

# ESTIMATION DE LA MORTALITÉ ATTRIBUABLE À LA CHALEUR EN FRANCE

Webinar QuantIM - vendredi 17 novembre 2023

Mathilde Pascal, Vèrène Wagner, Robin Lagarrigue, Delphine Casamatta,  
Jérôme Pouey, Nicolas Vincent, Guillaume Boulanger

# CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SANTÉ À SANTÉ PUBLIQUE FRANCE



- Depuis 2009
- Continuum surveillance – alerte – prévention
- Axes de travail
  - identifier, prioriser et surveiller les impacts sanitaires du changement climatique, de l'adaptation et de l'atténuation
  - réponses aux événements climatiques extrêmes
  - plaidoyer et formation adaptation/atténuation/santé
  - études *ad hoc* pour supporter l'adaptation
- Partenariats nationaux et internationaux

- **6ème rapport du Giec**

- les attentes aux écosystèmes terrestres et marins sont plus précoces et plus importants qu'anticipés
- des dommages sévères sur les systèmes naturels et humains sont déjà observés
- les événements extrêmes surpassent les capacités de résilience et d'adaptation de plusieurs systèmes naturels et humains
- certains événements extrêmes dépassent déjà les conditions prévues pour 2100 et modifient brutalement les écosystèmes
- les impacts sur la santé publique et les sociétés humaines sont déjà observables

= > Tout délai à l'action est une perte de chance pour les générations présentes et futures

# LES ENJEUX DE SANTÉ PUBLIQUE EN RÉSUMÉ

## Effets directs

- Canicules, vagues de froid
- Inondations, ouragans, tempêtes
- Feux de forêts
- ...

## Effets indirects

- Pollution de l'air, de l'eau, des sols
- Modification des écosystèmes
- Ressources en eau (qualité et quantité)
- Maladies vectorielles
- Santé mentale
- ...

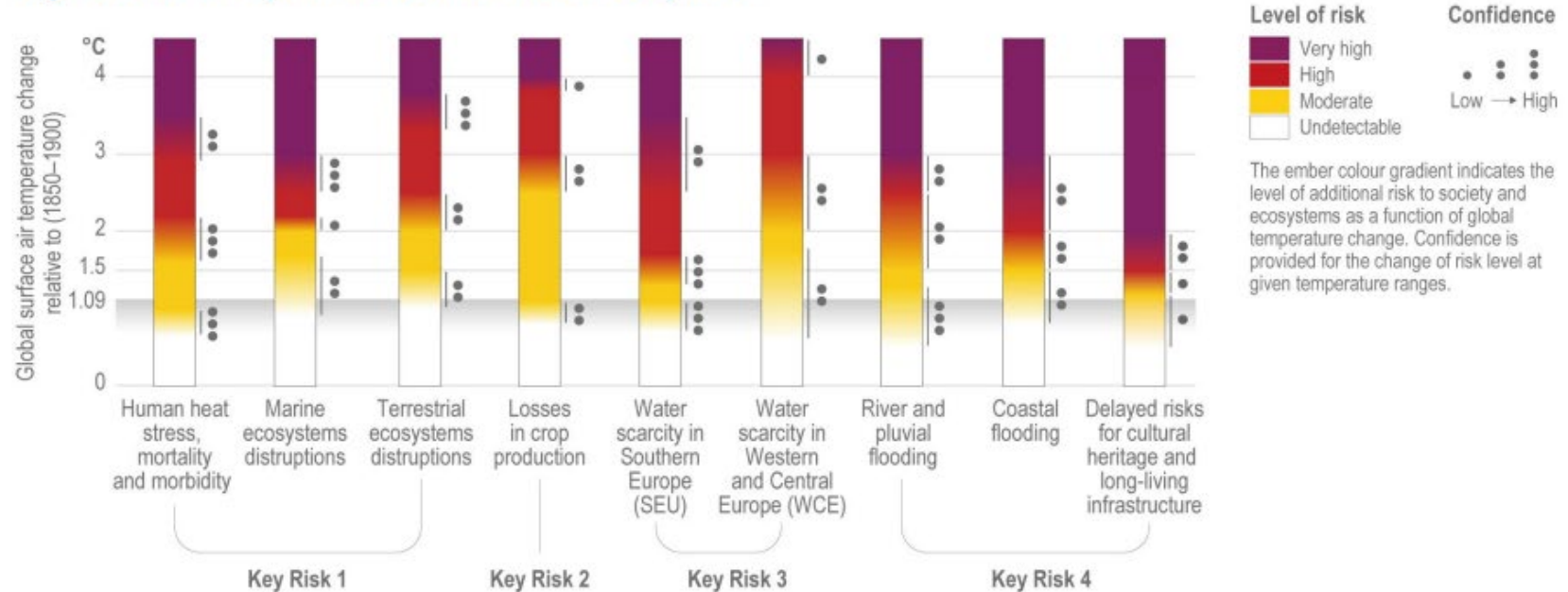
## Effets sur les déterminants sociaux de la santé

- Contexte socio-économiques
- Déplacements de population, conflits
- Infrastructures
- ...



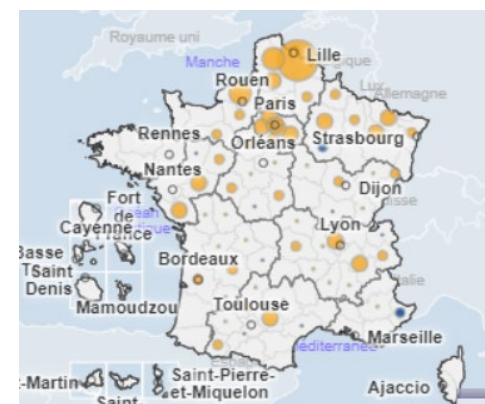
# LA CHALEUR EST UN DES PRINCIPAUX RISQUES POUR L'EUROPE

## Key risks for Europe under low to medium adaptation



# CANICULES = EVENEMENTS EXTRÊMES LES PLUS MEURTRIERS EN FRANCE

- **Plus de 39 000 décès en excès observés pendant les canicules depuis 1970**
  - étés les plus meurtriers
  - 2003 (+ 15 200 DC), 1976 (+ 4 500), 1983 (+3 000), 2020 (+ 1 900), 2015 (+ 1 700), 2018 (+1 600), 2019 (+ 1 500)
- **Un impact en augmentation malgré les efforts de prévention et d'alerte**
  - Plus de 9 900 décès depuis la mise en place du plan canicule en 2004
  - 78 % de l'impact observé entre 2015-2020
- **Un coût sociétal important**
  - Entre 2015 et 2019, restrictions d'activité + recours aux soins + mortalité = 21 milliards d'€ de coûts directs et indirects



N décès 2020

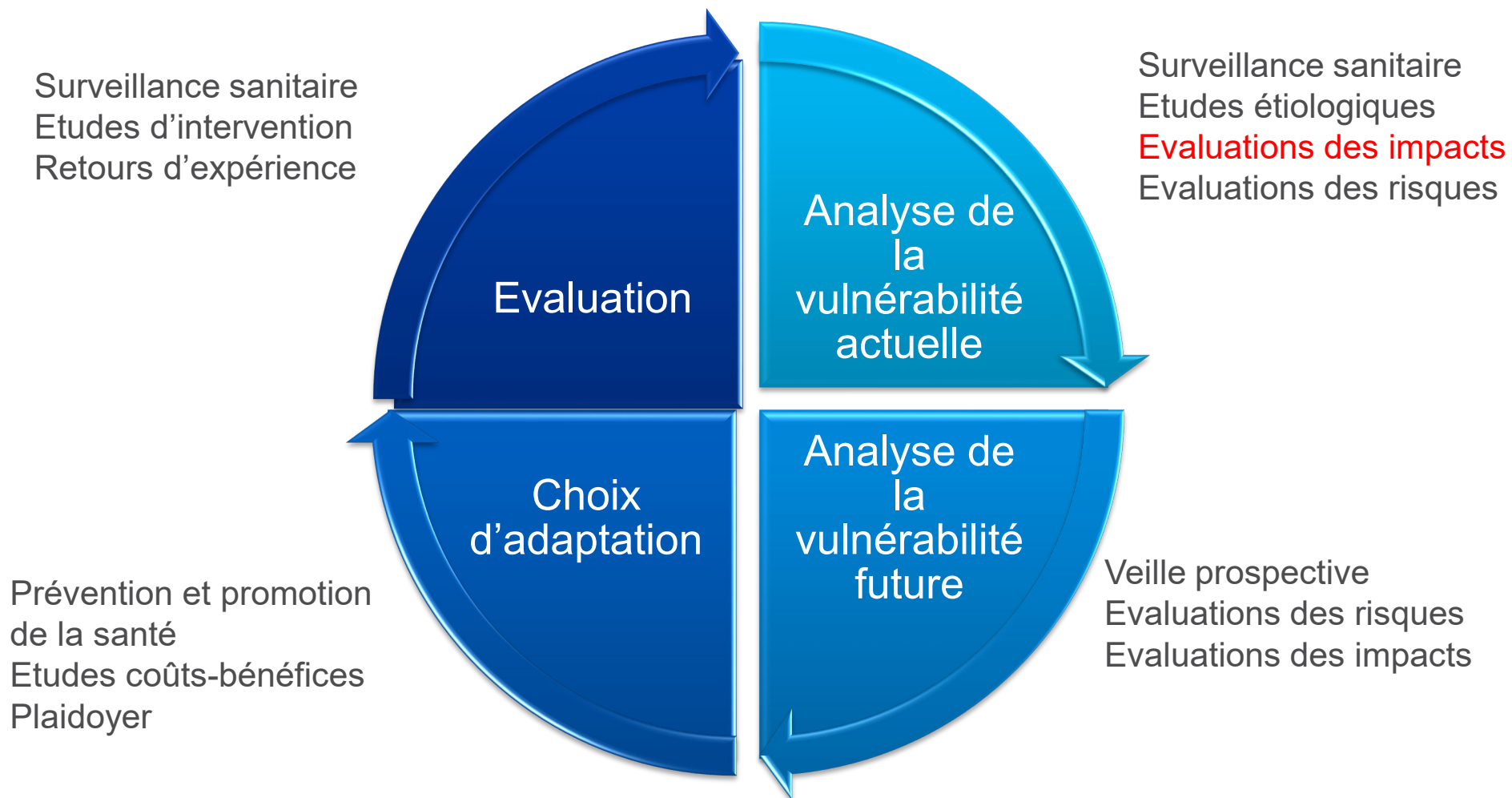
Données d'exposition et d'impact  
accessibles sous

<https://geodes.santepubliquefrance.fr/>

# QU'EST-CE QUE L'ADAPTATION ?

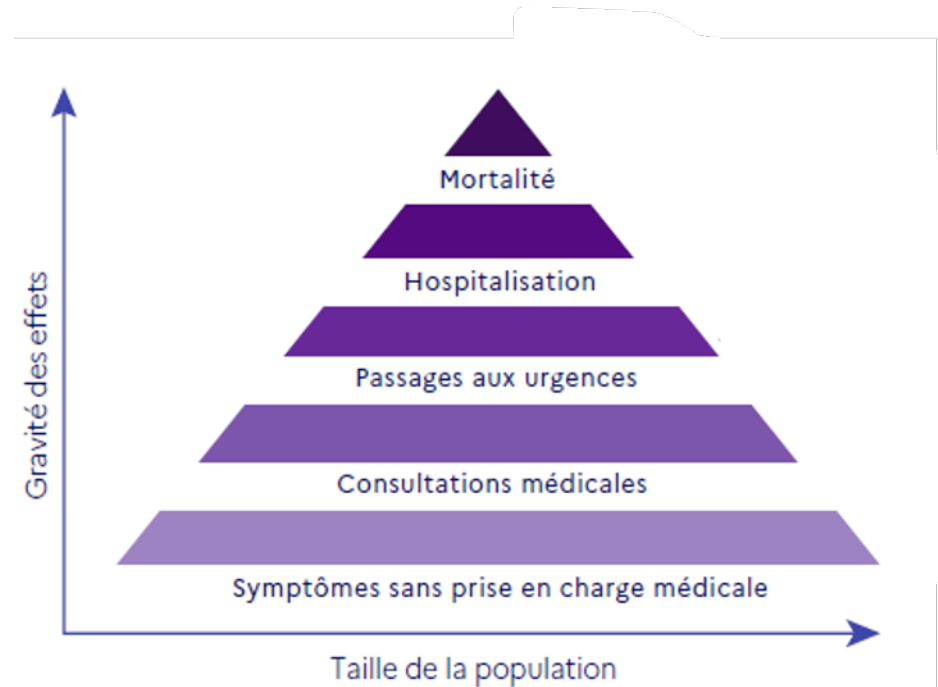
- **Adaptation = réduire les effets négatifs / tirer parti des effets positifs**
  - mesures ne dépendant svt pas des professionnels de SP
  - temps de décision long > durée de vie humaine
  - points de bascules et incertitudes fortes sur le dimensionnement de la réponse
- **Plusieurs type d'adaptation possible**
  - spontanée vs planifiée
  - en réaction à un évènement vs en anticipation
  - spécifique vs structurelle
- **Risque de mal-adaptation**
  - il n'existe pas de solutions technologiques ou comportementales
  - nécessite une approche itérative et réflexive
  - nécessité d'une adaptation équitable (pas d'aggravation des inégalités sociales et environnementales)

# CYCLE D'ADAPTATION ET EX D'OUTILS DE LA SANTÉ PUBLIQUE





- **Des effets sanitaires immédiats multiples**
  - hyperthermie, coups de chaleur, déshydratation
  - effets respiratoires, rénaux, cardiovasculaires
  - diminution de la capacité cognitive, accidents
  - troubles psychiatriques
  - effets sur la grossesse et la périnatalité
- **Se traduisant par**
  - un recours aux soins accru
  - une augmentation de la mortalité
  - une perte de productivité / capacité d'apprentissage
- **Très peu d'études sur les effets à long-termes**  
(>3 mois après l'exposition)



# COMMENT MESURER L'IMPACT DE LA CHALEUR SUR LA MORTALITÉ?



- Comptabiliser certaines causes (ex hyperthermies)
  - sous-estimation +++++ de l'impact
  - calculer un excès de mortalité / attendu pendant les vagues de chaleur
- Calculer un excès de mortalité / attendu pendant les vagues de chaleur
  - focus uniquement sur les vagues de chaleur = sous-estimation +++ de l'impact
  - hypothèse que la totalité des excès observés est attribuable à la chaleur = sous ou sur-estimation possible selon les évolutions des autres facteurs de mortalité

=> Utilisé pendant l'été pour avoir des estimations rapides et une aide à la décision pendant les alertes
- Calculer la fraction attribuable à la chaleur à partir de modèles épidémiologiques
  - nécessite de disposer de modèles et d'accepter la causalité entre chaleur et mortalité

=> Utilisé après l'été pour avoir une estimation de l'impact total

# METHODE

- Pour chaque département (hors Droms), modèles expliquant l'influence de la température sur la mortalité
  - construits sur 2014-2022, puis mise à jour régulière
  - choix de l'échelle départementale en cohérence avec l'échelle opérationnel du système d'alerte canicule et santé
  - les modèles prennent en compte divers facteurs possible de confusion, dont la pandémie de COVID-19
- Ces modèles sont utilisés pour calculer chaque année la mortalité attribuable à la chaleur pendant les jours chauds et pendant les canicules pour chaque département

# DONNEES 2014-2022



- Température moyenne journalière mesurée par une station de référence par département (Météo-France)
  - station utilisée pour le système d'alerte
  - représentative a priori de l'exposition de la majorité de la population du département
  - études précédentes => le choix du terme de température a peu d'influence sur les modèles
- Données de mortalité journalières toutes causes, tous âges et 75 ans et plus (Insee)
  - données par causes non disponibles
- Données COVID-19
  - indicateur binaire « pandémie » indiquant l'absence (étés 2014-2019) ou la présence (étés 2020-2022) de la pandémie pendant la période d'étude ;
  - compte journalier départemental de décès hospitaliers pour COVID-19 (Source SI-VIC) ;
  - nombre journalier départemental d'hospitalisations pour COVID-19 (Source SI-VIC) ;
  - taux journalier départemental d'incidence de la COVID-19 (Source SI-DEP).

- Analyse en série temporelle multicentrique
  - un modèle par département puis méta-analyse
  - modèle linéaire généralisé avec une distribution poissonnienne de la mortalité en prenant en compte la sur-dispersion des données
- L'association avec la température est modélisée à l'aide de modèles non linéaires à retards distribués
  - effets non-linéaire retardés jusqu'à 10 jours après l'exposition
  - *natural-spline* cubique avec deux nœuds internes placés aux percentiles 50 et 90 de la distribution
- Contrôle sur
  - jour de la semaine, saisonnalité (*natural spline* cubique du jour de l'année avec quatre degrés de liberté), tendance à long-terme (temps)
  - indicateurs COVID-19

# CALCUL DE LA FRACTION ATTRIBUABLE



- Fraction attribuable à la chaleur du 1er juin au 15 septembre = nombre de décès attribuables à la chaleur / nombre de décès totaux du 1er juin au 15 septembre ;
- Fraction attribuable à la chaleur les jours chauds = nombre de décès attribuables à la chaleur / nombre de décès totaux les jours chauds.

## Références:

Gasparrini A, Guo Y, Hashizume M, Lavigne E, Zanobetti A, Schwartz J, et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: A multicountry observational study. *The Lancet*. 2015;386(9991):369-75

Gasparrini A, Armstrong B, Kenward MG. Distributed lag non-linear models. *Statistics in medicine*. 2010;29(21):2224-34

Gasparrini A, Leone M. Attributable risk from distributed lag models. *BMC Medical Research Methodology*. 2014;14(1)

Gasparrini A, Leone M. Attributable risk from distributed lag models. *BMC Medical Research Methodology*. 2014;14(1)



MAI 2023

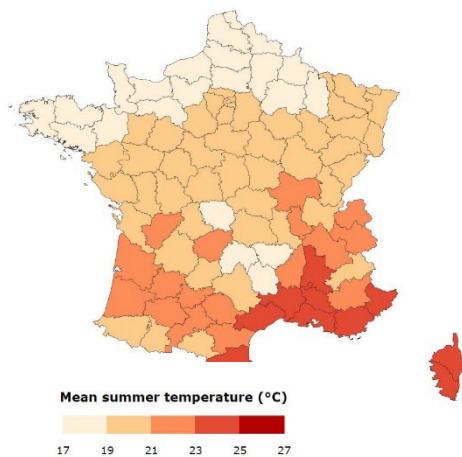
SANTÉ  
ENVIRONNEMENT

DONNÉES DE SURVEILLANCE

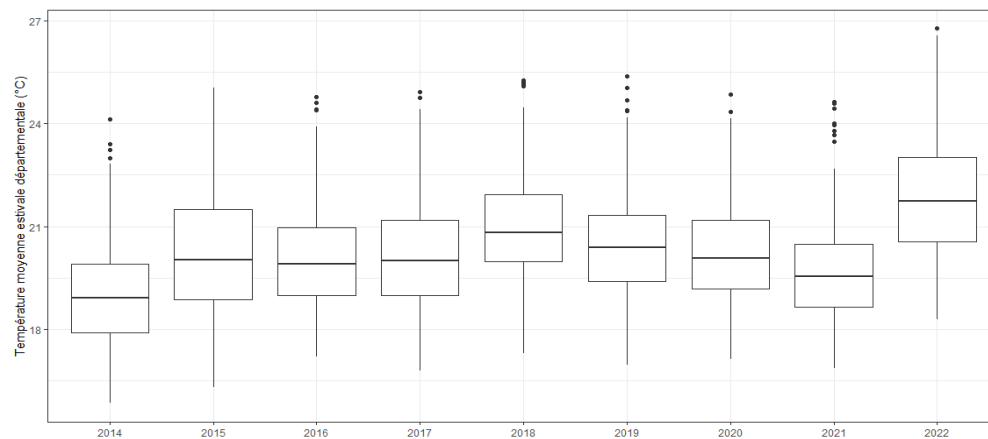
**ESTIMATION DE LA FRACTION DE LA MORTALITÉ  
ATTRIBUABLE À L'EXPOSITION  
DE LA POPULATION GÉNÉRALE À LA CHALEUR  
EN FRANCE MÉTROPOLITAINE**

Application à la période de surveillance estivale  
(1<sup>er</sup> juin - 15 septembre) 2014-2022

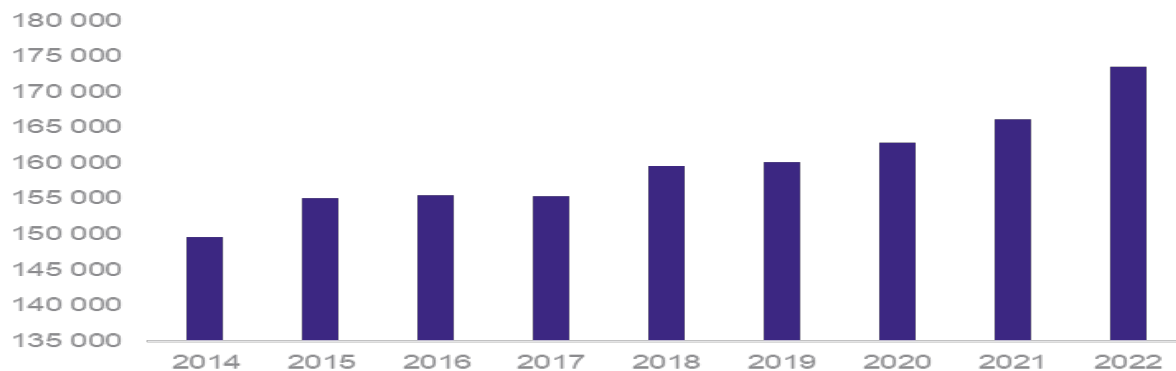
# DONNEES DESCRIPTIVES



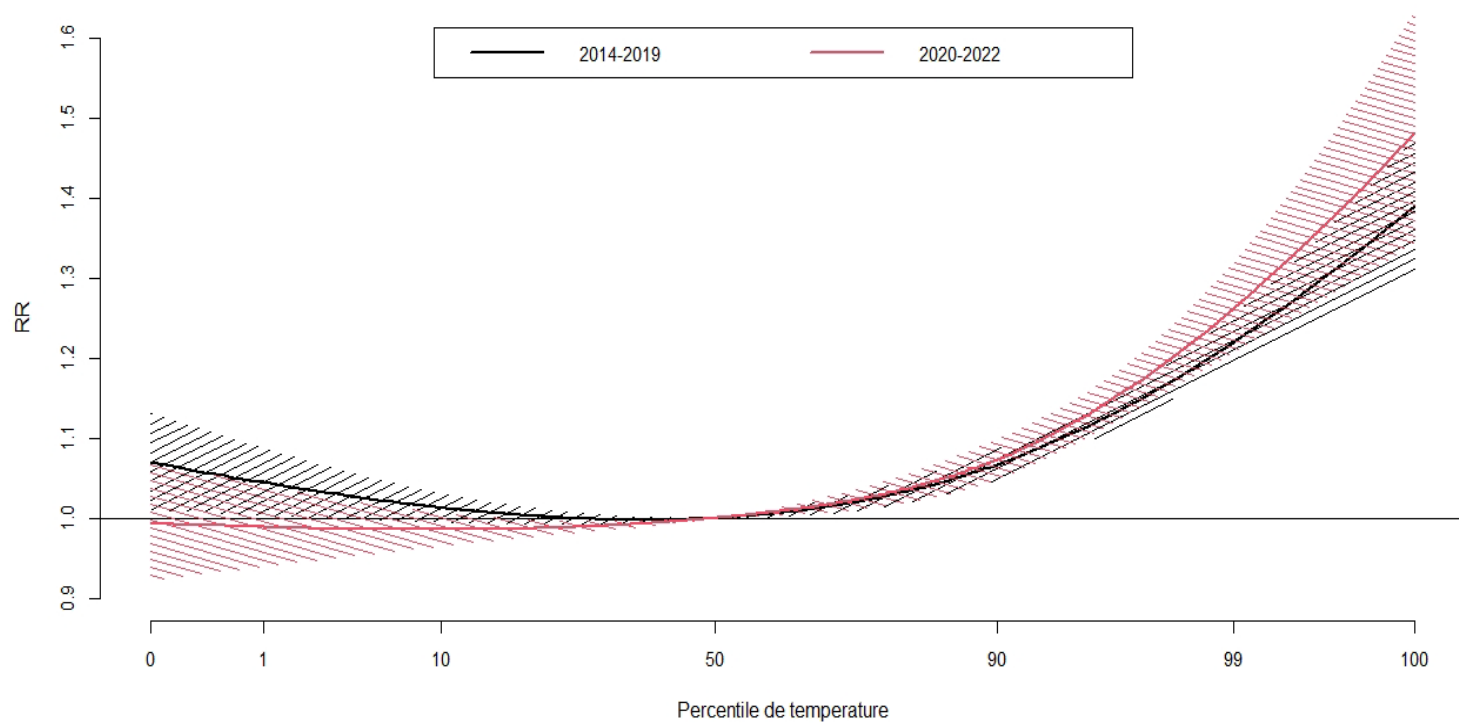
Températures estivales moyennes  
2014-2022



Distributions estivales des températures départementales journalières



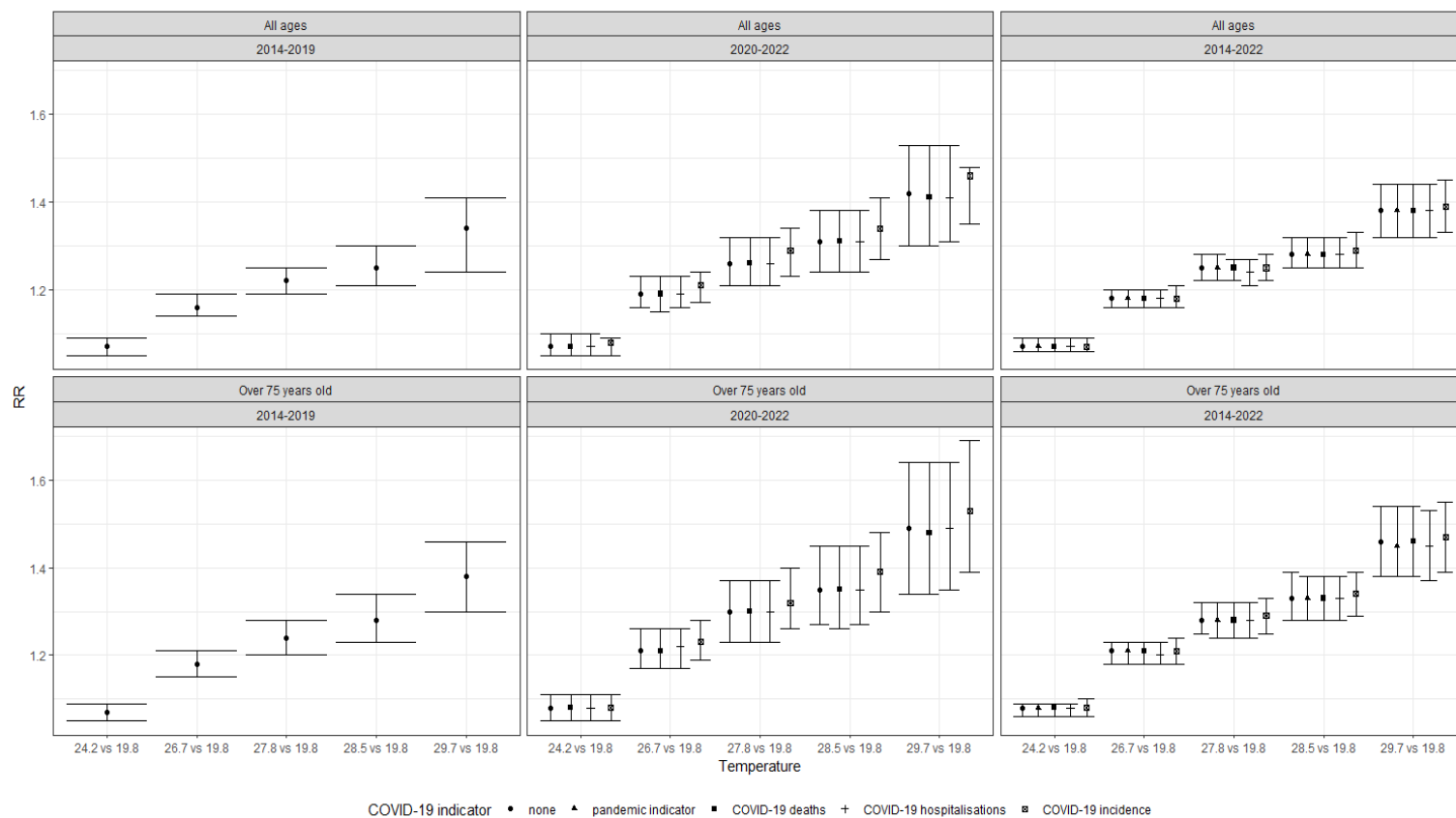
# RELATION TEMPÉRATURE – MORTALITÉ (RR CUMULÉ SUR 10 JOURS / P50)



	RR tous âges		RR 75 ans et plus	
	2004-2019	2020-2022	2014-2019	2020-2022
<b>29.7 vs 19,8</b>	1,34 [1,27 :1,41]	1,42 [1,30 :1,53]	1,38 [1,30 :1,46]	1,49 [1,34 :1,64]



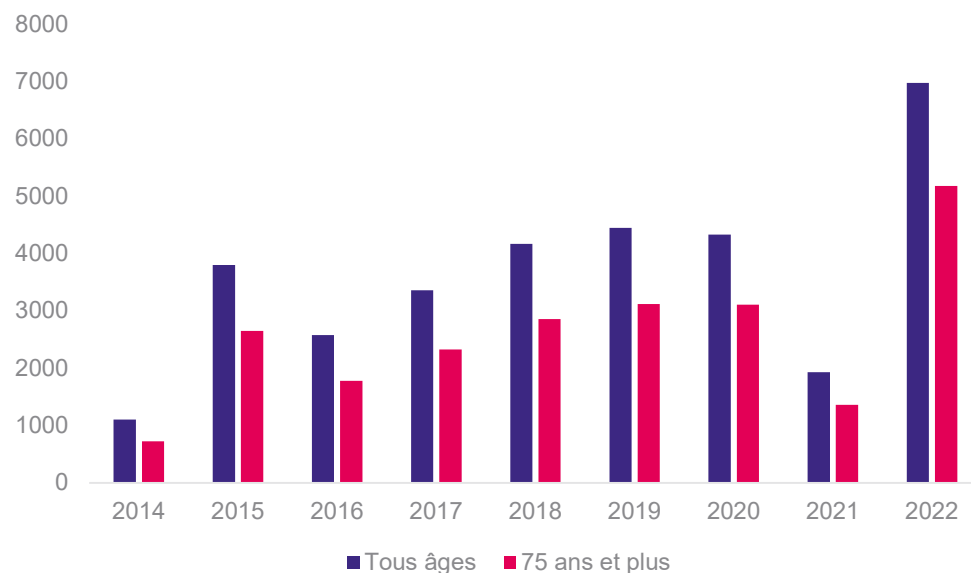
# INFLUENCE DU COVID-19



La prise en compte des différents indicateurs COVID-19 ne modifie pas les modèles

# MORTALITE ATTRIBUABLE A LA CHALEUR

- Selon le critère d'Akaike le meilleur modèle est le modèle 2014-2022 sans indicateur COVID-19
  - cependant, choix de retenir le modèle stratifié 2014-2019 / 2020 -2022
  - performances très similaires, IC ~ plus larges sur 2020-2022



- Entre 2014 et 2022, 32 658 décès [IC95% 29 612 : 34 975] sont attribuables à la chaleur - 28 % de ces décès sont observés pendant les canicules

# COMPARAISON AUX ESTIMATIONS LANCET COUNTDOWN



⇒ Lancet countdown = méthode similaire mais avec des données hebdomadaires, et en prenant la température de mortalité minimale plutôt que la médiane comme définition de la chaleur

<https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/indicators/heat-related-mortality-in-europe>

	Nombre de décès attribuables à la chaleur SPF	Nombre de décès attribuables à la chaleur LC
<b>2014</b>	1 103 [923 : 1 259]	473
<b>2015</b>	3 795 [3 477 :4 059]	3 135
<b>2016</b>	2 573 [ 2 257 : 2 834]	2 118
<b>2017</b>	3 354 [3 027 :3 630]	2 769
<b>2018</b>	4 166 [3 716 :4 520]	4 205
<b>2019</b>	4 441 [4 086 : 4 717]	4 721
<b>2020</b>	4 329 [3 919 :4 606]	4 023

# CONCLUSIONS

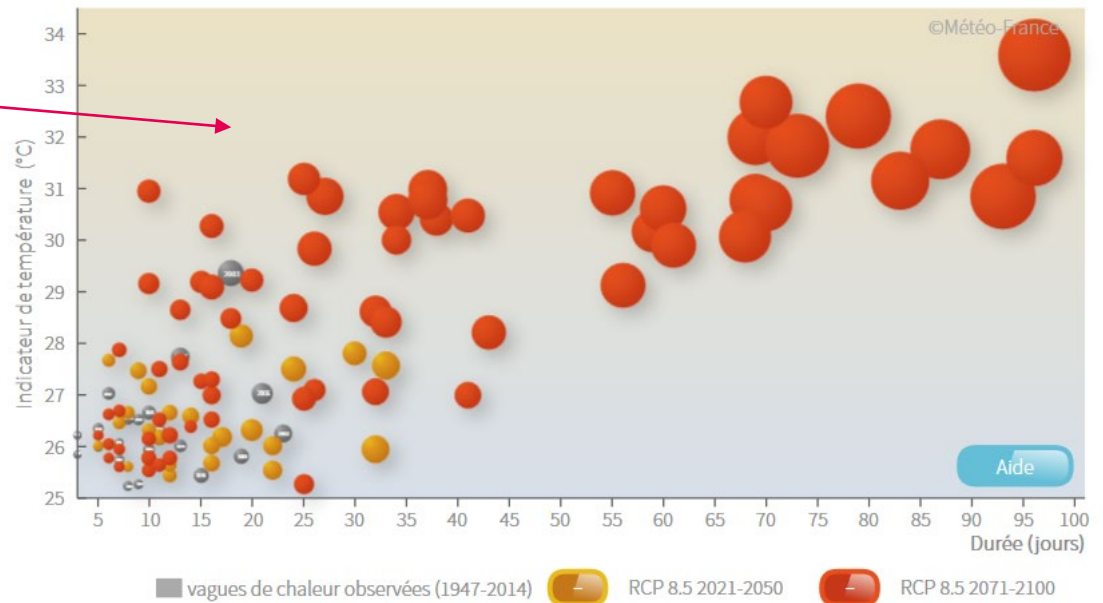


- La chaleur est un déterminant majeur de la mortalité pendant l'été en France
  - impacts très importants, y compris en dehors des vagues de chaleur
  - le focus spécifique sur les vagues de chaleur est justifié par l'impact (~1/3 de l'impact global concentré sur moins de 6% des jours de l'été)
- La modélisation des impacts de la température progresse rapidement
  - les calculs à une échelle départementale fournissent des informations sur les impacts
  - des échelles plus fines sont utiles pour explorer plus en détails les facteurs de risques, les populations, les causes...
  - mais reste de la modélisation => complémentaire d'autres informations

# QU'EST-CE QUI NOUS ATTEND ?

- Augmentation du nombre d'évènements
- Evolution géographique et temporelle

Vagues de chaleur : observations et simulations climatiques pour deux horizons temporels (scénario d'évolution RCP 8.5)



- 2 fois plus de vagues de chaleur d'ici 2050
  - l'effectif des 75 ans et plus serait triplé et celui des 85 ans et plus quintuplé / aujourd'hui
- En 2100, épisodes plus longs, plus intenses, et avec une période d'occurrence mai - octobre
  - un enfant né en 2015 aura alors 85 ans

# QUE PEUT-ON FAIRE ?

- **Avant**

- ⇒ améliorer la capacité de thermorégulation en favorisant la pratique d'activité physique adaptée
- ⇒ identifier les personnes vulnérables (registres, sensibilisation aux risques...)
- ⇒ agir sur les environnements pour réduire l'exposition (végétalisation, matériaux, volets...)
- ⇒ préparer les conduites à tenir en cas de canicule (modification des horaires de travail, équipements...), former la population et les professionnels

- **Pendant les canicules**

- ⇒ suivre les conseils de comportements (hydratation, diminution de l'activité physique, aération...)
- ⇒ prendre soin des plus vulnérables, adapter les traitements médicamenteux si nécessaires

- **Après**

- ⇒ évaluer et faire évoluer les mesures prises

## VIVRE AVEC CE NOUVEAU CLIMAT



**RÉDUIRE LA CHALEUR EN VILLE** : végétalisation, désartificialisation des sols, choix des matériaux de construction...



**ADOPTER LES BONS RÉFLEXES EN PÉRIODE DE CANICULE** : éviter les activités physiques intenses, fermer les volets et fenêtres le jour, aérer la nuit, boire de l'eau, se mouiller le corps, donner et prendre des nouvelles de ses proches...



*” Pour ce qui est de l’avenir, il ne s’agit pas de le prévoir, mais de le rendre possible.” Antoine de Saint Exupéry, Citadelle, 1948*

