

Mardi 06 Février 2024

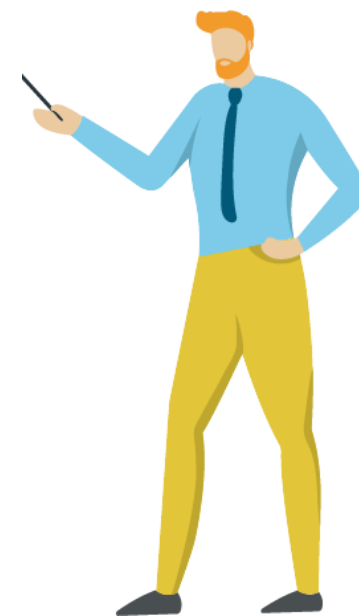
# Le rôle de l'ozone vis-à-vis des impacts sanitaires liés aux vagues de chaleur en France

*Interventions magistrales*

Intervention de :

**Tarik BENMARHANIA**

Institut Scripps d'Océanographie de  
L'Université de Californie à San Diego,  
Professeur d'épidémiologie environnementale



Pollution atmosphérique et changement climatique, un impact sur la santé

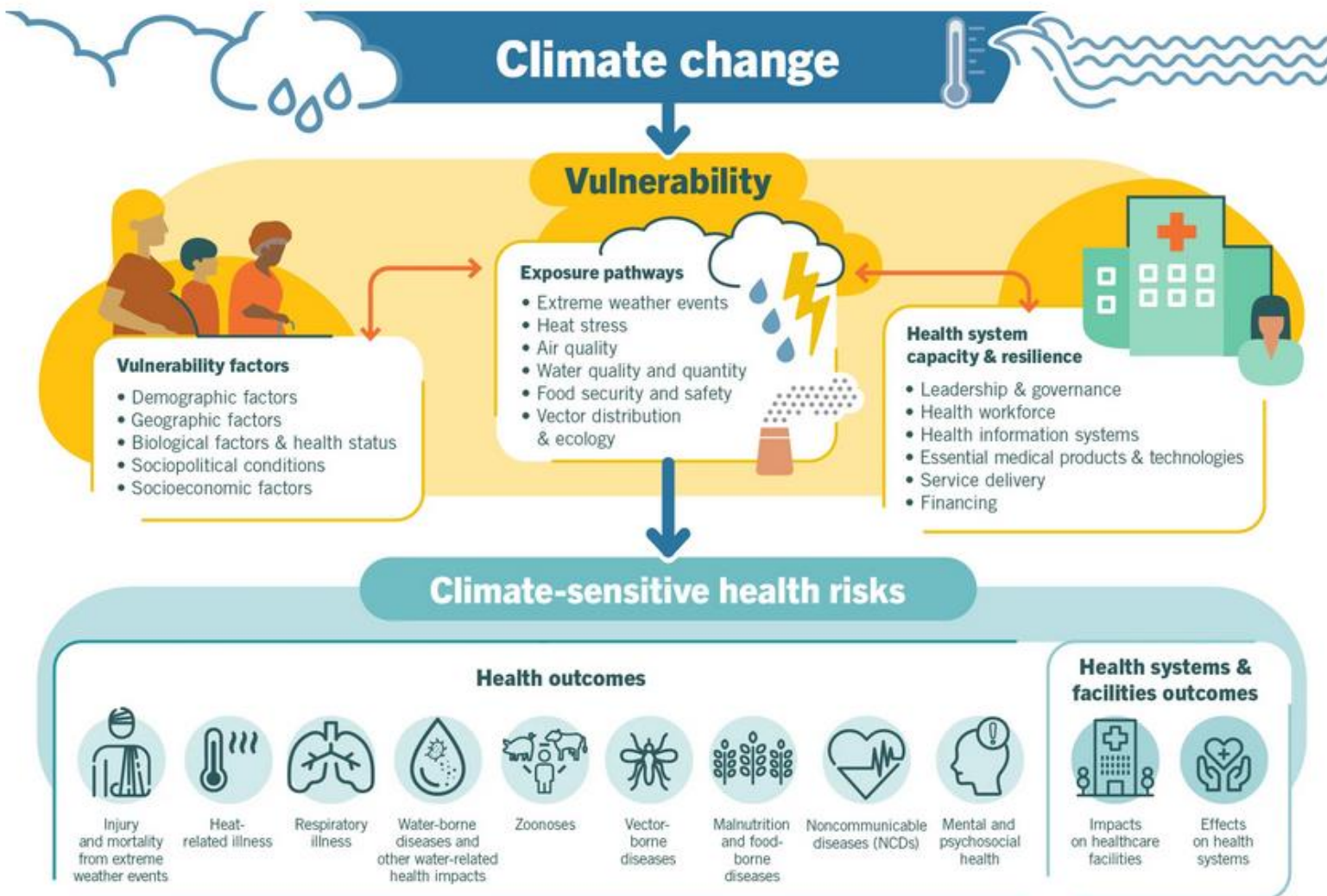
Session magistrale

# Le rôle de l'ozone vis-à-vis des impacts sanitaires liés aux vagues de chaleur en France

**Tarik BENMARHIA**

Institut Scripps d'Océanographie de  
L'Université de Californie à San Diego,  
Professeur d'épidémiologie environnementale



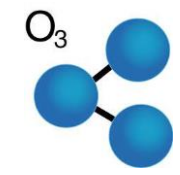
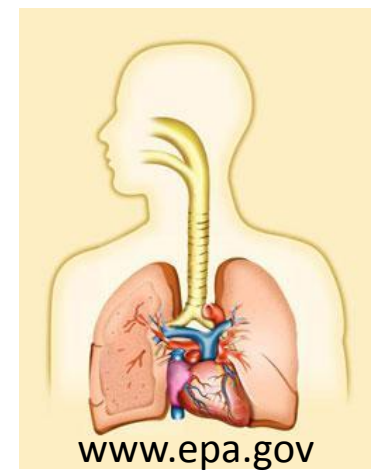
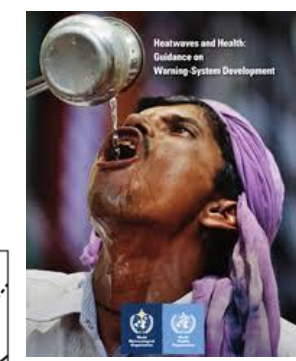
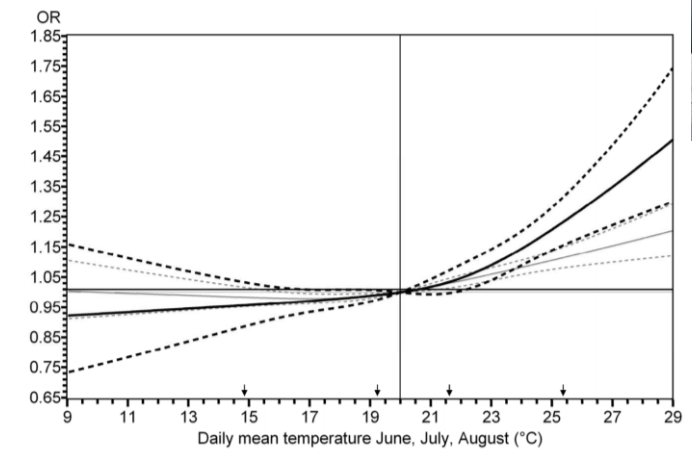


## Le contexte des changements climatiques en santé publique

1. Comme exacerbation des impacts des événements météorologiques extrêmes
2. Amenant de nouveaux enjeux
3. Une opportunité vis-à-vis des co-bénéfices en lien avec les politiques de mitigation

# La chaleur extrême et l'ozone troposphérique et impacts sanitaires

- La chaleur extrême est l'un des déterminants environnemental de santé avec le plus grand fardeau (notamment en France)
  - Des mécanismes physiologiques complexes impactant de nombreuses fonctions et organes
  - Différents types de chaleur extrême et plusieurs types d'interventions (alertes canicules, plans chaleur..)
- L'ozone troposphérique (O<sub>3</sub>) est un -gaz- polluant secondaire avec un fort potentiel oxydant et qui irrite fortement les voies respiratoires
  - De nombreuses études épidémiologiques montrant un effet sur la mortalité et morbidité notamment respiratoire à court terme



# Les liens entre chaleur extrême et l'ozone troposphérique

- Les effets synergiques entre ces deux expositions environnementales sont très bien documentés
  - Plusieurs dizaines d'études déjà menées (incluant des villes françaises) (Anenberg et al.)
  - Beaucoup d'hétérogénéité entre les villes
    - Exemple, étude menée en Californie à l'échelle des codes postaux
    - Spatial variation in the joint effect of extreme heat events and ozone on respiratory hospitalizations in California. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(22), e2023078118.
- En réalité, l'ozone troposphérique est aussi un médiateur dans la relation entre chaleur et santé
  - L'ozone troposphérique est généré en présence de précurseurs (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>..), d'ensoleillement et de températures chaudes
  - Ces mécanismes ont été décrits dans quelques études mais jamais analysés empiriquement

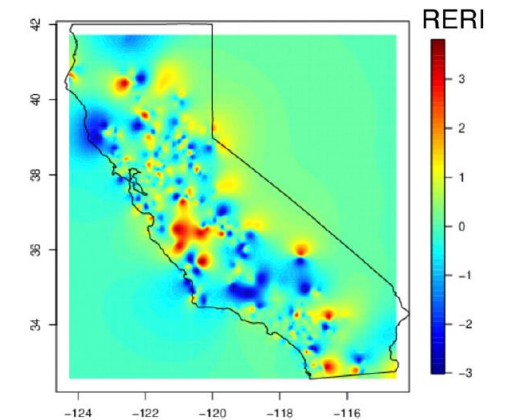
REVIEW

Open Access

Synergistic health effects of air pollution, temperature, and pollen exposure: a systematic review of epidemiological evidence



Susan C. Anenberg<sup>1\*</sup>, Shannon Haines<sup>1,2</sup>, Elizabeth Wang<sup>1</sup>, Nicholas Nassikas<sup>3</sup> and Patrick L. Kinney<sup>4</sup>

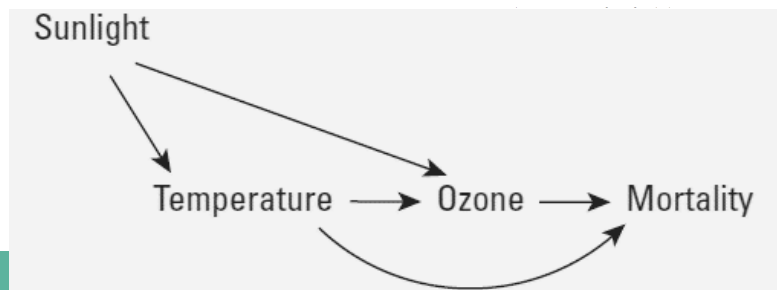


relative excess risk due to interaction (RERI)

## The Role of Ambient Ozone in Epidemiologic Studies of Heat-Related Mortality

Colleen E. Reid,<sup>1</sup> Jonathan M. Snowden,<sup>2,3</sup> Caitlin Kontgis,<sup>4</sup> and Ira B. Tager<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Health Sciences, and <sup>2</sup>Division of Epidemiology, School of Public Health, University of California, Berkeley, Berkeley, California, USA; <sup>3</sup>Department of Obstetrics and Gynecology, Oregon Health and Science University, Portland, Oregon, USA; <sup>4</sup>Department of Geography, Center for Sustainability and the Global Environment, University of Wisconsin-Madison, Madison, Wisconsin, USA



**Objectif de l'étude:** Décomposer l'effet total des vagues de chaleur sur la mortalité en deux mécanismes distincts : les effets directs liés à la chaleur et effets indirects en lien avec l'augmentation des niveaux d'ozone.

Alari, A., Chen, C., Schwarz, L., Hansen, K., Chaix, B., & Benmarhnia, T. (2023). The Role of Ozone as a Mediator of the Relationship Between Heat Waves and Mortality in 15 French Urban Areas. *American Journal of Epidemiology*, 192(6), 949-962.

<https://doi.org/10.1093/aje/kwad032>

# Outils et méthodes utilisés

Périmètre géographique:

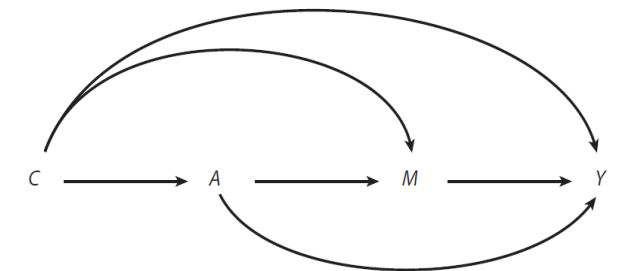
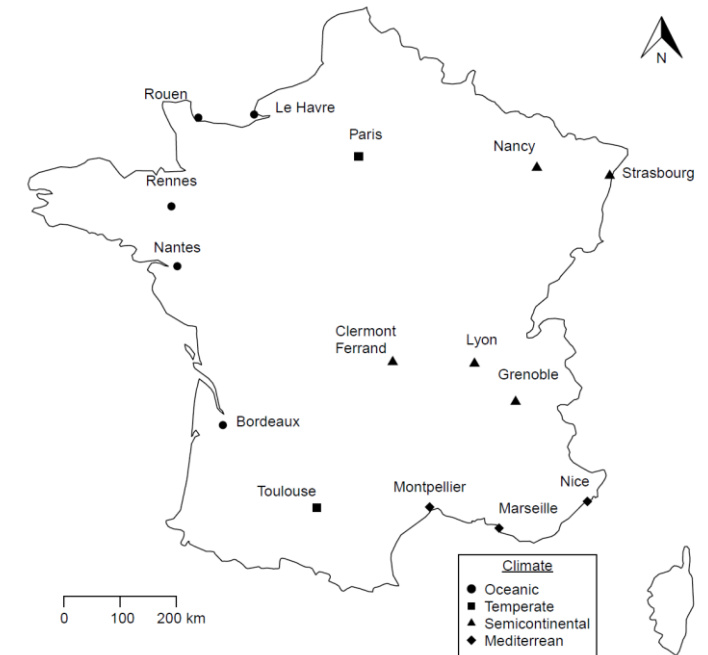
15 Agglomérations en France Métropolitaine

Sources de données (2000-2015):

- ✓ Données de mortalité journalières pour plusieurs causes médicales notamment respiratoires
- ✓ Données environnementales:
  - ✓ Indicateurs d'exposition à la pollution atmosphérique NO<sub>2</sub> et l'O<sub>3</sub>
  - ✓ Données météorologiques journalières, définition Météo France

Méthodologie:

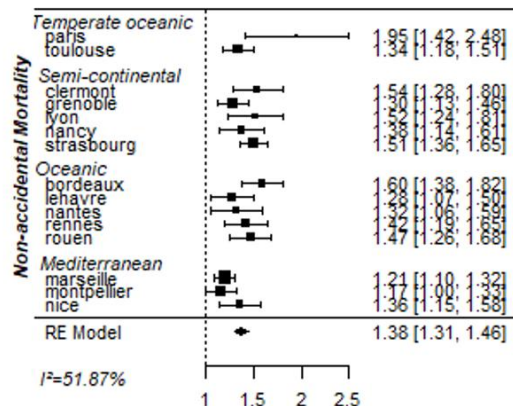
- Analyse causale de médiation
- Calcul de la proportion médiée en % pour chaque ville
- Détails pour répliquer, reproduire et étendre ces résultats à d'autres contextes: [https://github.com/aalari/Heat-wave O3 Mediation](https://github.com/aalari/Heat-wave_O3_Mediation)



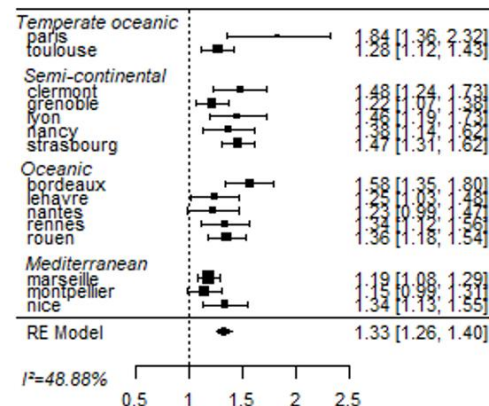
# Résultats Principaux

- ✓ **Lorsqu'une vague de chaleur survient, jusqu'à 31% des décès attribuables à la chaleur sont en fait dus à l'augmentation des concentrations d'ozone induite par cette vague de chaleur.**
  - ✓ Cela concerne certaines villes comme Nantes, Grenoble ou Rouen

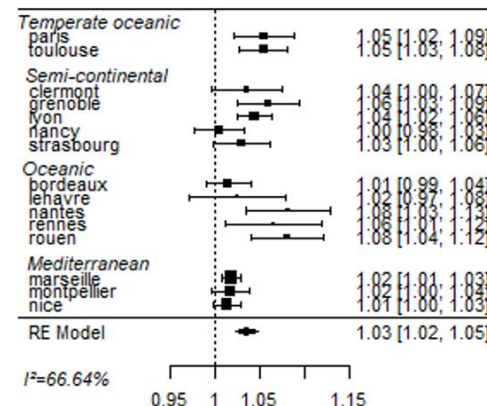
**Effet Total**



**Effet Direct**



**Effet Indirect**

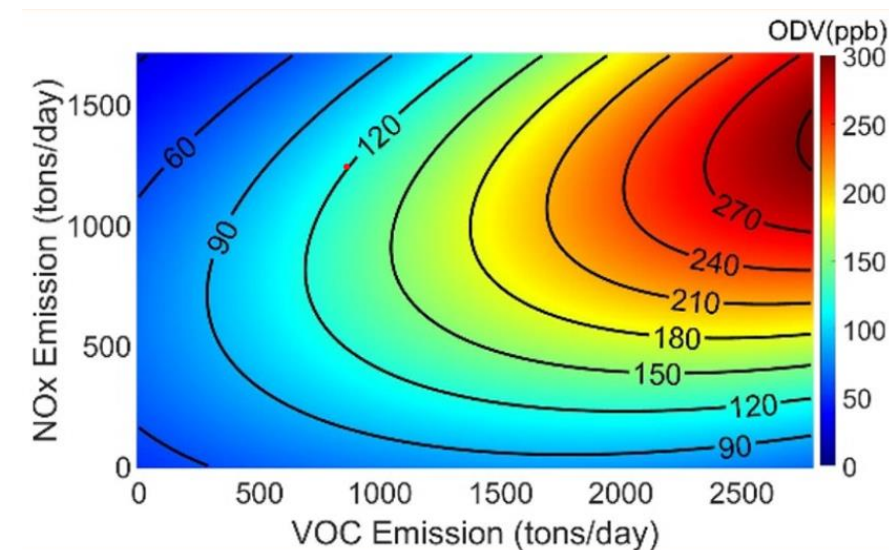


<u>Climat et Agglomération</u>	<u>Proportion Médiane (%)</u>
<b>Tempéré</b>	
Paris	<u>11%</u>
Toulouse	<u>20%</u>
<b>Semi-continental</b>	
Clermont-Ferrand	<u>10%</u>
Grenoble	<u>25%</u>
Lyon	<u>13%</u>
Nancy	<u>2%</u>
Strasbourg	<u>8%</u>
<b>Océanique</b>	
Bordeaux	<u>4%</u>
Le-Havre	<u>11%</u>
Nantes	<u>31%</u>
Rennes	<u>20%</u>
Rouen	<u>23%</u>
<b>Méditerranéen</b>	
Marseille	<u>10%</u>
Montpellier	<u>11%</u>
Nice	<u>5%</u>



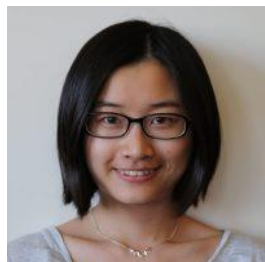
# Conclusions et pistes de réflexion

- Nous avons pu mettre en évidence que lorsqu'une vague de chaleur survient, une proportion de l'effet sanitaire est en réalité, au moins en partie, due aux mécanismes indirects impliquant une augmentation des niveaux d'ozone
- Dans le futur:
  - Il sera important d'étendre ces analyses a davantage de contextes géographiques et des périodes plus récentes ainsi qu'explorer l'effet sur divers indicateurs de santé
  - Comprendre les déterminants de cette hétérogénéité quant au rôle de l'ozone durant une vague de chaleur
- **Pistes de réflexion en termes de politiques publiques:**
  - Expérimenter des actions visant à réduire les émissions de précurseurs d'ozone (notamment en lien avec le trafic) lorsque des vagues de chaleur sont attendues en combinaison des actions mises en place dans le cadre des mesures appliquées lors d'alertes en lien avec la chaleur
  - Mais les mécanismes chimiques de génération et de transport de l'ozone sont complexes et il est important de travailler de manière interdisciplinaire et avec des acteurs locaux



## Remerciements

Co-auteurs: Anna Alari, Chen Chen, C., Lara Schwarz, L.,  
Kristen Hansen, K. &, Basile Chaix



Financeurs:

ADEME (Primequal #1862C0011)

