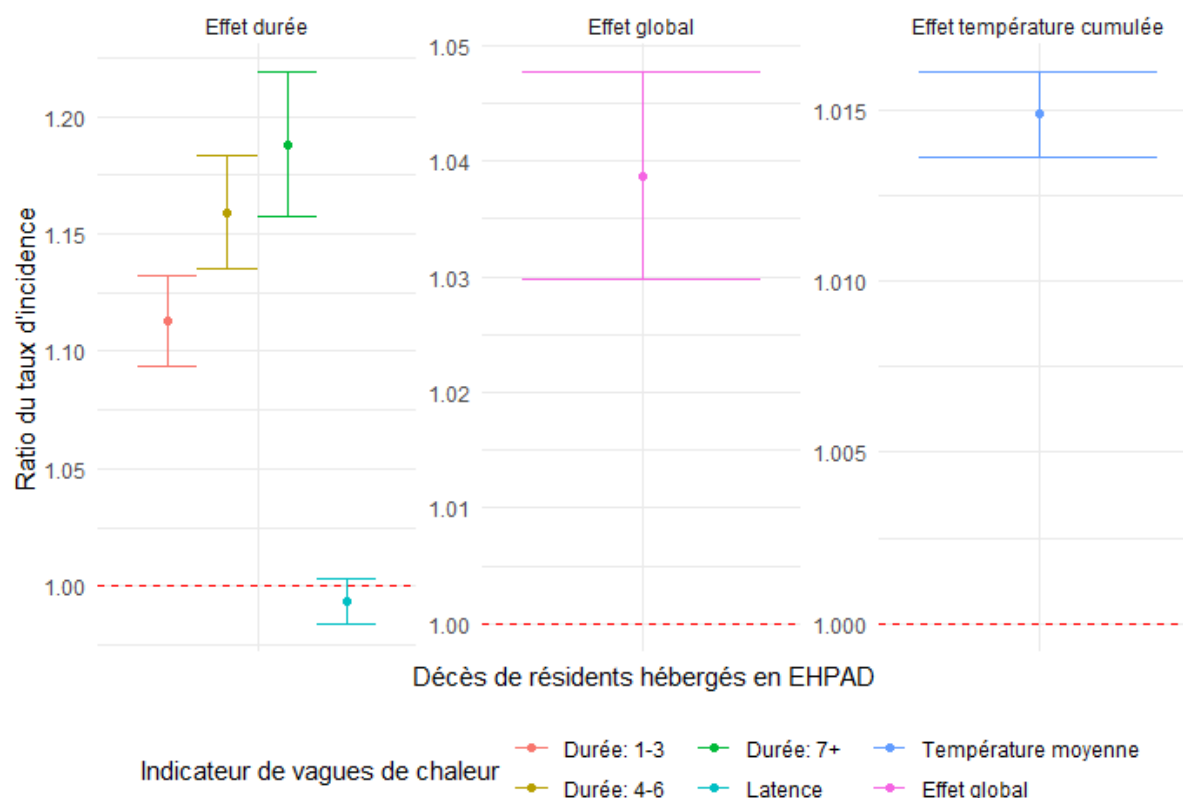


Aucun département ne présente d'effet significatif. La vague de chaleur n'a pas d'effet sur le volume des consultations généralistes, que ce soit au niveau national ou dans certains départements.

Effet sur les décès en ESMS

Cette dernière section d'analyse estime ensuite l'effet de la vague de chaleur sur les décès des résidents d'EHPAD. Cette variable n'étant pas sur-dispersée, elle repose sur un modèle Poisson. Il convient de réitérer les précautions de validité externe des résultats qui suivent, de par la montée en cours et récente de couverture de la base Résid' ESMS.

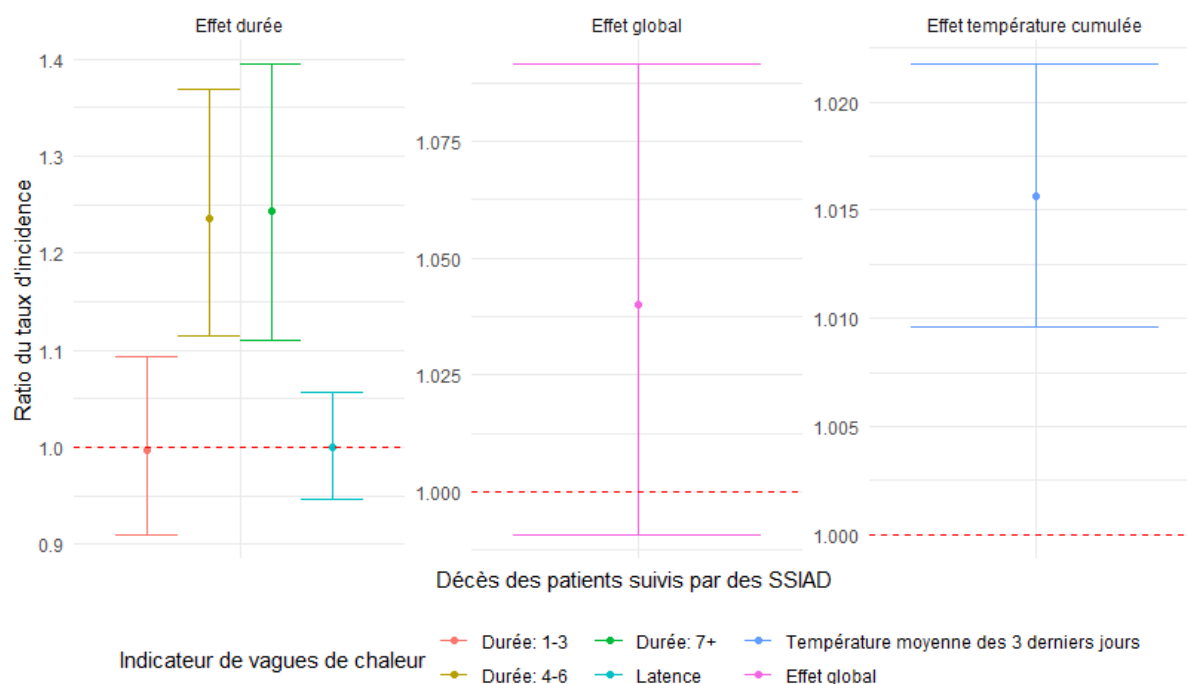
Graphique 20 : Effet de la vague de chaleur sur les décès des résidents d'EHPAD



D'après le modèle, les vagues de chaleurs ont un effet net sur les décès en EHPAD, de l'ordre de 4% au global par jour. Cet effet est minimisé par la prise en compte de la période de latence dans l'effet global. En effet, en déclinant par durée, il atteint 11 à 18% selon la durée. Enfin 1°C supplémentaire dans la température moyenne des 3 derniers jours augmente légèrement mais significativement les décès en EHPAD de l'ordre de 1,5% en moyenne.

Enfin, cette même analyse est réalisée sur les bénéficiaires de SSIAD.

Graphique 21 : Effet de la vague de chaleur sur les décès de bénéficiaires de SSIAD



Ici, l'effet global n'est pas significatif, car la vague ne semble avoir un effet qu'à partir du 4^{ème} jour. Quant à l'effet de l'augmentation d'un degré des trois derniers jours, l'effet est similaire aux EHPAD.

Tests de robustesse

Outre les modèles présentés ici, les résultats ont été évalués sous plusieurs spécifications et restrictions de données.

Dans les modèles sur les passages aux urgences et sur les décès en Ehpad, des spécifications évaluent un potentiel effet non-linéaire de la date, sous forme de spline à 3 nœuds situés aux quartiles. Les résultats sont identiques.

Pour les modèles sur l'effet relatif par groupe de pathologies, cette variable est testée en relatif (part des passages aux urgences / séjours hospitaliers) et en absolu (nombre de passages aux urgences / séjours hospitaliers). L'effet est ostensiblement le même.

Contrairement aux données sur les urgences, les données sur les séjours incluent les mois d'été de 2020 et 2021. Ainsi est calculé un effet sans ces deux années, afin de parer à un éventuel effet COVID ; les résultats présentés sont robustes à cette spécification.

Conclusion

Ce travail a brossé un panorama des effets des vagues de chaleur sur différentes formes de consommation de soins. L'effet le plus notable est sur les urgences qui connaissent en été une augmentation de leur fréquentation dès que la chaleur augmente. Cet effet s'exacerbe lorsque la vague de chaleur dure 7 jours ou plus, et plus généralement pour les personnes âgées. L'effet sur les hospitalisations est le plus contre-intuitif, mais est corroboré au moins en partie par la littérature, et peut s'expliquer par un potentiel report des séjours programmable non urgents. La diminution ou

L'augmentation des consultations chez les médecins généralistes selon les tranches d'âge et la durée des vagues de chaleur peut montrer une adaptation des soins délivrés, dans le contexte d'une activité stable en période de vague de chaleur. Enfin, la mortalité en ESMS semble très affectée par les vagues de chaleur encore aujourd'hui, même si celle-ci a vraisemblablement diminué depuis les plans mis en place à la suite de la canicule de 2003.

Outre les potentielles améliorations de modèle évoqués au fil de la note, les limites de cette étude appellent à des analyses approfondies, notamment dans deux directions : étendre le champ des données aux territoires ultramarins, et aux populations vulnérables au-delà de la définition démographique.

Annexe

Liste des racines de codes CIM-10 utilisées dans le diagnostic principal du passage en urgence et du séjour hospitalier, établie à l'aide du médecin DIM expert sur le chapitre :

Neurologie	"I63", "I60", "I61", "I62", "G45", "G20", "G21", "F023", "G35", "G40", "G41"
Urologie	"R33", "N40", "C61", "N41", "N42", "N20", "N21", "N23", "N17", "N18", "N19", "R34", "R392", "N10", "N300", "N39"
Pneumologie	"J96", "J45", "J46", "J44", "J43", "D86", "J841", "J991", "M301", "C33", "C34", "I26", "I270", "I272", "J93", "S270"
Cardiologie	"I20", "I21", "I22", "I23", "I24", "I50", "I110", "I132", "R570", "I46", "I48", "I472", "I490", "I470", "I471", "I479", "I440", "I441", "I442", "I443", "I495", "I444", "I445", "I446", "I447", "I45", "T821", "Z450", "I80", "I81", "I82", "I26", "I74"
Néphrologie	"E86", "N17", "N18", "R392", "E870", "E871", "E875", "E876", "E877"