

SANTÉ  
ENVIRONNEMENT

JUILLET 2020

ÉTUDES ET ENQUÊTES

**DÉFINITION DE CRITÈRES**  
**D'AIDE À LA DÉCISION POUR**  
**LA VIGILANCE ROUGE CANICULE**

# Résumé

## Définition de critères d'aide à la décision pour la vigilance rouge canicule

L'année 2019 a connu des températures d'une intensité exceptionnelle, qui ont conduit à déclencher pour la première fois des vigilances « rouge canicule » dans plusieurs départements.

Le choix de passage d'un département en vigilance rouge résulte d'une analyse contextuelle approfondie fondée sur l'expertise conjointe de Météo-France et Santé publique France. Des critères ont été recherchés pour identifier les jours et les départements devant faire l'objet d'une telle analyse. Cette recherche s'est appuyée d'une part sur une modélisation du sur-risque associé à une mortalité élevée (expectile 98 de la mortalité, à savoir un niveau environ 50% plus élevé que la normale) possiblement déjà liée à un effet de la chaleur, et ce afin d'identifier les termes de températures et les possibles seuils. D'autre part, une simulation du nombre de situations répondant à différentes valeurs de seuils a été réalisée.

La modélisation a porté sur l'ensemble des départements métropolitains pour la période 2001-2019. L'expectile 98 de la mortalité a été modélisé pour différents termes de températures, la sélection des variables pertinentes se faisant selon la méthode du gradient *boosting*. Le modèle identifie notamment un rôle important de la température moyenne du jour (exprimée comme l'écart à la moyenne afin de normaliser les résultats). Une augmentation graduelle du sur-risque de mortalité a été observée pour des écarts à la moyenne supérieurs à +5°C, sans rupture de pente marquée.

Sur la base des simulations réalisées, Avec un seuil à 7°C ou 8°C, il aurait fallu envisager le déclenchement en vigilance rouge pour quelques situations chaque année depuis 2015.

**MOTS CLÉS :** VIGILANCE ROUGE CANICULE, TEMPÉRATURE, SEUIL, MORTALITÉ, MODÉLISATION

**Citation suggérée :** Le Tertre A, Pascal M, Lagarrigue R, Laaidi K, Wagner V. *Définition de critères d'aide à la décision pour la vigilance rouge canicule*. Saint-Maurice : Santé publique France, 2020. 19 p. Disponible à partir de l'URL : <https://www.santepubliquefrance.fr>

ISSN : 2609-2174 - ISBN-NET : 979-10-289-0648-1- RÉALISÉ PAR LA DIRECTION DE LA COMMUNICATION, SANTÉ PUBLIQUE FRANCE - DÉPÔT LÉGAL : JUILLET 2020

## Abstract

### Definition of decision-support criteria for triggering the red alert level for heatwaves

The year 2019 saw temperatures of exceptional intensity, which led to the triggering of the "red alert" level for heat waves for the first time in several departments.

The choice of a department to go on red alert is the result of an in-depth contextual analysis based on the joint expertise of Météo-France and Santé publique France. Criteria were sought to identify the days and departments to be subject to such an analysis. This research was based on the one hand on a modelling of the excess-risk associated with high mortality (mortality expectile of 98, i.e. a level approximately 50% higher than normal) possibly already linked to a heat effect, in order to identify the temperature terms and possible thresholds. On the other hand, a simulation of the number of situations responding to different threshold values was conducted.

The modelling covered all metropolitan departments for the period 2001-2019. The 98 mortality expectile was modelled for different temperature terms, the selection of the relevant variables being made according to the gradient boosting method. In particular, the model identifies an important role of the mean temperature of the day (expressed as the deviation from the mean in order to normalize the results). A gradual increase in the mortality excess risk was observed for deviations from the mean higher than +5°C, without a marked slope break.

On the basis of the simulations carried out, with a threshold at 7°C or 8°C, it would have been necessary to consider triggering the red alert level for a few situations each year since 2015.

**KEY WORDS:** RED ALERT LEVEL FOR HEATWAVES, TEMPERATURE, THRESHOLD, MORTALITY, MODELING

## Auteurs

**Alain Le Tertre**

Santé publique France, direction santé environnement travail

**Mathilde Pascal**

Santé publique France, direction santé environnement travail

**Robin Lagarrigue**

Santé publique France, direction santé environnement travail

**Vérène Wagner**

Santé publique France, direction appui, traitements et analyses de données

**Karine Laaidi**

Santé publique France, direction santé environnement travail

# Sommaire

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>6</b>
<b>2. OBJECTIF</b> .....	<b>6</b>
<b>3. MATÉRIEL ET MÉTHODE</b> .....	<b>6</b>
3.1 Modélisation du sur-risque de mortalité élevée associée à des températures exceptionnelles .....	6
3.2 Simulation du nombre de jours susceptibles de faire l'objet d'une discussion pour passage en vigilance rouge .....	8
<b>4. RÉSULTATS</b> .....	<b>8</b>
4.1 Modélisation du sur-risque de mortalité élevée associée à des températures exceptionnelles .....	8
4.2 Simulation du nombre de jour susceptibles de faire l'objet d'une discussion pour passage en vigilance rouge .....	11
<b>5. CONCLUSION</b> .....	<b>12</b>
5.1 Influence des températures exceptionnelles sur l'expectile 98 de la mortalité .....	12
5.2 Proposition de critères pour la discussion de la vigilance rouge.....	13
<b>Annexe</b> .....	<b>14</b>

# 1. INTRODUCTION

L'année 2019 a connu des températures d'une intensité exceptionnelle au cours du mois de juillet, avec un record absolu observé en France métropolitaine depuis le début des relevés météorologiques en 1947, et de nombreux records également au niveau départemental. Les températures maximales ont largement dépassé les précédents records observés, y compris en de nombreux endroits, ceux enregistrés en 2003. Ces chaleurs exceptionnelles ont conduit Météo-France, en concertation avec Santé publique France et la Direction générale de la santé, à déclencher pour la première fois des vigilances rouge canicule dans plusieurs départements particulièrement touchés. Néanmoins ces deux épisodes, le 1<sup>er</sup> concernant le sud du pays fin juin et le 2<sup>nd</sup> le nord du pays fin juillet, ont été très brefs. C'est la principale caractéristique les différenciant de la canicule d'août 2003.

Cette situation a conduit à reposer les fondations de la vigilance rouge. Alors qu'il était prévu que ce niveau soit réservé à une canicule de longue durée, avec des impacts intersectoriels avérés, il est apparu inadapté à des épisodes de chaleur exceptionnels mais brefs. Le système d'alerte s'est adapté au cours de l'été 2019 pour permettre la prise en compte de ces situations, en s'appuyant sur l'expertise conjointe de Météo-France et de Santé publique France.

## 2. OBJECTIF

Suite au retour d'expérience de l'été 2019, Santé publique France a mené une étude dont l'objectif est de prédire les niveaux extrêmes de mortalité observés pendant les épisodes de chaleur exceptionnelle, en fonction des températures relevées. La vigilance rouge intervenant à la suite d'une période de vigilance orange, les indicateurs météorologiques retenus sont les températures du jour même et des trois jours précédents.

## 3. MATÉRIEL ET MÉTHODE

### 3.1 Modélisation du sur-risque de mortalité élevée associée à des températures exceptionnelles

Les données de mortalité ont été fournies par l'Insee (Institut national de la statistique et des études économiques) pour la période du 1<sup>er</sup> janvier 2001 au 30 septembre 2019, pour toutes les tranches d'âges et par département.

Le risque de mortalité devant être prédit pour les vagues de chaleur, les variables sélectionnées étaient des variables représentatives des conditions météorologiques. Au vu de la littérature internationale et de discussions avec Météo-France, nous avons sélectionné comme variables représentatives de l'exposition aux fortes chaleurs les températures moyenne, minimale et maximale du jour même et des 3 jours précédents. Ces données ont été fournies par Météo-France sur l'ensemble de la période d'étude, à partir d'un indicateur thermique spatialisé représentatif de la température de chaque département.

L'objectif étant la prédiction de la mortalité à des niveaux élevés lors des épisodes de fortes chaleurs, nous avons retenu une approche par régression sur les expectiles de la mortalité. Les expectiles sont le pendant à la moyenne des quantiles pour la médiane et donc doivent être appréhendés comme un quantile de la moyenne. Pour plus de détails sur les expectiles

et leurs propriétés, Waltrup<sup>1</sup> décrit simplement leurs concepts et leurs différences par rapport aux quantiles. Le choix de l'expectile a été dicté par la volonté de donner davantage de poids aux niveaux extrêmes de mortalité.

Les niveaux de mortalité de base étant différents entre départements, l'analyse a porté sur le logarithme népérien du ratio entre le nombre de décès quotidien rapporté à la population domiciliée selon les données de l'Insee entre 2001 et 2019 dans chaque département. Cela est similaire à une approche par offset dans une régression de poisson.

La sélection des variables pertinentes s'est faite selon la méthode du gradient *boosting*, associant une fonction de risque, permettant de sélectionner les variables d'importance ainsi que d'ajuster la forme de la relation, de manière itérative, pour prédire au mieux l'ensemble des valeurs. Le nombre initial d'itérations a été fixé à 2 500 afin d'assurer une convergence des paramètres. Afin d'éviter un sur-ajustement, le choix de l'itération optimale a été déterminé comme celle minimisant la fonction de risque sur 25 jeux de ré-échantillonnage des données initiales. Les intervalles de confiance sont calculés sur la base d'un ré-échantillonnage de 100 jeux, conjugué à 5 jeux internes pour déterminer l'itération optimale.

La modélisation a exclu l'année 2003 car sa prise en compte engendrait une sur-estimation de l'impact de températures similaires dans les années postérieures à cet événement.

Le système d'alerte canicule et santé définit des seuils de température propre à chaque département, reflétant ainsi l'adaptation des populations locales à leur climat. Dans cette analyse, nous avons donc centré les différentes variables météorologiques sur leur moyenne départementale sur les mois de juin à août<sup>2</sup>, mois sur lesquels nous avons restreint nos travaux. Cette approche permet de modéliser l'écart à l'habituel, sous l'hypothèse que l'effet est uniquement lié à cet écart et similaire entre chaque département. Le modèle initial intégrait les 3 températures du jour même et des 3 jours précédents, soit 12 termes, introduits sous forme de fonction spline pénalisée avec 25 nœuds initiaux, un maximum de 5 degrés de liberté afin de capturer une non linéarité et une contrainte d'un effet croissant. En plus de ces termes de température, le modèle incluait également un effet jour de semaine et une interaction entre l'année et le département. Cette interaction permet de s'assurer des différences intrinsèques de risque de mortalité dans les différents départements et une modification au cours du temps de ces différences.

L'expectile retenu pour cette modélisation devait à la fois être suffisamment élevé pour être au moins à des niveaux de mortalité attendus en vigilance orange canicule, mais pas trop extrême afin de garantir une bonne estimation des paramètres. L'expectile 98 correspond en moyenne à une surmortalité de 50% par rapport à la moyenne, qui est l'ordre de grandeur de surmortalité attendue lorsque les seuils du Sacs (Système d'alerte canicule et santé) sont atteints, en l'absence de mesures de prévention. L'expectile 98 a donc été sélectionné.

---

<sup>1</sup> Waltrup, Linda Schulze; Sobotka, Fabian; Kneib, Thomas; Kauermann, Göran. Statistical Modelling; Expectile and quantile regression : David and Goliath ? London Vol. 15, N° 5, (Oct 2015): 433-456. DOI:10.1177/1471082X1456115.

<sup>2</sup> Ces mois correspondent à ceux de la période de surveillance canicule, du moins jusqu'en 2018 où elle a été allongée de 15 jours en septembre. Si des canicules ont pu être observées en juin, juillet ou août depuis le début du plan canicule en 2004, cela n'a jamais été le cas en septembre malgré un épisode de chaleurs élevées en journée et justifie la restriction de l'étude aux seuls mois de juin à août.

## 3.2 Simulation du nombre de jours susceptibles de faire l'objet d'une discussion pour passage en vigilance rouge

Dans un second temps, le nombre de jours correspondant à des situations possibles de discussion pour vigilance rouge a été simulé en combinant deux critères :

- Une situation de vigilance orange, pré-requis nécessaire pour pouvoir envisager un passage en rouge, i.e. l'atteinte des seuils sur les IBMmin et IBMmax<sup>3</sup>.
- Un écart à la température moyenne le jour J supérieur ou égal à X °C

La combinaison de ces deux critères indique le nombre de jours pour lesquels il aurait fallu envisager une vigilance rouge. La décision du niveau de vigilance relève de Météo-France, après discussion avec Santé publique France et la Direction générale de la santé (DGS), et non de la stricte et seule application de ces critères.

En pratique, les situations de vigilance orange sont identifiées pour chaque département à partir des données mesurées et prédites pour une station représentative de l'exposition de la population du département. Cette station de référence est celle utilisée en routine l'été pour la surveillance canicule et la mise en vigilance.

Ces données peuvent différer des températures obtenues avec l'indicateur thermique utilisé dans l'étape 1. Deux simulations ont donc été réalisées, une uniquement avec les données des stations de référence, et une en combinant stations de référence et indicateur thermique.

## 4. RÉSULTATS

### 4.1 Modélisation du sur-risque de mortalité élevée associée à des températures exceptionnelles

Le tableau 1 en annexe donne par département le descriptif des données de mortalité : nombre moyen de décès, son expectile 98 brut et le ratio entre ces deux valeurs par département. Le ratio nous indique qu'en moyenne lorsque nous observons une mortalité l'été au niveau de l'expectile 98, celle-ci est 1,5 fois plus élevée que le niveau habituel. Ce ratio diminue avec le nombre de décès moyen, reflétant une plus grande variabilité dans la distribution de la mortalité dans les départements moins peuplés.

Le tableau 2 en annexe montre la moyenne des températures minimales, moyennes et maximales et leur maximum pour chaque station de référence du département. La moyenne des températures moyennes varie de 13,9°C en Savoie à 23,1°C dans les Bouches-du-Rhône. Les maximas observés dans chaque station vont de 30°C en Savoie à 42,2°C dans le Val-de-Marne.

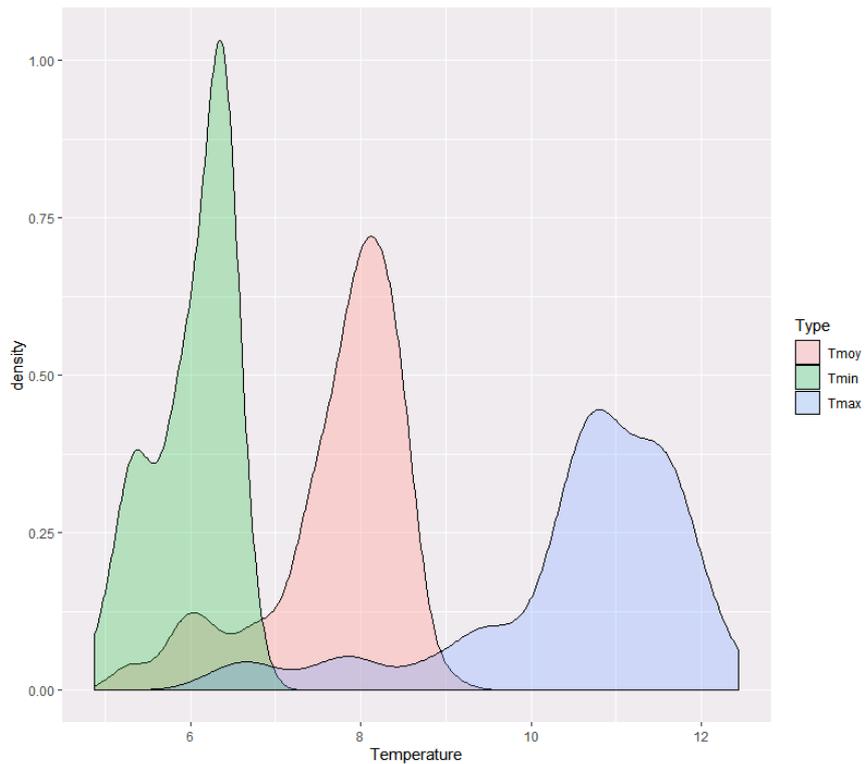
La Figure 1 montre les distributions du quantile 99 des températures minimales, moyennes et maximales, centrées par département. Ce graphique permet de noter que le quantile 99 des températures minimales centrées montre très peu de variabilité selon le département, montrant donc une amplitude similaire par rapport à la moyenne. En revanche, cette amplitude est beaucoup plus marquée pour les températures maximales.

---

<sup>3</sup> Critères actuels du Sacs ; moyennes glissantes sur trois jours des températures minimales et maximales, et seuils départementaux associés.

## I FIGURE 1 I

Distributions du quantile 99 des températures minimales, moyennes et maximales, centrées par département



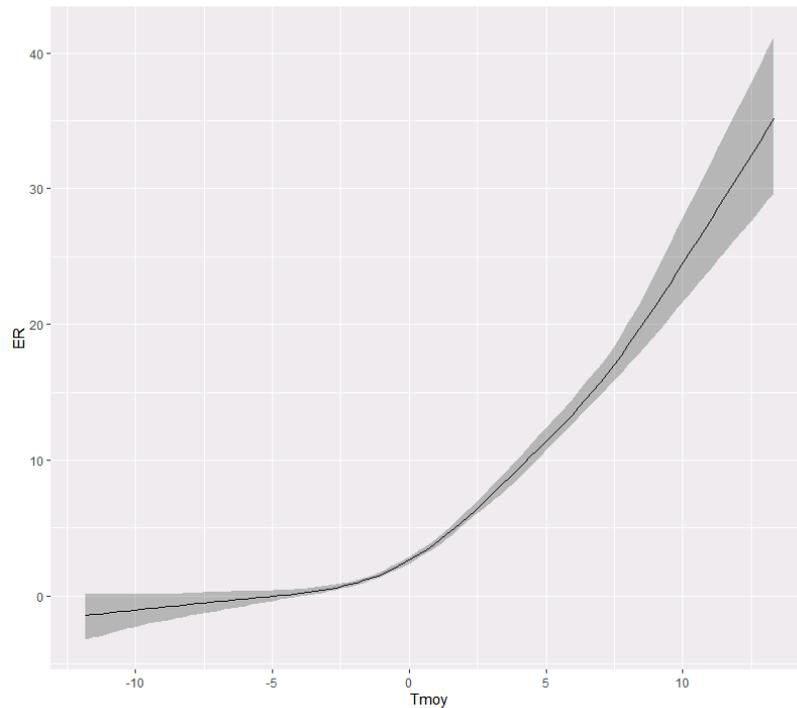
L'itération optimale minimisant la fonction de risque était la 777<sup>e</sup>, montrant ainsi que le nombre initial de 2 500 était largement suffisant pour garantir la convergence.

Le modèle sélectionné prend en compte différents termes de températures dont les deux variables les plus importantes sont la température moyenne du jour et la température maximale de la veille.

La Figure 2 montre, en fonction de la température moyenne, l'effet cumulé, exprimé en % d'augmentation du risque, de l'ensemble des températures retenues dans le modèle sur l'expectile 98 de la mortalité. La relation est exponentielle montrant par la même un impact de plus en plus fort au fur et à mesure que l'écart à la température moyenne augmente.

## I FIGURE 2 I

**Effet cumulé, exprimé en %, de l'écart à la température moyenne sur l'espérance de l'expectile 98 de la mortalité**



Le tableau 1 traduit en termes de risque cette relation pour des valeurs de températures comprises entre 5°C et 13°C au-delà de la moyenne estivale de la température moyenne.

**I TABLEAU 1 I**

**Excès de risque de mortalité pour différents écarts de la température moyenne au-delà de sa moyenne estivale**

Écart à la température moyenne °C	Excès de risque (%)	IC95%	
5	11,4	10,7	12,3
6	13,4	12,7	14,5
7	15,7	14,8	17,0
8	18,4	17,0	20,1
9	21,4	19,3	23,9
10	24,6	21,7	28,0
11	27,8	24,2	32,0
12	31,1	26,6	36,1
13	34,3	29,1	40,2

## 4.2 Simulation du nombre de jour susceptibles de faire l'objet d'une discussion pour passage en vigilance rouge

**I TABLEAU 2 I**

**Nombre de situations\* correspondant aux critères d'atteinte ou dépassement des seuils du Sacs et écart Tmoy  $\geq X^\circ\text{C}$  – à partir des stations du Sacs entre 2000 et 2019**

	Nombre de situations avec dépassements des seuils IBMs	Dont nombre respectant un critère addition sur Tmoyenne ( $\geq$ )				
		+5°C	+6°C	+7°C	+8°C	+9°C
2001	12	1	0	0	0	0
2002	3	0	0	0	0	0
2003	733	546	479	418	321	208
2004	4	0	0	0	0	0
2005	23	2	1	0	0	0
2006	232	66	32	10	0	0
2007	1	0	0	0	0	0
2008	1	0	0	0	0	0
2009	21	2	2	0	0	0
2010	29	10	0	0	0	0
2011	32	10	8	7	3	3
2012	50	16	14	12	6	4
2013	0	2	0	0	0	0
2014	5	1	0	0	0	0
2015	263	121	99	64	31	12
2016	41	14	9	7	0	0
2017	130	42	31	22	11	7
2018	241	96	58	24	5	1
2019	354	145	106	76	50	29

\* une situation = un jour \* un département

## I TABLEAU 3 I

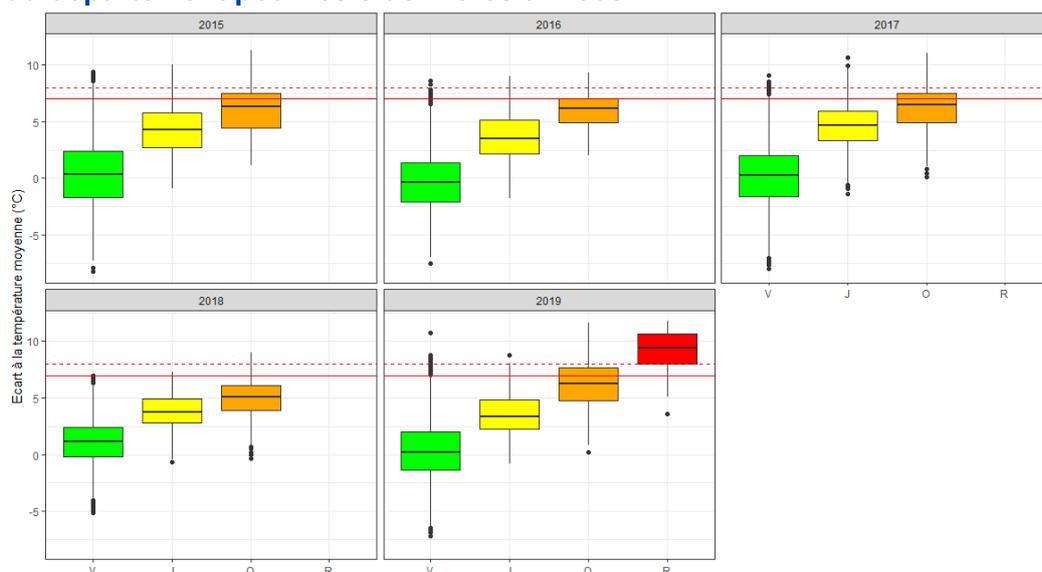
Nombre de jours et départements correspondant aux critères seuils du Sacs et écart Tmoy  $\geq +X^{\circ}\text{C}$  – à partir des stations du Sacs entre 2000 et 2019

	+5°C		+6°C		+7°C		+8°C		+9°C	
	N jours	N départements								
2003	21	83	16	78	13	72	10	67	10	52
2015	11	46	8	41	6	32	6	18	3	10
2019	11	61	8	53	8	40	6	33	5	20
Autres années	50	66	33	57	22	39	10	19	7	12

Avec un seuil à 7°C ou 8°C, il aurait fallu envisager quelques situations de vigilance rouge chaque année depuis 2015 : en considérant un seuil de +9°C, au maximum 9 jours de discussions par été, avec entre 1 et 21 départements à discuter à chaque fois.

## I FIGURE 3 I

Distribution de l'écart à la température moyenne journalier selon le niveau de vigilance du département pour les 5 dernières années



La ligne rouge en plein indique +7°C, la ligne pointillée +8°C

## 5. CONCLUSION

### 5.1 Influence des températures exceptionnelles sur l'expectile 98 de la mortalité

La modélisation entre l'expectile 98 de la mortalité et l'écart à la température moyenne ne montre pas de rupture de pente marquée, mais une augmentation graduelle du risque de mortalité. Au-delà de +8°C par rapport à la moyenne saisonnière de la température moyenne, le risque de mortalité augmente de plus de 3% par degré de température. Il faut garder en mémoire que le risque observé sur ces données est appliqué au niveau de l'expectile 98 de la mortalité, à savoir à un niveau environ 50% plus élevé que la normale. Il ne s'agit donc pas

d'un risque absolu sur la mortalité, mais d'un sur-risque sur un niveau déjà élevé, possiblement déjà lié à un effet de la chaleur.

Il s'agit également d'une analyse menée alors que le système d'alerte était opérationnel pendant une grande partie de la période (à partir de 2004). Les niveaux de risques estimés correspondent donc à des épisodes de fortes de chaleur pendant lesquels des mesures de prévention ont probablement été mises en place et ont pu conduire à réduire le risque. Il s'agit donc d'une estimation du sur-risque lié à ces températures exceptionnelles, médiée par l'existence d'un plan de prévention.

Par ailleurs, si l'introduction d'un terme d'interaction entre les départements et l'année permet de bien prendre en compte un effet différentiel lié à des populations différentes, il induit certainement une sous-estimation de l'effet lié à la température de par son ajustement sur les niveaux de mortalité incluant les vagues de chaleur.

L'utilisation du gradient *boosting* permet par la pénalisation des paramètres de pouvoir introduire dans le même modèle des variables très fortement corrélées comme le sont ici les paramètres météorologiques. Cette méthode permet également d'obtenir d'excellents niveaux de prédiction.

L'intervalle de confiance mériterait d'être obtenu sur davantage de jeux de ré-échantillonnage mais le temps-machine nécessaire est trop conséquent actuellement. L'estimation centrale du risque n'est pas affectée mais son intervalle de confiance peut être légèrement sous ou sur estimé.

## 5.2 Proposition de critères pour la discussion de la vigilance rouge

Les résultats de la modélisation confirment l'intérêt d'un critère fondé sur l'intensité de la chaleur pour identifier les départements devant faire l'objet d'une discussion pour un éventuel passage en vigilance rouge.

Les simulations concernant le nombre de situations qui aurait pu faire l'objet d'une vigilance rouge ces dernières années mettent en évidence qu'une grande partie des jours en vigilance orange des cinq dernières années étaient déjà associés à un écart de +5°C par rapport à la température moyenne. Des écarts supérieurs à +7°C sont beaucoup plus rares, et semblent de ce fait bien correspondre aux objectifs de la vigilance rouge (situation exceptionnelle associée à un risque élevé). À titre illustratif, en 2019, 21% des vigilances orange auraient dû faire l'objet d'une discussion pour un niveau rouge avec un critère de +7°C, 14% avec un critère de +8°C. Par ailleurs, ces critères n'ont quasiment jamais été remplis avant 2015, à l'exception de 2003.

Les situations de vigilance rouge doivent demeurer des situations exceptionnelles, afin de leur conserver une perception de risque élevé facilitant l'adhésion aux mesures de prévention. L'écart à la température moyenne peut être utilisé comme un premier filtre pour identifier les départements devant potentiellement faire l'objet d'un passage en vigilance rouge. Cette information sera testée lors de l'été 2020, en complément d'autres informations permettant à Météo-France de caractériser le caractère exceptionnel d'une vague de chaleur.

# Annexe

## I TABLEAU 1 I

### Distribution de la mortalité journalière l'été sur la période Juin- Août de 2001 à 2019

Département	Moyenne	exp98	Ratio Expectile 98/Moyenne
01	10,4	15,9	1,5
02	13,2	19,3	1,5
03	10,9	16,3	1,5
04	4,2	7,6	1,8
05	3,4	6,5	1,9
06	29,3	38,4	1,3
07	8,2	12,8	1,6
08	6,6	11,0	1,7
09	4,2	7,7	1,8
10	7,2	11,6	1,6
11	9,7	14,7	1,5
12	8,1	12,7	1,6
13	44,3	55,6	1,3
14	16,6	23,5	1,4
15	4,9	8,6	1,8
16	9,5	14,6	1,5
17	17,5	24,5	1,4
18	8,7	13,6	1,6
19	7,6	12,3	1,6
21	12,2	18,0	1,5
22	16,5	23,1	1,4
23	4,5	8,0	1,8
24	12,2	18,1	1,5
25	11,2	16,8	1,5
26	10,6	16,0	1,5
27	11,5	17,2	1,5
28	9,4	14,6	1,6
29	25,3	33,8	1,3
30	16,1	23,0	1,4
31	23,5	32,3	1,4
32	5,1	9,1	1,8
33	32,7	42,8	1,3
34	25,4	33,9	1,3
35	20,1	27,4	1,4
36	7,2	11,6	1,6
37	13,4	19,3	1,4
38	20,9	28,8	1,4
39	6,2	10,5	1,7
40	9,6	14,8	1,5

Département	Moyenne	exp98	Ratio Expectile 98/Moyenne
41	8,5	13,5	1,6
42	18,6	25,7	1,4
43	5,6	9,6	1,7
44	26,9	35,8	1,3
45	14,2	20,4	1,4
46	4,9	8,9	1,8
47	8,9	13,9	1,6
48	2,3	4,9	2,1
49	16,4	23,3	1,4
50	12,9	18,8	1,5
51	13,1	19,1	1,5
52	5,0	8,6	1,7
53	6,5	11,0	1,7
54	17,0	23,9	1,4
55	4,6	8,1	1,8
56	19,0	26,2	1,4
57	22,9	31,2	1,4
58	7,5	12,3	1,6
59	56,3	69,2	1,2
60	14,6	21,1	1,4
61	7,6	12,3	1,6
62	34,8	44,5	1,3
63	15,8	22,5	1,4
64	17,3	23,7	1,4
65	6,9	11,2	1,6
66	13,1	19,4	1,5
67	22,0	29,8	1,4
68	15,7	22,4	1,4
69	32,0	42,1	1,3
70	5,2	9,4	1,8
71	14,9	21,5	1,4
72	13,3	19,5	1,5
73	8,5	13,3	1,6
74	13,1	19,6	1,5
75	39,3	51,2	1,3
76	29,0	37,9	1,3
77	19,9	27,7	1,4
78	20,3	28,0	1,4
79	8,9	14,0	1,6
80	14,4	20,5	1,4
81	9,7	14,7	1,5
82	5,7	9,7	1,7
83	26,6	35,5	1,3
84	13,0	19,3	1,5
85	15,1	22,0	1,5
86	10,8	16,3	1,5
87	11,0	16,7	1,5

Département	Moyenne	exp98	Ratio Expectile 98/Moyenne
88	9,7	14,6	1,5
89	9,8	14,9	1,5
90	3,1	6,3	2,0
91	18,7	26,0	1,4
92	24,5	33,2	1,4
93	19,8	27,6	1,4
94	21,5	29,5	1,4
95	17,4	25,4	1,5

## I TABLEAU 2 I

### Distribution de la température journalière sur la période Juin- Août de 2001 à 2019 (°C)

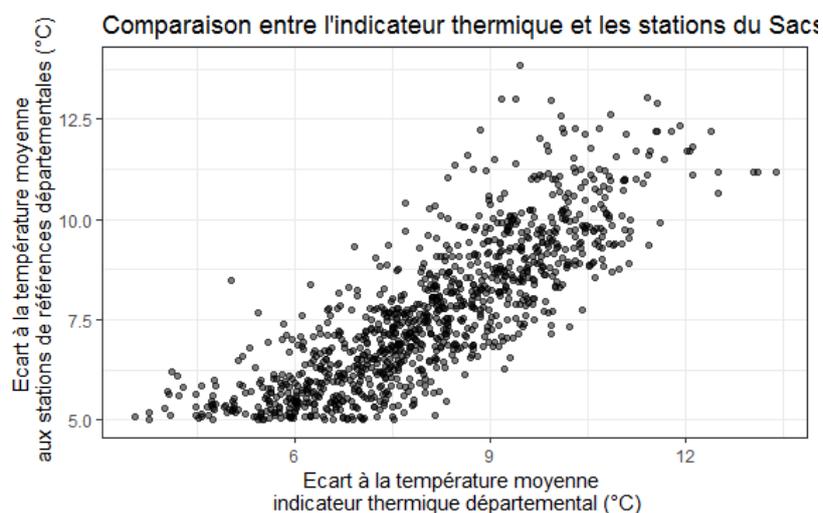
Département	Moyenne journalière			Maximal journalier		
	Tmin	Tmoy	Tmax	Tmin	Tmoy	Tmax
01	13,3	19,5	25,7	21,2	29,0	38,7
02	12,6	18,3	23,9	22,6	31,1	40,8
03	13,4	19,6	25,8	21,7	30,8	40,0
04	10,3	17,7	25,1	16,6	26,6	36,5
05	8,4	14,7	21,1	15,7	22,9	31,0
06	13,3	18,6	23,9	21,4	27,6	33,8
07	13,9	20,0	26,0	21,0	29,2	37,8
08	12,4	18,1	23,9	21,4	30,8	40,3
09	11,9	17,5	23,2	17,6	25,9	35,1
10	12,9	19,0	25,2	21,9	30,8	41,5
11	15,6	21,3	26,9	23,0	30,8	39,3
12	12,9	19,1	25,4	21,0	29,1	38,5
13	16,7	23,1	29,5	24,6	31,5	41,8
14	12,4	17,4	22,4	20,7	29,2	38,4
15	11,1	17,2	23,3	19,8	28,0	36,8
16	13,6	20,0	26,4	23,2	30,9	40,0
17	14,1	20,0	25,9	23,2	29,8	40,0
18	13,3	19,6	26,0	21,0	30,6	41,5
19	12,2	18,4	24,6	19,9	28,2	38,6
21	13,0	19,0	25,0	22,4	29,7	39,4
22	12,2	17,0	21,8	20,8	29,0	37,3
23	12,0	18,0	24,0	20,2	29,1	38,8
24	13,9	20,3	26,7	21,9	30,2	40,7
25	11,7	17,7	23,6	19,8	27,0	36,9
26	13,3	20,1	26,8	22,1	28,6	38,3
27	12,3	18,2	24,1	20,3	30,6	41,4
28	12,4	18,5	24,7	20,6	30,5	41,1
29	12,6	17,0	21,3	20,5	27,0	35,6
30	15,6	22,4	29,2	22,2	30,8	41,9
31	14,4	20,4	26,4	20,5	29,5	39,5
32	15,1	21,2	27,3	22,7	30,7	41,1
33	14,5	20,7	26,9	23,2	30,5	40,8

Département	Moyenne journalière			Maximal journalier		
	Tmin	Tmoy	Tmax	Tmin	Tmoy	Tmax
34	16,0	22,2	28,3	23,0	29,9	40,5
35	12,7	18,2	23,6	21,8	30,2	38,8
36	13,5	19,7	26,0	21,6	30,8	41,3
37	13,5	19,6	25,7	21,9	31,0	41,1
38	12,2	18,0	23,8	20,0	26,9	35,9
39	12,2	18,4	24,6	20,3	27,9	37,7
40	14,5	20,9	27,2	22,9	30,1	40,8
41	13,0	19,3	25,6	21,6	30,8	41,5
42	13,0	19,0	24,9	20,8	29,3	37,9
43	10,6	17,2	23,8	18,5	27,2	37,1
44	13,3	19,0	24,7	23,1	30,2	39,0
45	12,9	19,3	25,6	21,1	31,0	41,8
46	14,2	20,7	27,2	22,5	31,3	41,4
47	14,9	21,3	27,7	22,7	31,2	41,1
48	10,8	17,0	23,3	18,2	26,1	35,3
49	13,5	19,4	25,4	22,5	30,1	40,4
50	12,7	17,1	21,6	20,3	27,3	35,2
51	12,7	18,7	24,7	20,9	31,1	41,4
52	12,4	18,5	24,6	21,2	29,9	39,9
53	12,5	18,3	24,1	21,2	29,9	38,9
54	12,7	18,5	24,4	21,3	29,4	39,4
55	12,3	18,3	24,2	21,6	30,5	40,0
56	12,7	17,9	23,1	22,3	29,1	38,2
57	12,8	18,7	24,5	20,7	29,0	38,7
58	13,1	19,3	25,5	21,9	30,6	40,6
59	12,9	18,0	23,0	22,8	31,3	40,8
60	12,4	18,1	23,9	20,5	30,4	41,5
61	12,0	17,6	23,3	19,8	29,2	39,1
62	12,7	17,4	22,1	20,9	29,6	40,4
63	11,8	17,7	23,6	20,2	28,4	37,2
64	14,1	19,3	24,5	21,6	29,1	38,9
65	11,8	16,8	21,9	18,2	26,3	35,2
66	14,0	19,4	24,7	21,9	28,2	36,2
67	13,7	19,5	25,2	21,6	29,1	38,1
68	13,3	18,9	24,5	21,9	28,6	37,9
69	14,2	20,1	26,0	22,2	30,0	38,9
70	13,0	19,2	25,4	21,0	29,6	39,3
71	13,6	19,8	26,0	21,0	29,6	39,9
72	13,0	18,9	24,9	21,8	30,4	40,6
73	9,2	13,9	18,5	17,1	23,6	30,0
74	11,0	16,2	21,3	18,7	26,3	33,9
75	15,4	20,5	25,6	25,6	33,8	42,0
76	12,6	17,5	22,4	20,8	30,1	40,6
77	13,1	19,0	25,0	21,1	31,4	41,8
78	12,8	18,7	24,6	21,9	31,1	41,8
79	13,6	19,7	25,9	22,2	30,7	40,5

Département	Moyenne journalière			Maximal journalier		
	Tmin	Tmoy	Tmax	Tmin	Tmoy	Tmax
80	12,5	17,7	22,9	20,0	30,4	41,3
81	14,4	20,6	26,9	22,4	30,6	39,7
82	14,9	21,5	28,0	22,2	30,8	41,4
83	15,1	22,1	29,2	21,7	30,0	38,4
84	14,9	22,0	29,1	23,2	30,8	41,7
85	13,8	19,4	25,0	22,4	30,5	39,0
86	13,4	19,7	25,9	21,7	30,6	40,4
87	13,1	19,0	24,9	22,1	30,1	38,7
88	12,2	18,1	23,9	20,8	28,9	38,3
89	13,1	19,2	25,3	21,9	30,9	41,4
90	13,0	18,7	24,4	21,6	27,9	37,4
91	13,1	19,1	25,1	21,8	31,1	41,9
92	14,7	20,0	25,3	24,7	32,5	41,8
93	14,7	19,9	25,1	24,3	33,0	41,6
94	14,7	20,1	25,5	24,0	33,1	42,2
95	13,3	18,9	24,6	21,9	31,0	41,6

## I FIGURE 1 I

Comparaison entre les écarts à la température moyenne estimés à partir des stations et de l'indicateur thermique départementale - focus sur les jours respectant les critères du Sacs (un point représente un département)



### I TABLEAU 3 I

Nombre de situations\* correspondant aux critères d'atteinte ou dépassement des seuils du Sacs et écart Tmoy  $\geq X^{\circ}\text{C}$  – à partir des stations du Sacs entre 2000 et 2019

	Nombre de situations avec dépassements des seuils IBMs	Dont nombre respectant un critère addition sur Tmoyenne ( $\geq$ )				
		+5°C	+6°C	+7°C	+8°C	+9°C
2001	12	5	2	0	0	0
2002	3	0	0	0	0	0
2003	733	585	512	447	376	263
2004	4	0	1	0	0	0
2005	23	2	2	1	0	0
2006	232	131	78	36	9	0
2007	1	0	0	0	0	0
2008	1	0	0	0	0	0
2009	21	2	2	2	2	0
2010	29	10	3	0	0	0
2011	32	10	9	8	5	0
2012	50	29	17	10	3	0
2013	0	9	6	0	0	0
2014	5	0	0	0	0	0
2015	263	145	120	89	51	19
2016	41	13	12	8	0	0
2017	130	42	29	16	6	0
2018	241	137	109	67	24	5
2019	354	184	148	114	74	50

### I TABLEAU 4 I

Nombre de jours et départements (concernés au moins un jour) correspondant aux critères seuils du Sacs et écart Tmoy  $\geq X^{\circ}\text{C}$  – à partir de l'indicateur thermique entre 2000 et 2019 (NB pour écart mais le critère Sacs reste à partir des stations)

	+5°C		+6°C		+7°C		+8°C		+9°C		+10°C		+11°C	
	N jours	N dpts												
<b>2003</b>	22	86	17	83	13	75	9	72	9	62	9	37	6	16
<b>2015</b>	18	49	11	46	6	37	6	25	3	16	2	5	0	0
<b>2019</b>	9	67	8	59	8	54	7	42	7	33	4	19	2	13
<b>Autres années</b>	58	75	46	70	28	54	17	26	2	5	1	1	0	0

dpts : départements