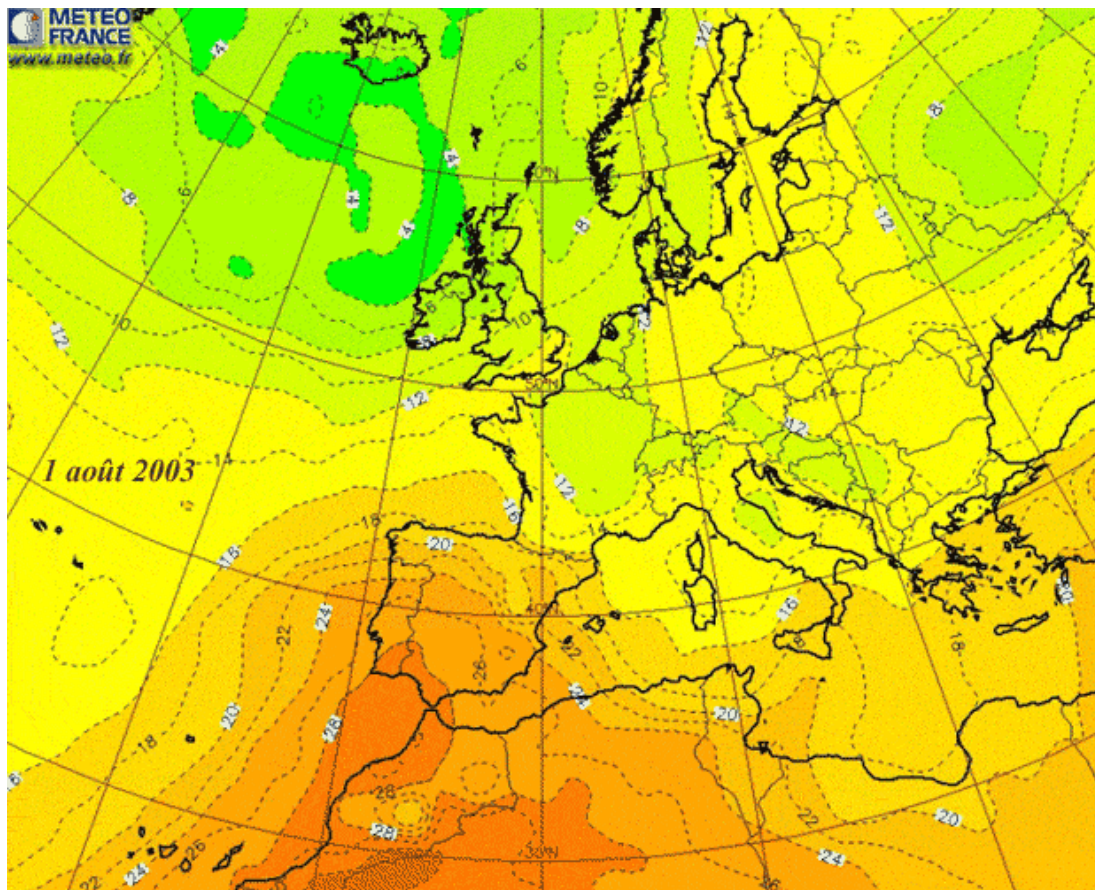


Impact des vagues de chaleur et de la pollution urbaine sur la santé

Sophie Larrieu, Agnès Lefranc
Département Santé Environnement
Institut de veille sanitaire

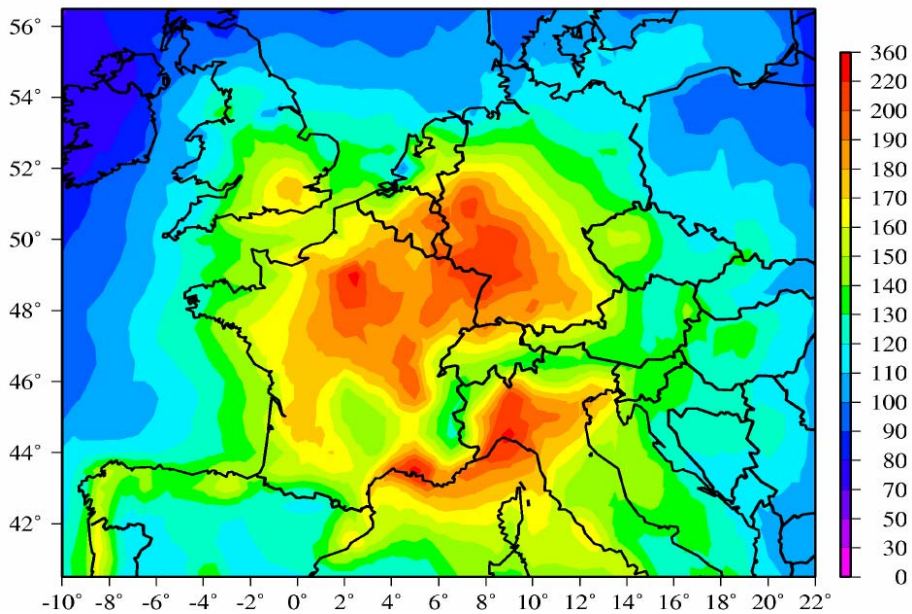
Août 2003 : une vague de chaleur sans précédent

- **Durée**
presque 2 semaines
- **Extension géographique**
- **Intensité**
 - Entre le 1er et le 5 Août, les températures maximales ont varié de 24,8 à 37°C
 - Sont restées à 36 - 37°C jusqu'au 13



Air temperature (°C) at 1500 m (850 hPa) on August 1, 7 and 13, 2003

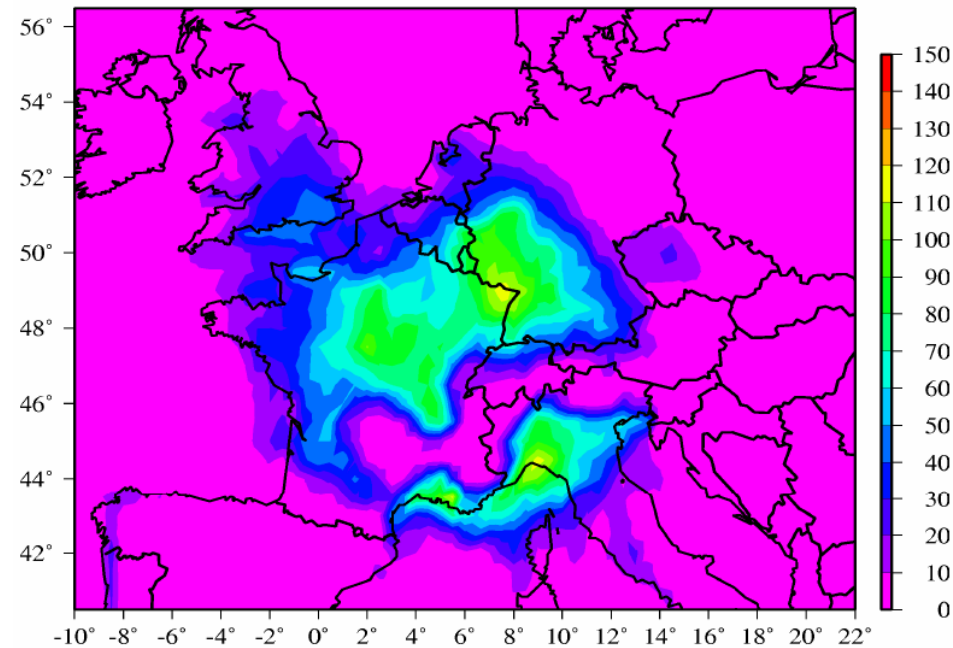
Une pollution à l'ozone sans précédent



Concentrations moyennes journalières en ozone
($\mu\text{g}/\text{m}^3$), 1-14 Août 2003
Source : Ineris, Prev' Air

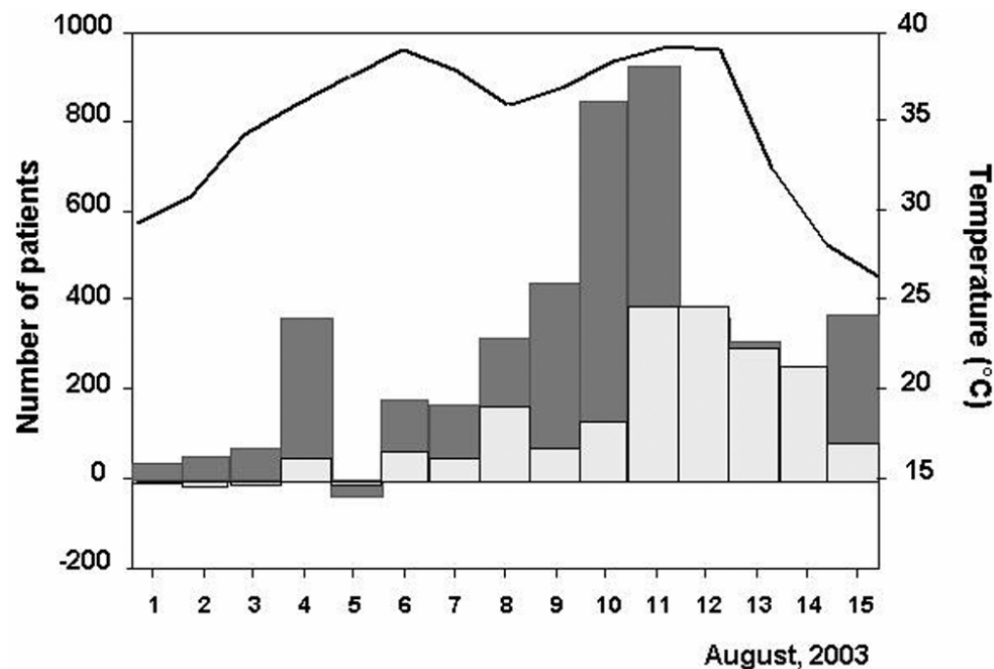
- Durée
- Extension géographique
- Le niveau le plus haut rencontré ($417\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans le sud de la France) était le record jamais enregistré

Nombre d'heures de dépassement du seuil de $180\mu\text{g}/\text{m}^3$,
1-14 Août 2003
Source : Ineris, Prev' Air



Une crise sanitaire majeure

- Du 1er au 15 Août, dans les hôpitaux de l'AP-HP
 - 2600 visites aux urgences en excès dont la plupart liées à la chaleur,
 - 1900 admissions hospitalières en excès
- Un nombre de lits restreint durant la période estivale



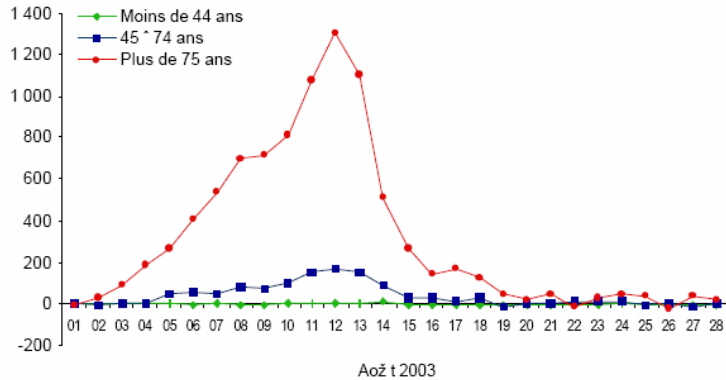
Températures maximales à Paris, et excès de visites aux urgences (en gris) et d'admissions hospitalières (en blanc) à l'AP-HP, 1er-15 Août 2003.

Source : Dhainaut et al., Crit. Care 2004

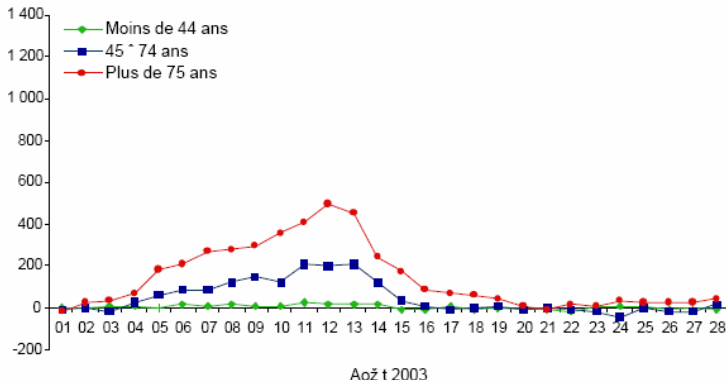
Près de 15000 décès en excès...

Sur l'ensemble de la France, un excès de mortalité estimé à **14802 décès**, soit une augmentation de **60%** du taux de mortalité

Femmes

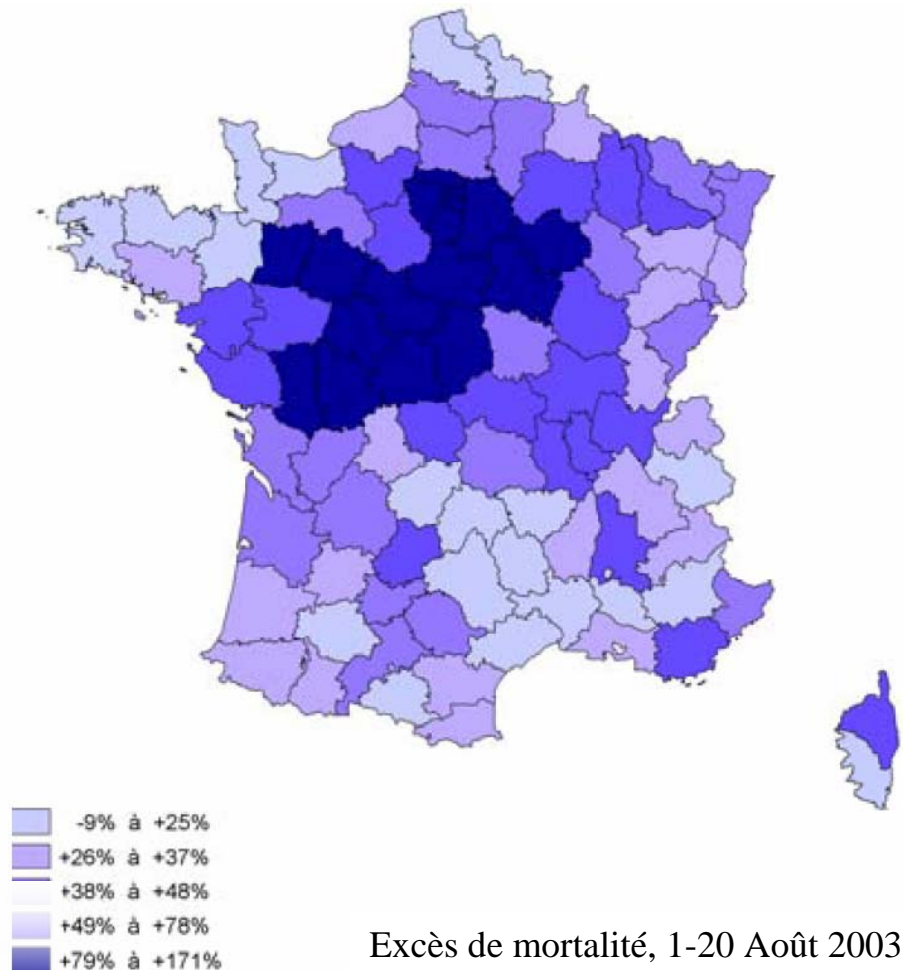


Hommes



Nombre de décès journalier en excès,
1-28 Août 2003

Source : Hémon and Jougla, Inserm 2003



Excès de mortalité, 1-20 Août 2003

Source : Hémon and Jougla, Inserm 2003

Des causes de mortalité spécifiques

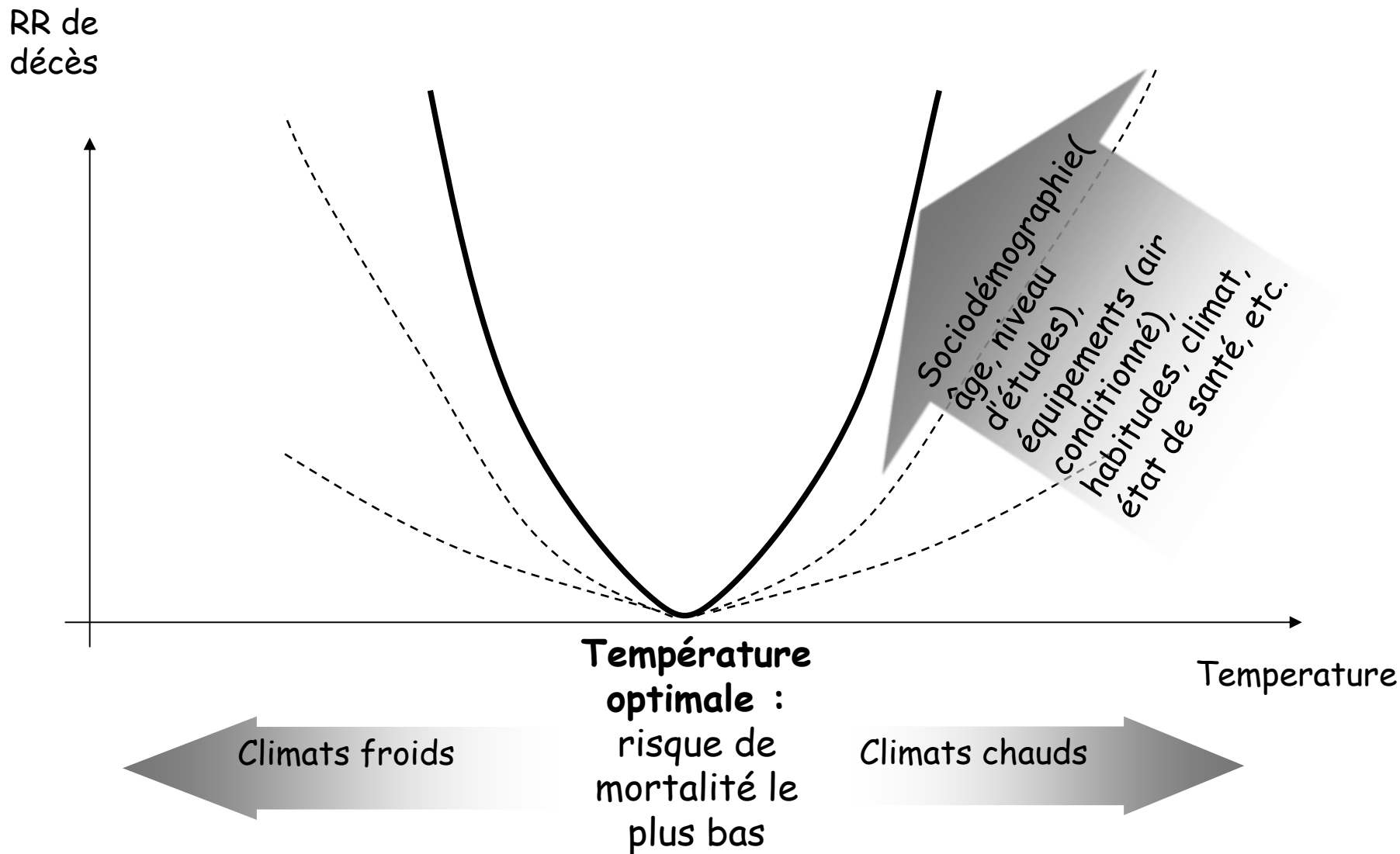
	Nb. De décès, 1-20 Août 2003	Nb moyen de décès, 1-20 August 2000-2001	% de l'excès total de mortalité
Coup de chaleur, hyperthermie et déshydratation	3468	163	23%
Pathologies cardiovasculaires	10790	7786	27%
Morbidités diverses	3470	1729	15%
Pathologies respiratoires	2834	1469	12%
Maladies du système nerveux	2042	1042	9%

Source : Hémon and Jouglu, Inserm 2004

Les effets la chaleur sur la mortalité

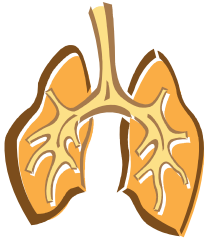
- Effets directs
 - thermorégulation assurée par divers mécanismes
 - si T° trop élevée, échec du système et mort soudaine par hyperthermie
- Effets cardiovasculaires
 - augmentation de l'agrégation plaquettaire et de la viscosité plasmatique parmi des volontaires sains exposés à la chaleur
 - mécanismes de thermorégulation augmentent l'activité cardiaque => thrombose coronaire ou cérébrale

L'apport de l'épidémiologie



Les effets de l'ozone sur l'organisme

Inhalation



Voies respiratoires et poumons

Inflammation locale, stress oxydatif, réponse allergique

Inflammation systémique

Pathologies
respiratoires

Pathologies
cardiovasculaires

Les résultats des études épidémiologiques

- Excès de risque relatif (ERR) en % associés à une augmentation de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ d'ozone

Lieu	Etude	ERR	IC 95%
France	Psas	1.1	0.2-2.0
Italie	Misa	1.4	0.4-2.5
Espagne	Emecam	0.6	0.0-1.1
Europe	Aphea	0.5	0.2-0.7
USA	NMAPS	0.4	0.3-0.5
Europe	Méta OMS	0.6	0.4-0.8
Amérique du Nord	Méta	0.6	0.3-0.8

- Notion de population vulnérable

Une simple question : quelle était la part de la pollution en 2003 ?

- Réponse possible : calculer le nombre de cas attribuables en se basant sur les courbes exposition-risque estimées dans les études épidémiologiques : facile, mais...
... ces courbes E-R reflètent des conditions différentes de celles rencontrées durant la vague de chaleur 2003!
- ➔ Estimer par une étude spécifique la part relative de l'ozone et de la chaleur

Méthodes : le programme Psas

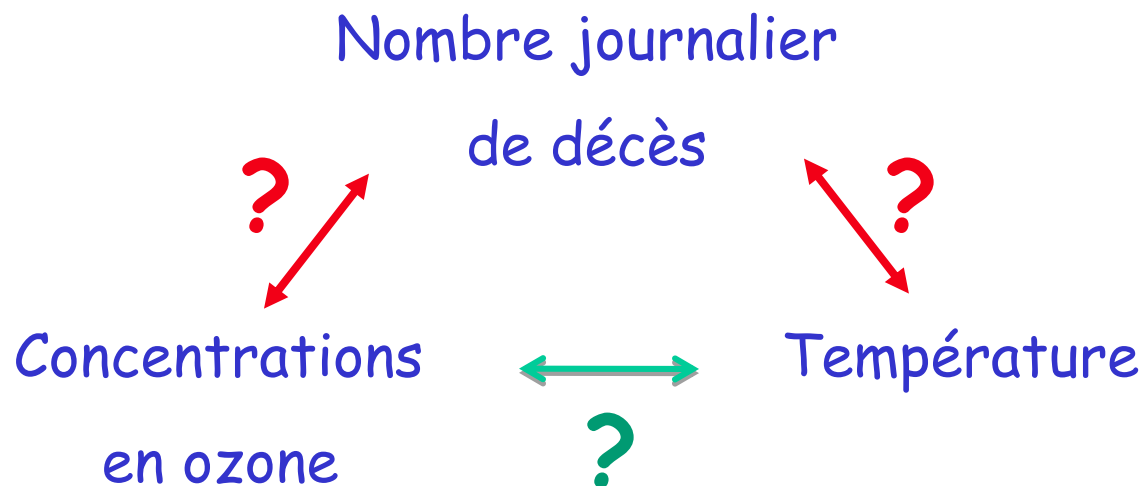


- Programme créé en 1998
 - Objectif : étudier les effets de la pollution atmosphérique sur la santé
 - Implanté sur 9 villes françaises :
Bordeaux, Le Havre, Lille, Lyon, Marseille, Paris, Rouen, Strasbourg et Toulouse
-
- Recueil des données nécessaires dans chaque ville
 - Nombre journalier de décès (Inserm CépiDC)
 - Niveaux journaliers d'ozone : stations de fond des réseaux de mesure de la qualité de l'air (Aasqa)
 - Températures minimales et maximales : Météo-France

Méthodes : le programme Psas

Long terme,
saisonnalité

Epidémies de grippe



Jour de la semaine,
vacances

Pollens

Méthodes statistiques

- Utilisation de modèles *GAM*

$$\text{Log}(E(Y)) = \alpha + \beta \times \text{ozone} + f(\text{températures}) + \sum_{k=1}^K f_k(Z_k)$$

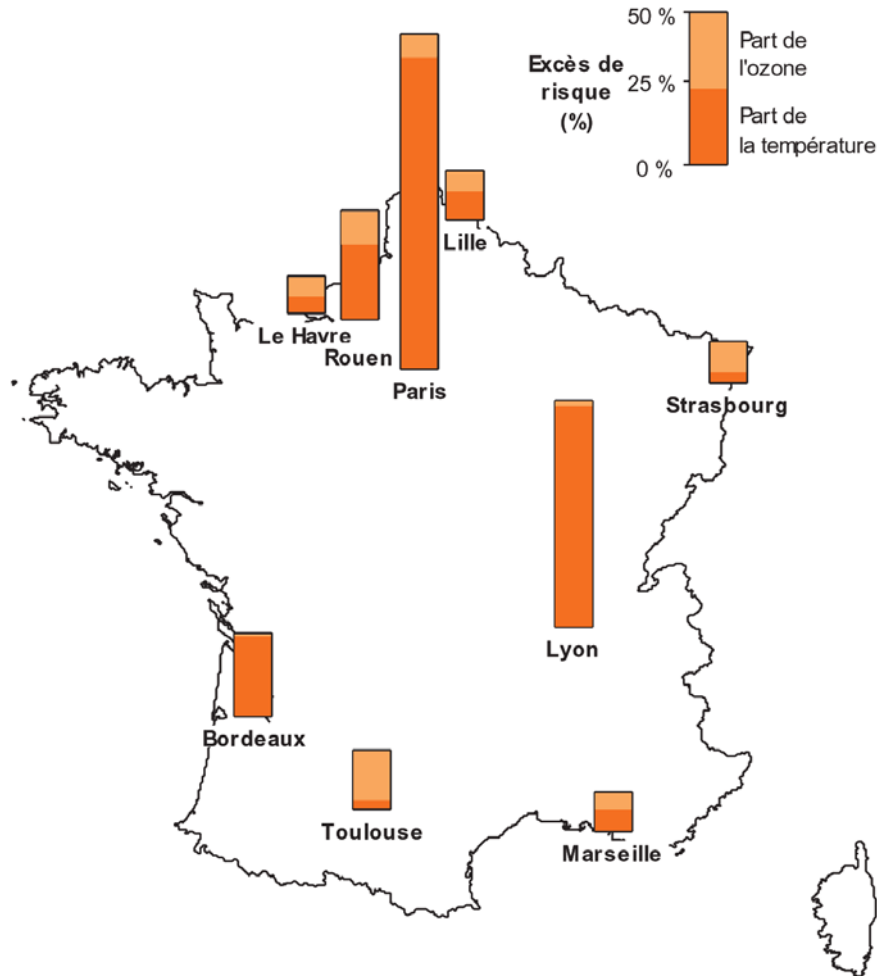
- Lags 1, 2 et 3 jours testés pour la température, pour pouvoir modéliser un éventuel effet retardé
- Intéraction testée entre ozone et température
- Analyse en deux temps
 - Estimation d'un excès de risque dans chacune des 9 villes
 - Estimation d'un ERR combiné avec un modèle à effets aléatoires

Résultats : excès de risque de mortalité

Zone		3 –17 Août 2003					ERR (%) pour une augmentation de 10µg/m ³ des niveaux d'ozone
		O ₃ -8h			Temp. max (°C)		
		P5	P50	P95			
Bordeaux	584,164	64.3	139.8	158.5	40.7	0.72 [-0.07; 1.51]	
Le Havre	254,585	67.1	103.8	171.3	36.3	1.09 [0.12; 2.07]	
Lille	1,091,156	62.9	125.8	198.7	36.6	0.97 [0.37; 1.56]	
Lyon	782,828	102.2	154.8	190.3	39.9	0.19 [-0.43; 0.80]	
Marseille	856,165	99.0	148.5	182.2	37.6	1.07 [0.50; 1.65]	
Paris	6,164,418	80.5	158.0	194.6	39.3	0.57 [0.30; 0.84]	
Rouen	434,924	87.2	140.4	170.5	37.9	1.22 [0.38; 2.07]	
Strasbourg	451,133	113.0	163.4	198.4	38.4	1.09 [0.43; 1.76]	
Toulouse	690,162	64.0	148.0	179.0	40.4	2.38 [1.55; 2.31]	
					<i>Pooled ERR</i>	<i>1.01 [0,08; 1.44]</i>	

Résultats : part de l'ozone

Excès de risque associés à l'ozone et à la température, 3-17 Août 2003 - Part relative de chaque facteur



- Pas d'interaction entre l'ozone et la température
- Part relative de l'ozone et de la température varie selon la ville
- Dans les 9 villes, 379 décès attribuables à l'ozone entre le 1er et le 17

Discussion

- Excès de mortalité les plus élevés liés presque exclusivement à la chaleur
- Dans les autres villes, hétérogénéité de la part relative de l'ozone
 - Populations plus ou moins vulnérables ? (age, sexe, niveau socio-économique)
 - Conditions environnementales différentes? (température et pollution)
- Pas d'effet "harvesting" observé
- Impact global de l'ozone sur la mortalité considérable
 - ERR associés à l'exposition à l'ozone pas très différents de ceux estimés dans une situation normale!

- Littérature très pauvre => pas de conclusion évidente
 - Soit pollution = effet modificateur (notamment à Toronto, mais niveaux de pollution faibles et vague de chaleur moins importante) (Reinham et al. 2003),
 - soit effet totalement indépendant de la température mais généralement assez faible (Hajat et al. 2002)

Implications : le système d'alerte canicule et santé

- Depuis 2004, système d'alerte canicule santé (SACS) mis en place entre juin et septembre, couplé avec le plan canicule
- Basé sur des indicateurs bio-météorologiques et une collecte en temps réel de données (décès, admissions hospitalières, médecine de ville, etc.)
- Niveaux d'ozone collectés et pris en compte en tant que facteur aggravant pour passer en niveau d'alerte

Et en 2006 ?

- En juillet 2006, vague de chaleur d'une intensité moindre mais plus longue
- Excès de mortalité observé : environ 2100 (9%)
- L'excès de mortalité attendu était de 6500 (Fouillet et al. 2007) en considérant que la vulnérabilité de la population était la même
- Gain en terme de mortalité plus important chez les personnes âgées
- Travail en cours sur la pollution dans le cadre du Psas