



**Institut national  
de la santé et de la recherche médicale**

**RETOUR D'EXPÉRIENCE**  
**SUR LA CANICULE DE JUILLET 2006**

**Anne Fouillet**

**Inserm – U754**

**Journée Météo et Santé - 19 février 2008**

## Publications

### **Ce travail rend compte des travaux détaillés dans les publications suivantes :**

Fouillet A, Rey G, Jougla E, Bessemoulin P, Frayssinet P, Hémon D.  
A predictive model relating daily fluctuations in summer temperatures and mortality rates.  
*BMC Public Health* 2007, 7:114

Rey G\*, Fouillet A\*, Jougla E, Hémon D. (\* : en tant que premiers auteurs)  
Vagues de chaleur, température et mortalité en France depuis 1971.  
*Population*. 2007 62(3): 533-564

Fouillet A, Rey G, Jougla E, Bessemoulin P, Frayssinet P, Hémon D.  
Comparaison de la surmortalité observée en juillet 2006 à celle estimée à partir des étés 1975-2003, France.  
*BEH*. Juin 2007; 22-23 : 192-194

Fouillet A, Rey G, Wagner V, Laaidi K, Empereur-Bissonnet P, Le Tertre A, Frayssinet P, Bessemoulin P, Laurent F, De Crouy-Chanel P, Jougla E, Hémon D.  
Has the heat-related mortality response in France changed since the 2003 heat wave? A study of the 2006 heat wave.  
*International Journal of Epidemiology*, 2008

### ➔ **Août 2003 : vague de chaleur exceptionnelle**

Impact sanitaire en France : environ 15 000 décès en excès

### ➔ **A partir de 2004 : mise en place**

- d'un Plan National Canicule (DGS),
- d'un système de surveillance et d'alerte (InVS – Météo-France)

### ➔ **11-28 Juillet 2006 : vague de chaleur**

- 2<sup>ème</sup> vague la plus sévère depuis 1950, après celle de 2003
- 69 départements en alerte sur une période de 18 jours consécutifs

### ➔ **Observe-t-on une évolution de la vulnérabilité de la population aux vagues de chaleur depuis l'été 2003 ?**

## Objectifs

- ➔ **Evaluer la surmortalité observée au cours de la vague de chaleur de juillet 2006 sur l'ensemble de la France métropolitaine,**
- ➔ **La comparer à la surmortalité que l'on pouvait attendre si la vulnérabilité de la population était la même que celle observée jusqu'en 2003**

## Données de mortalité

### ➔ Nombre quotidien de décès toutes causes

France métropolitaine

De juin à septembre de 1975 à 2006

*Source : Inserm - Cépi-Dc - INSEE*

### ➔ Estimation de la population aux 1<sup>er</sup> janvier 1975 à 2006

*Source : INSEE*

**Indicateur de mortalité :**

Taux de mortalité par jour et pour 100 000 habitants

# Données climatiques

## ➔ **Températures minimales et maximales quotidiennes**

Juin à septembre 1975 à 2006

Issues des 97 stations climatiques représentatives des départements français

*Source : Météo-France*

### **Au niveau national :**

Moyenne des températures quotidiennes,

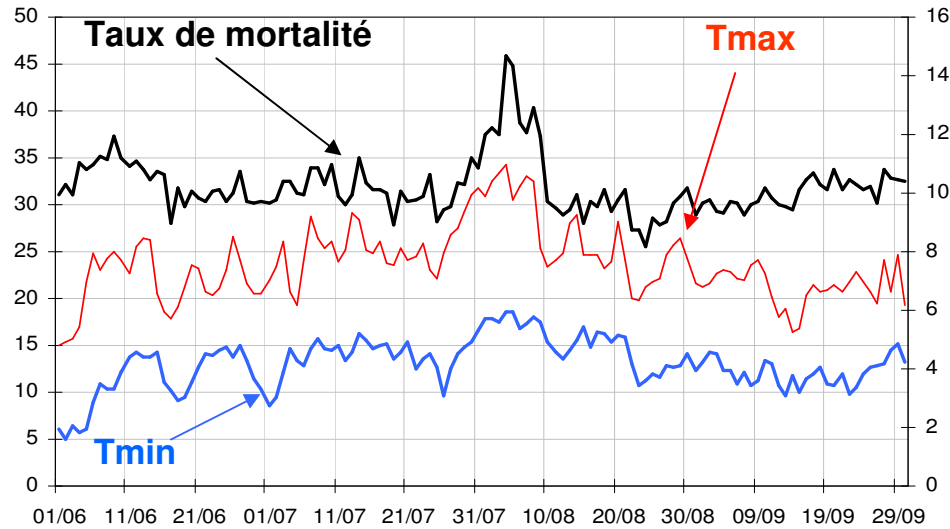
Pondérée par la population des départements

## ➔ **Moyennes décadaires (périodes de 10 jours) calculées sur 30 ans**

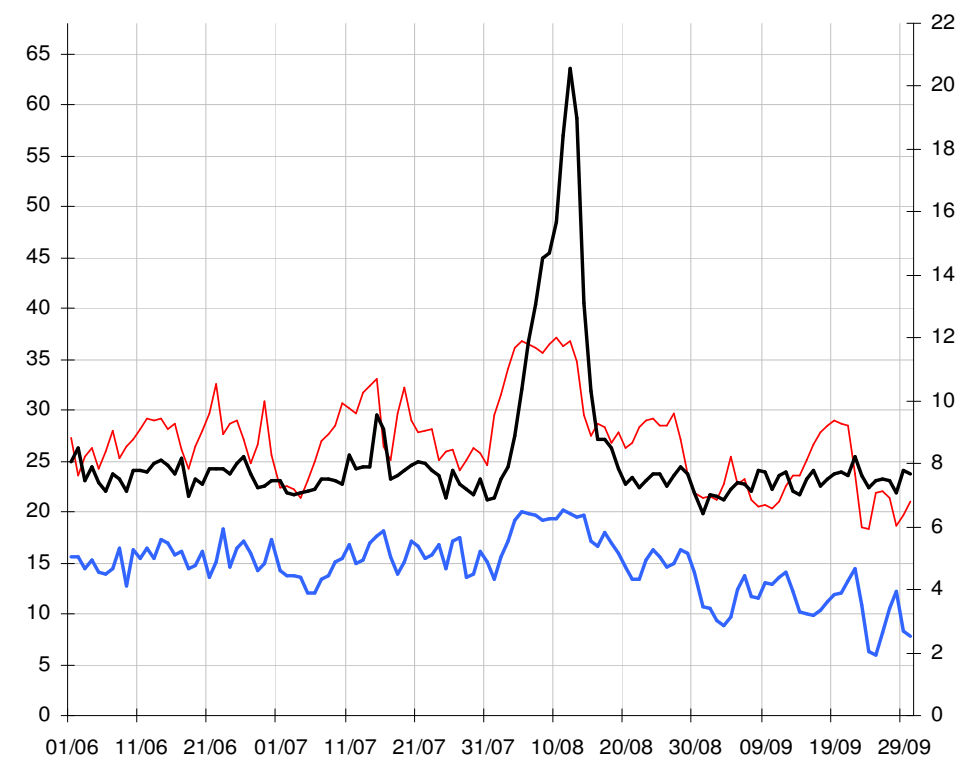
Températures habituelles de référence

# Relation température - mortalité

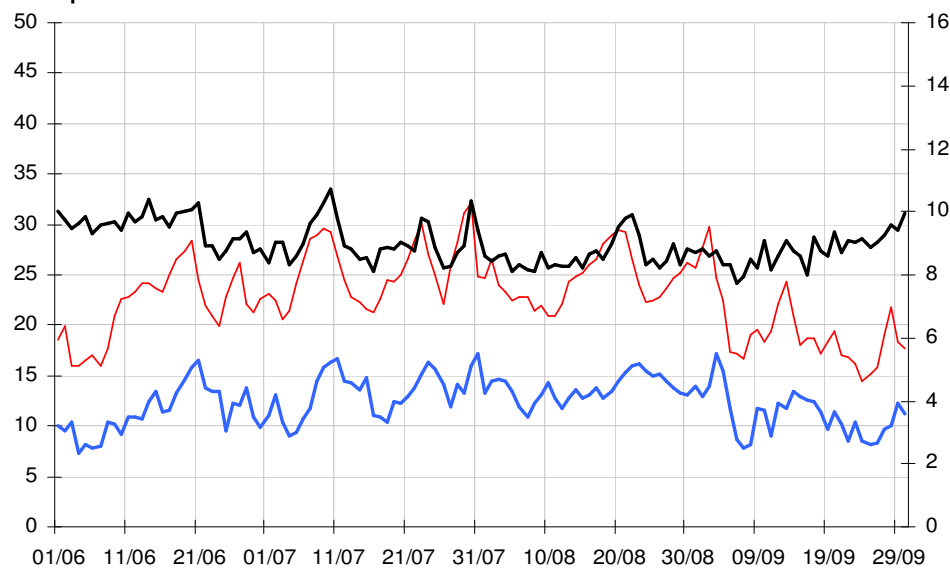
Température **1975** Taux de mortalité



Température **2003** Taux de mortalité



Température **1984** Taux de mortalité



# Modélisation

**Modèle GEE (Equations d'estimation généralisées), fondée sur une distribution de Poisson**  
avec un terme de surdispersion et une autocorrélation entre les observations successives

$$(M_1) \quad \text{Log}[E(DC_j)] = \text{Log}(PopJ) + \underbrace{\mu + \beta \text{Log}(TM_{ref})}_{\text{Taux de mortalité sur une période de référence}} + \text{Saison} + \underbrace{\sum_k \theta_k \text{Indicateur de temperature}_{k,j}}_{\text{Combinaison des temp. min et max du jour j et des 10 jours qui précèdent}}$$

**Période de référence** : récente et qui précède chaque été,

Mois dont la mortalité est stable d'une année sur l'autre : *octobre, novembre, avril et mai*

# Démarche de l'étude

➔ **Modélisation sur un ensemble *d'apprentissage* :**

25 étés de 1975 à 1999

➔ **Prévision sur un ensemble de *validation* :**

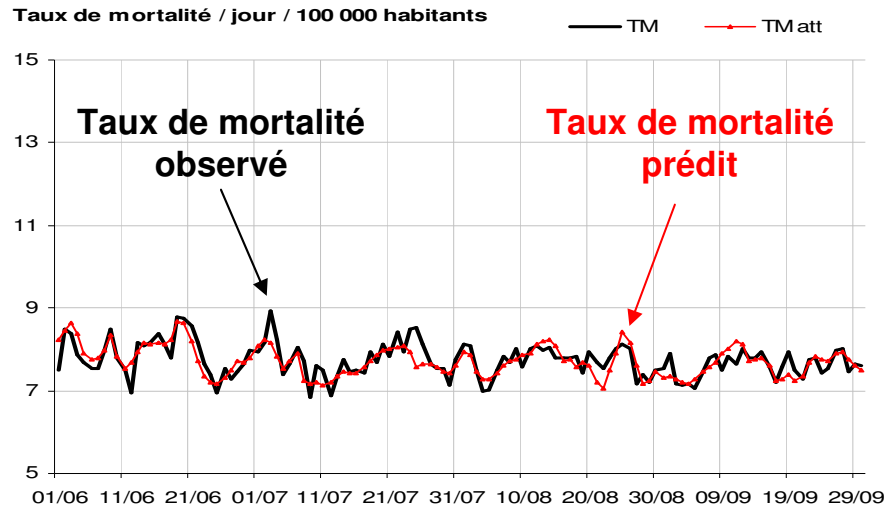
4 étés de 2000 à 2003

➔ **Analyse de sensibilité :**

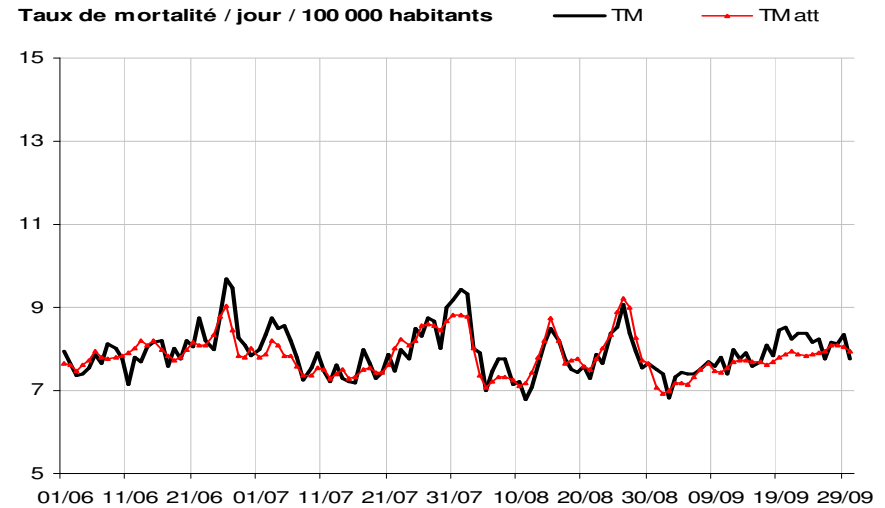
- selon différents ensembles *d'apprentissage* et de *validation*
- selon différents groupes de population
- influence d'autres paramètres climatiques

# Validation des capacités prédictives du modèle : 4 années 2000 à 2003

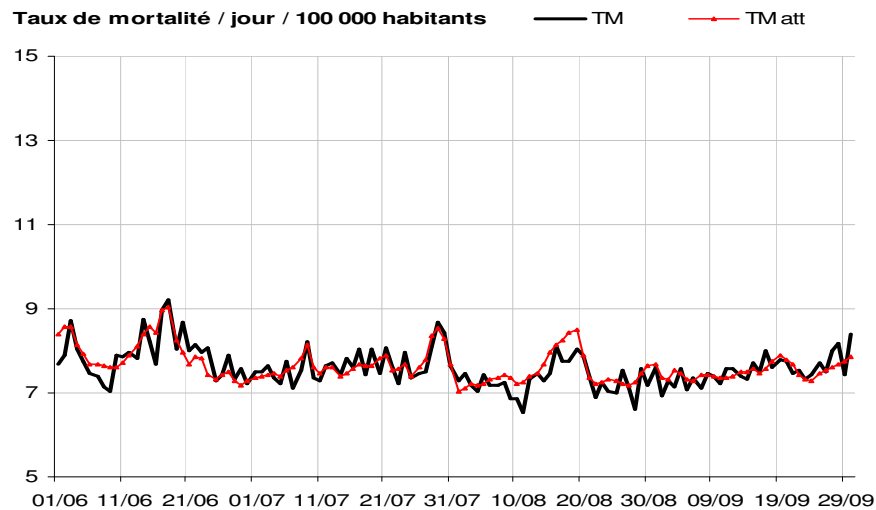
1<sup>er</sup> juin – 30 septembre 2000



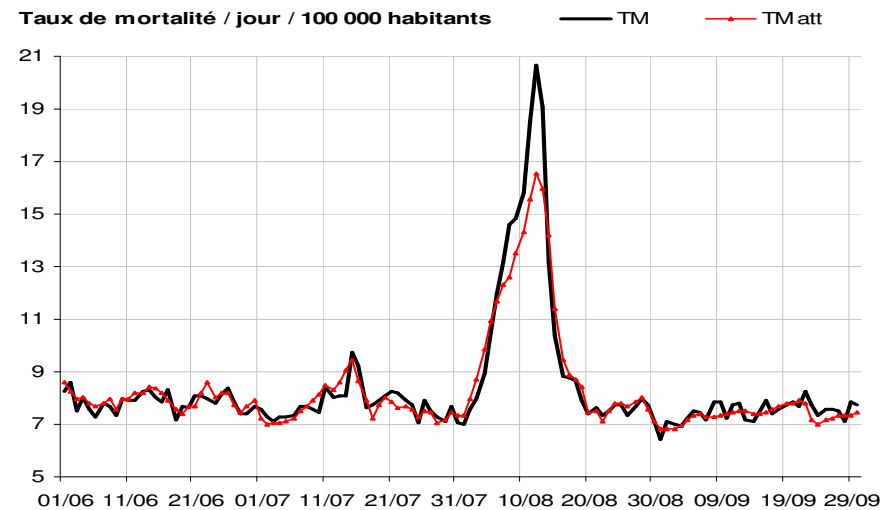
1<sup>er</sup> juin – 30 septembre 2001



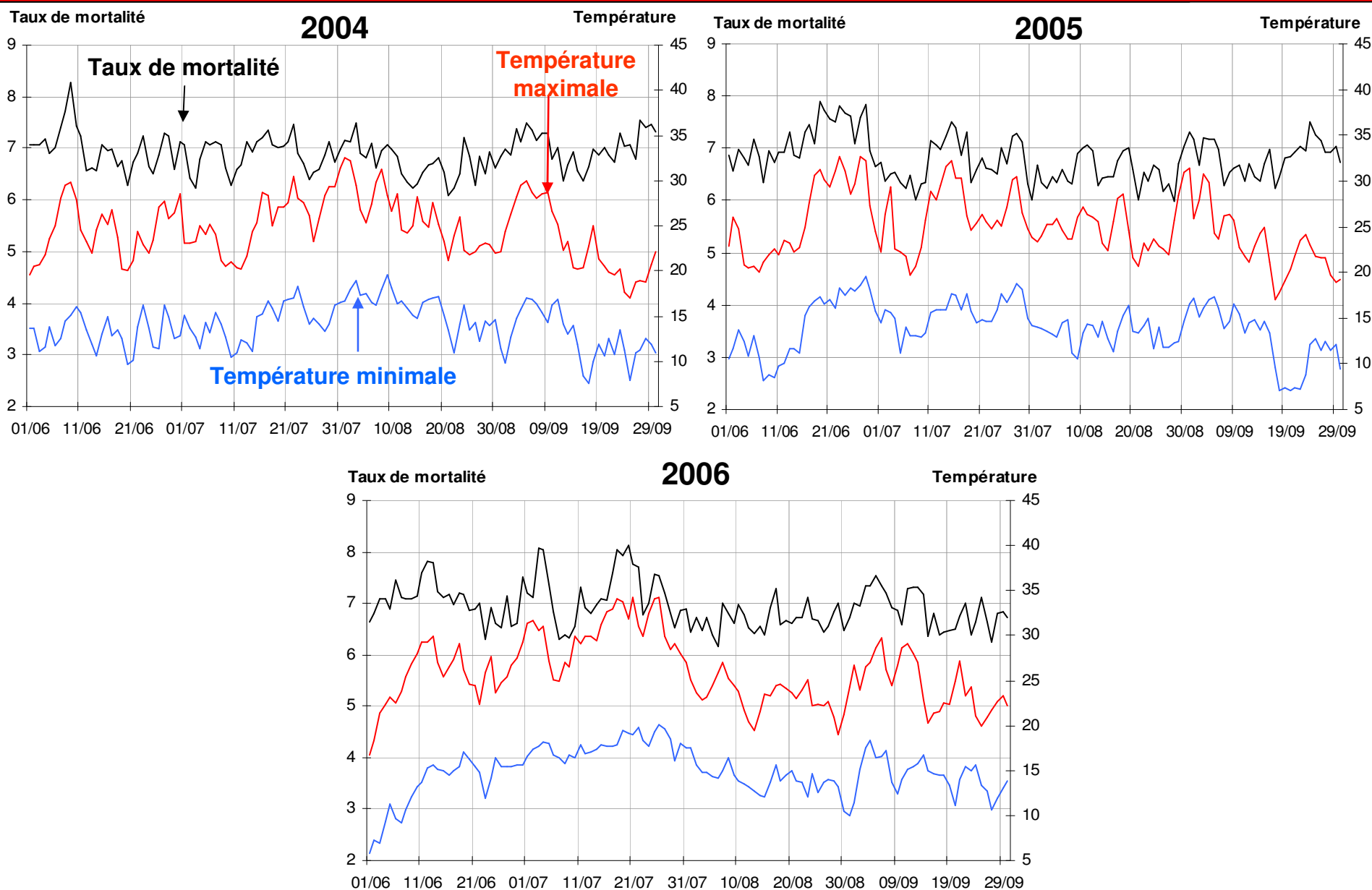
1<sup>er</sup> juin – 30 septembre 2002



1<sup>er</sup> juin – 30 septembre 2003



# Relation température – mortalité sur les étés 2004, 2005 et 2006



## Prédiction sur les étés 2004 - 2006 - Notations

➔ Estimation du modèle sur l'ensemble des 29 étés de 1975 à 2003

➔ Application du modèle sur les températures observées de juin à septembre 2004 à 2006

$$\hat{O} = \hat{E}_{\text{Tobs}}(O_j) \quad : \text{mortalité attendue à partir des températures observées}$$

nombre quotidien de décès prédit par le modèle sur les *températures observées*

➔ Application du modèle sur les températures moyenne de référence

$$\hat{E} = \hat{E}_{\text{Tmoy}}(O_j) \quad : \text{mortalité de référence}$$

nombre quotidien de décès prédits par le modèle sur les *températures moyennes*

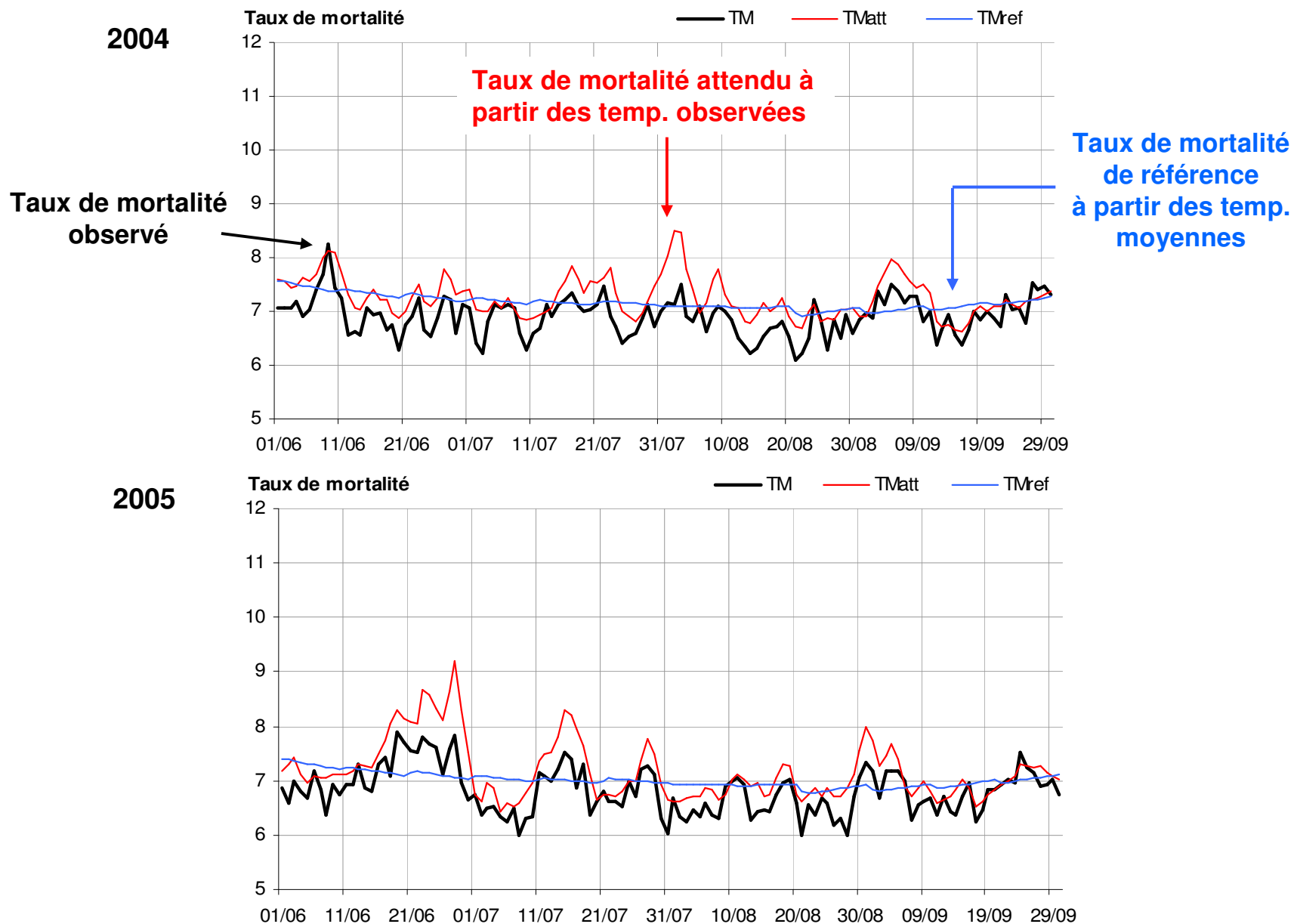
➔ Comparaison entre mortalité observée (O) et mortalité prédite par le modèle :

- Surmortalité observée :  $O - \hat{E}$

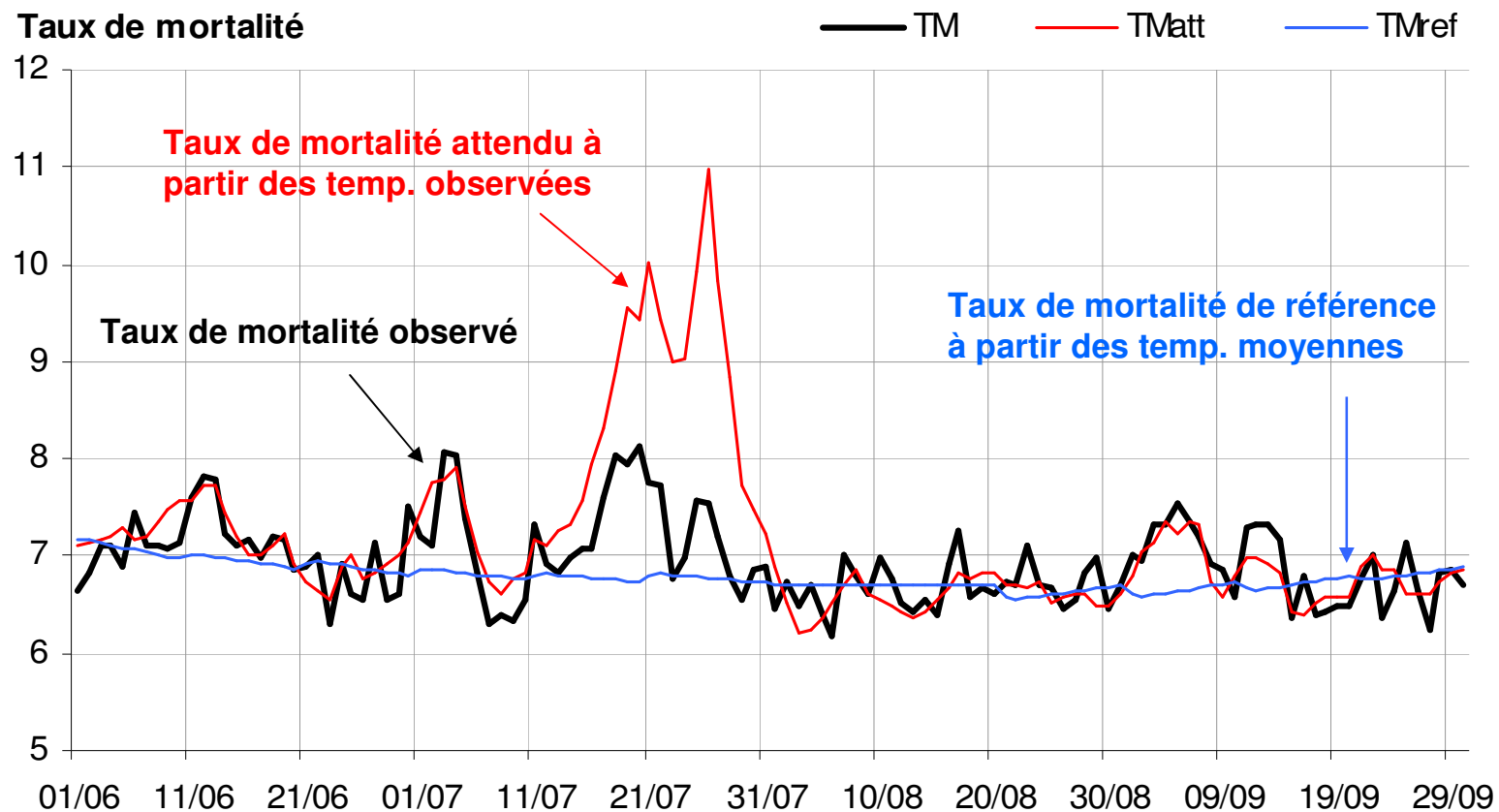
- Surmortalité attendue :  $\hat{O} - \hat{E}$

- Ecart de mortalité :  $O - \hat{O}$

# Prédiction de la mortalité du 1<sup>er</sup> juin au 30 septembre 2004 et 2005



# Prédiction de la mortalité du 1<sup>er</sup> juin au 30 septembre 2006



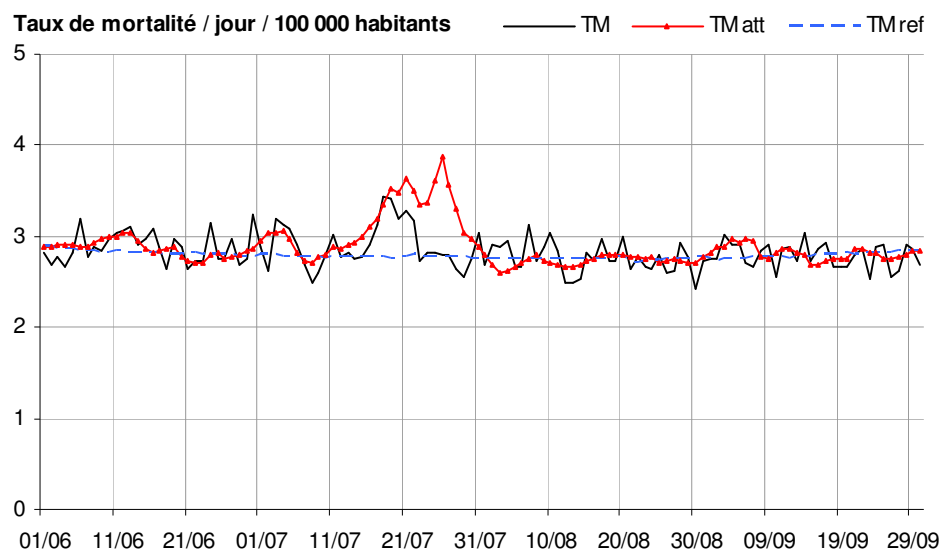
Surmortalité observée	Surmortalité attendue	Ecart de mortalité
$O - \hat{E}$	$\hat{O} - \hat{E}$	$O - \hat{O}$
2 065 décès (+9%)	6 452 décès (+27%)	- 4 400 décès

# Prédiction de la mortalité du 1<sup>er</sup> juin au 30 septembre 2006

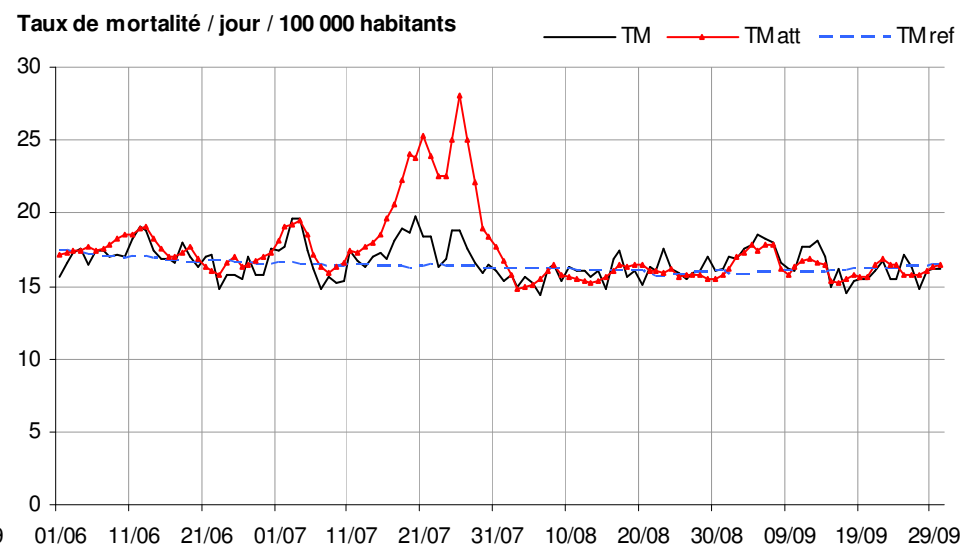
## Résultats similaires :

- ➔ Par sexe,
- ➔ Tous âges,
- ➔ Chez les sujets de 55-74 ans et ceux de 75 ans et +

### 55 – 74 ans



### 75 ans et plus



## Discussion

### ➔ **Étés 2004 et 2005 : légère sur-estimation du niveau général de la mortalité**

indépendant des variations quotidiennes des températures

### ➔ **Été 2006 : Avant et après la vague de chaleur de juillet 2006 :**

la mortalité prédite à partir des températures est conforme à celle observée

### ➔ **Du 11 au 28 juillet 2006 :**

- Une surmortalité **observée** proche de 2 100 décès en excès (+ 9%)
- Une surmortalité **prédite** à partir des températures proche de 6 500 décès en excès (+ 27%)
- Un « **déficit de surmortalité** » d'environ 4 400 décès

### ➔ **Une réduction de la vulnérabilité de la population aux vagues de chaleur, associée :**

- à la prise de conscience par l'ensemble de la population des risques sur la santé associés aux températures élevées,
- aux mesures de prévention prise dans le cadre du Plan National Canicule,
- à la mise en place du système de surveillance et d'alerte.

## Remerciements

**Ce travail a été réalisé et financé dans le cadre de conventions de recherche entre l'Inserm (CépiDc et U754), la DGS, l'InVS et Météo-France.**

### **U754**

Denis Hémon, Grégoire Rey, Chantal Guihenneuc-Jouyaux, Jacqueline Clavel

### **CépiDc**

Eric Jougla, Gérard Pavillon, Françoise Laurent

### **INSEE**

Guy Desplanques

### **Météo-France**

Pierre Bessemoulin, Philippe Frayssinet, Jean-Michel Veysseire, Gilbert Gayraud, Catherine Borretti, Philippe Courtier, Jean-Pierre Beysson

### **InVS**

Gilles Brücker, Pascal Empereur-Bissonnet, Karine Laaidi

### **DGS**

William Dab