



# L'EFFET DE MOISSON

## L'IMPACT DES CATASTROPHES VIE SUR LA MORTALITÉ A MOYEN ET LONG TERME

**ETIENNE IZRAELEWICZ**  
**ACTUAIRE CONSEIL**

---

JOURNÉES D'ÉTUDE DU SACEI ET DE L'IA  
17-18 SEPTEMBRE 2009 - DEAUVILLE

## LES CATASTROPHES VIE

- **Sensibilisation grandissante de l'industrie de l'assurance pour les catastrophes vie depuis une dizaine d'année**
  - ✓ Augmentation des catastrophes meurtrières (WTC (2001), Canicule (2003), Tsunami (2004) , ...)
  - ✓ Alertes pandémiques : SRAS (2003), Grippe aviaire (2005), ... aujourd'hui la grippe A
  - ✓ Solvabilité II : Prise en compte explicite du risque catastrophe vie à travers la formule standard
- Exigence accrue de protection des assurés

- **Forte exposition au risque mortalité des assureurs en cas de survenance d'une catastrophe vie**
  - S'accompagne d'un ralentissement de l'économie et chute des marchés financiers
- Transfert de risques : une offre en développement : réassurance traditionnelle et titrisation (« Mortality bond » )

- **Approche du risque catastrophe vie limitée au pic de surmortalité**
  - ✓ Valorisation du risque
  - ✓ Calibration du risque dans Solvabilité II
- Sans prise en compte des conséquences sur la mortalité à long terme
- Les assureurs gèrent le risque viager sur le long terme

# ORIGINES : EFFET DE MOISSON DE COURT TERME

---

## ➤ L'effet de moisson (« harvesting effect »)

ou « mortality displacement » ou « frailty effect »

- ✓ Personnes fragilisées (état de santé,..) sont prioritairement frappées lors d'un événement provoquant une surmortalité dans la population générale.
- ✓ Sans cet événement, ces personnes seraient mortes dans les jours ou semaines qui suivent
- ✓ Conséquence : l'événement est suivi d'une période de sous-mortalité

## ➤ Un sujet d'épidémiologie : approche de court terme (1990's)

- ✓ **Cadre d'analyse** : Mesure des effets des conditions environnementales (pollution atmosphérique, conditions climatiques,...) sur la mortalité de la population
- ✓ **Objectif** : Qualifier l'impact sur la santé publique

## ➤ Documentation scientifique

- ✓ Littérature abondante
  - ⇒ Existence d'effets moisson significatif : Mortalité par pollution atmosphérique (Milan, Philadelphie,...)

## L'EFFET DE MOISSON A MOYEN ET LONG TERME

---

### ➤ L'effet de moisson existe-t-il à long terme ?

- ✓ Cadre d'une catastrophe vie (phénomène extrême)
- ✓ Mesurable sur une échelle de temps annuelle
- ✓ Susceptible d'intervenir pour tout type de catastrophe
  - ⇒ Mortalité consécutive à un phénomène extérieur altérant la santé  
Pandémies, attaques bactériologiques ou pollution d'origine terroriste, canicules, ..
  - ⇒ Conséquences sanitaires d'une catastrophe naturelle  
Désorganisation du système sanitaire, apparition d'épidémies,... consécutifs à un Tsunami ou un tremblement de terre,...(en plus de la surmortalité d'origine accidentelle)

### ➤ L'effet de moisson de long terme : une forte présomption

- ✓ Décès dus à la grippe A : sujets à « risque »
  - ✓ Hypothèse de certains modèles épidémiologiques
- INVS : Evaluation sanitaire d'une pandémie en France (Modèle de Meltzer) à partir d'une segmentation de la population selon les facteurs de risques

# L'EFFET DE MOISSON A MOYEN ET LONG TERME

---

## ➤ Documentation scientifique

- ✓ Apparemment pas de publications dans le domaine actuariel ?
- ✓ Très peu documentés en démographie et épidémiologie
  - ⇒ Etude sur les conséquences à long terme de la grippe espagnole de 1918 aux USA
  - ⇒ Canicule 2003 en France

## ➤ Canicule d'août 2003 en France et de son effet moisson en 2004

- ✓ à partir des études épidémiologiques réalisées en 2003 et 2004
- ✓ à une approche actuarielle développée avec le recul (disponibilité des données)

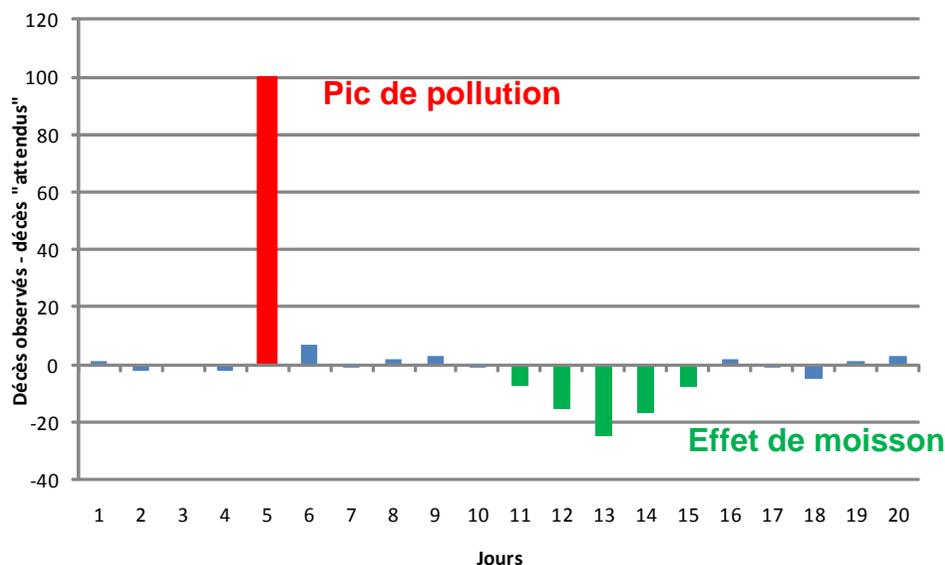
## ➤ Catastrophe sanitaire qui a touché une grande partie de l'Europe occidentale

- ✓ Du Portugal au sud de l'Allemagne en passant par l'Italie
- ✓ Dernier bilan : 70.000 morts en Europe dont 19.500 en France et 20.000 en Italie en tenant compte de la canicule sur tout l'été 2003 (\*)

# EFFET DE MOISSON DE COURT TERME : APPROCHE ÉPIDÉMIOLOGIQUE

## ➤ Schéma méthodologique : Méthodes de comptage

- ✓ Surmortalité et effet de moisson sont mesurés par différence entre nombre de décès observé et « attendu »



### Principale difficulté

- ✓ Estimation du nombre de décès « attendus », i.e. si le pic de pollution n'avait pas eu lieu
- ✓ Projection du nombre de décès « attendus » à partir de séries temporelles (saisonnalité, facteurs exogènes,...)

# LA CANICULE D'AOÛT 2003 EN FRANCE

---

## ➤ En France : canicule entre le 1er et le 15 août 2003

- ✓ Caractère exceptionnel par les températures observées et sa durée
- ✓ Catastrophe sanitaire médiatisée
- ✓ Sous – mortalité significative en 2004
- ✓ Vifs débats dans la communauté des épidémiologistes et démographes

## ➤ Retour sur les études de 2003 et 2004

### ➤ Estimation de la mortalité « attendue »

- ✓ **Méthodologie retenue** : nombre de décès mensuel « attendu » égal à la moyenne des décès observés sur les mêmes mois des 3 années précédentes (nombre de décès annuels stable depuis les années 90)
- ✓ **Choix délibéré**, compte tenu des données disponibles et afin de simplifier les analyses géographiques et par causes de décès
- ✓ Des estimations prenant en compte les effets de structures de la population et l'évolution de la mortalité concluent à des marges d'erreurs faibles

# LA CANICULE D'AOÛT 2003 EN FRANCE

## Chronologie de l'étude d'une catastrophe et de son effet de moisson

### ➤ **Surmortalité : 15.000 décès supplémentaires en août 2003 (+60%) (\*)**

- ✓ Synchrones avec l'évolution thermique spatio-temporelle au cours du mois d'août
- ✓ Essentiellement en régions en Ile-de-France (+137%), Centre (+103%) et grandes agglomérations
  - ⇒ Cocktail explosif : fortes chaleurs + pollution atmosphérique + îlot de chaleur
- ✓ Croît avec l'âge
  - ⇒ Nouveau à partir de 35 ans, mais surtout après 75 ans (+100%) (Régulation thermique altérée)
- ✓ Plus importante pour les femmes (+70%) que pour les hommes (+40%)
  - ⇒ Facteur isolement

### ➤ **Causes de décès (\*\*)**

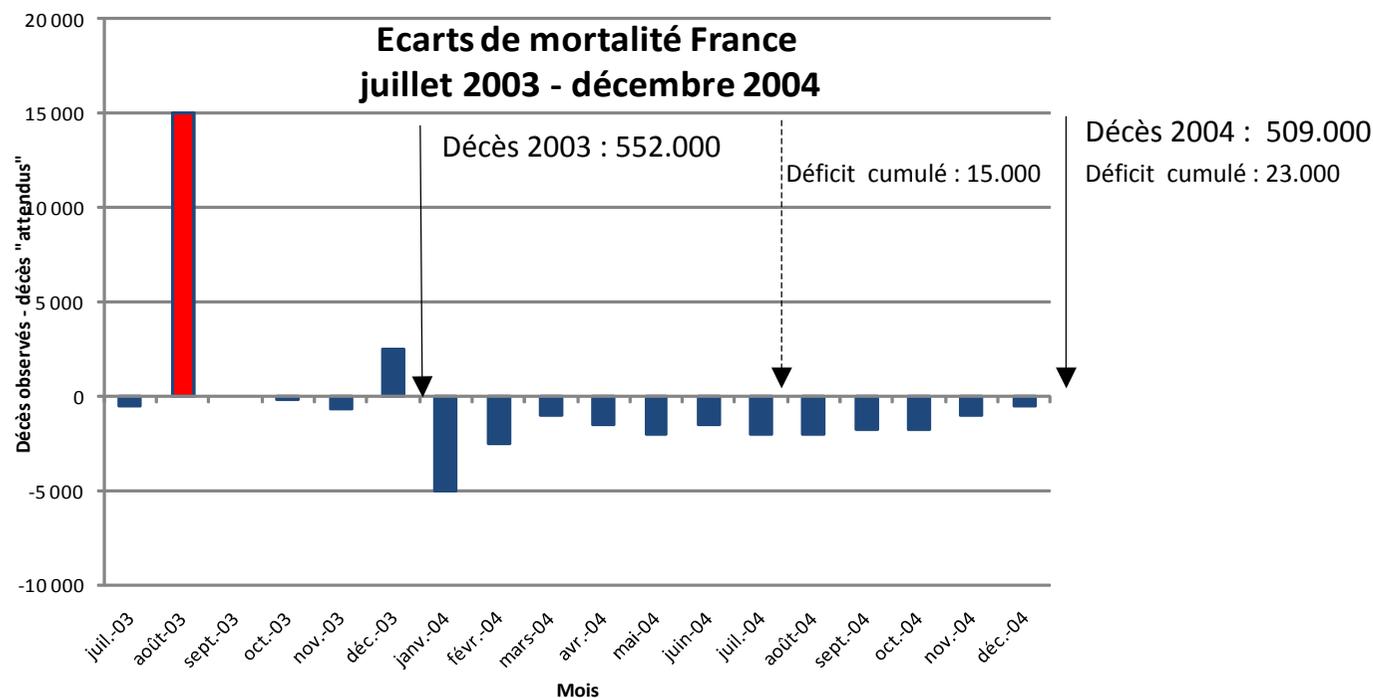
- ✓ Causes directes (coup de chaleur, déshydratation,..) ne représentent que 30% des décès supplémentaires
- ✓ la chaleur peut aussi aggraver une maladie déjà installée ou contribuer à la déclencher
  - ⇒ Maladies du système nerveux (Parkinson, Alzheimer) (+96%)
  - ⇒ Maladies du système respiratoire (+93%)
  - ⇒ Maladies de l'appareil génito-urinaire (+92%)
  - ⇒ Trouble mentaux (+85%)
  - ⇒ Diabète (+64%)

(\*) Rapport d'étape du 25 sept. 2003 de l'INSERM (Hémon, Jouglu) remis au Ministère de la Santé

(\*\*) : Etude de J.P. Besancenot – Epidémiologiste (Press therm climat 2005;142:13-24)

# L'EFFET DE MOISSON EN 2004

## Chronologie de l'étude d'une catastrophe et de son effet de moisson (suite et fin)



**Début 2004** : Plusieurs études concluent à l'absence d'un effet moisson ou d'une surmortalité « différée » liée à la canicule

**Été 2004 (\*)**: Existence d'un fort effet moisson : les décès d'août 2003 ont été anticipés de 5 et 10 mois

**2005 (\*\*)** : Mesure d'un effet de moisson partiel de 30% : déficit de 4.000 décès en 2004 sur les 15.000 décès d'août 2003 par méthode de correspondance géographique

(\*) Épidémiologie et canicules : « analyses de la vague de chaleur 2003 en France » Valleron, Boumendil (INSERM) A. C R Biol. 2004 Dec; 327

(\*\*) Document de travail 136 - Rapport scientifique – Écart de température et mortalité en France – Toulemon, Barbieri (INED) 2006

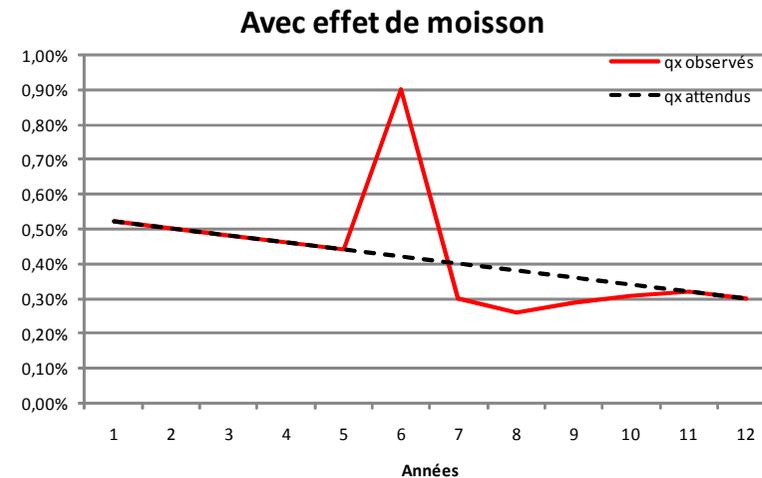
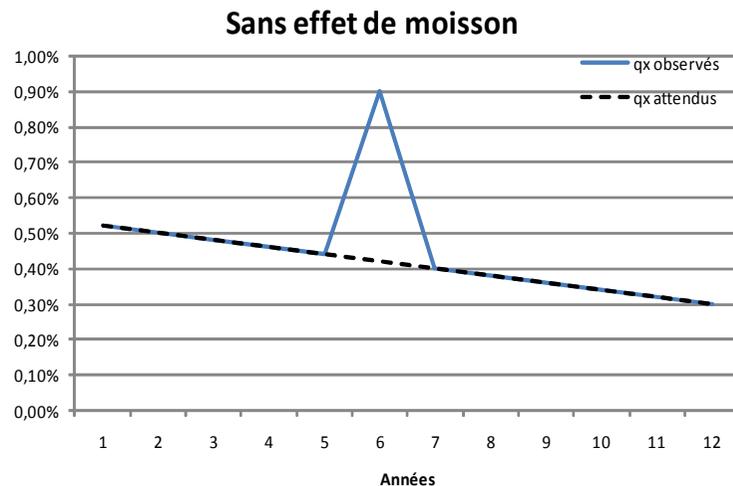
## APPROCHE ACTUARIALE DE L'EFFET DE MOISSON A MOYEN ET LONG TERME

- Les méthodes de comptage ne sont pas pertinentes pour les assureurs et sont difficiles à manier sur le long terme

- ✓ Déficit des décès traduit-il un effet moisson ou impact mécanique de la diminution de la population post catastrophe

- Une catastrophe vie touche dans des proportions plus élevée la population fragilisée que la population en bonne santé
- La population fragilisée a une espérance de vie résiduelle plus faible que la population en bonne santé
- Conséquence : la mortalité de la population générale s'améliore plus rapidement que prévu les années suivantes

### Impact sur les taux de mortalité annuels ( $q_x$ )



- La difficulté méthodologique demeure

- ✓ Estimer les  $q_x$  « attendus » si la catastrophe n'avait pas eu lieu en tenant compte de l'évolution tendancielle de la mortalité

## ➤ Le modèle original proposé

$$D_{x,t} = ER_{x,t} \times \exp \left( K_t^{(1)} + K_t^{(2)} \times \beta_x + K_t^{(3)} \times \delta_{t-x} \right)$$

Modèle de Renshaw-Haberman (2006) en inversant les rôles des facteurs âge (x) et période (t)

Modèle poissonien : Estimation du nombre de décès (D) selon les expositions aux risques (ER) où :

$$K_t^{(i)}, \beta_x, \delta_{t-x}$$

sont respectivement les effets période, âge et cohorte

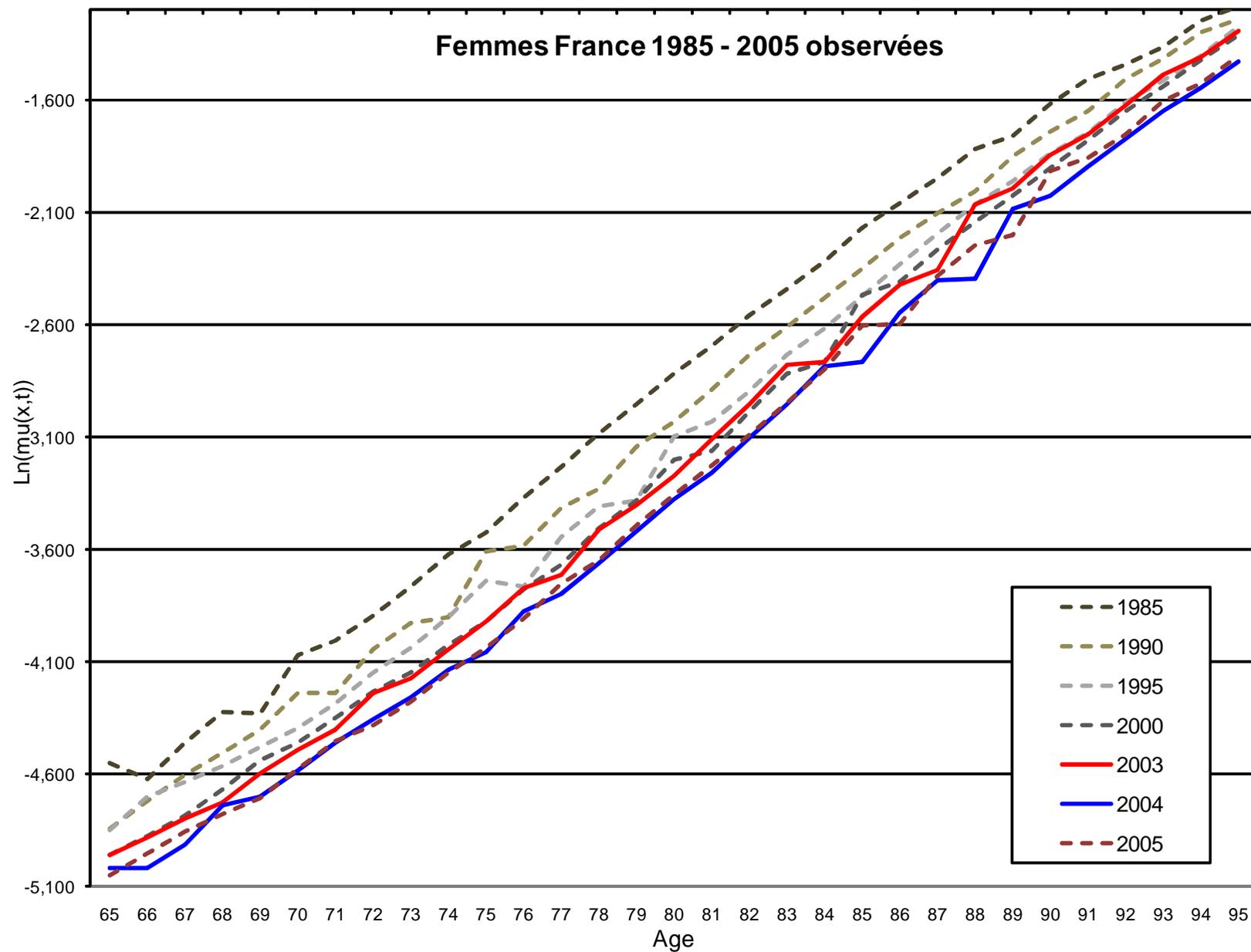
## ➤ Justification

- ✓ Modèles de la famille de Lee Carter => Évolution de la mortalité à chaque âge dans le temps
- ✓ Dans ce modèle => Évolution de la structure des tables de moments dans le temps
- ✓ **Explicatif** : Perturbations de la mortalité suite à une catastrophe suivi d'un effet moisson par âge et cohortes (autres que des catastrophes multiplicatives en  $q_x$ )
- ✓ **Prédictif**: Estimation des  $q_{x,t}$  « attendus » : Projection des 3 paramètres de période sur la durée de la perturbation à partir des séries long terme

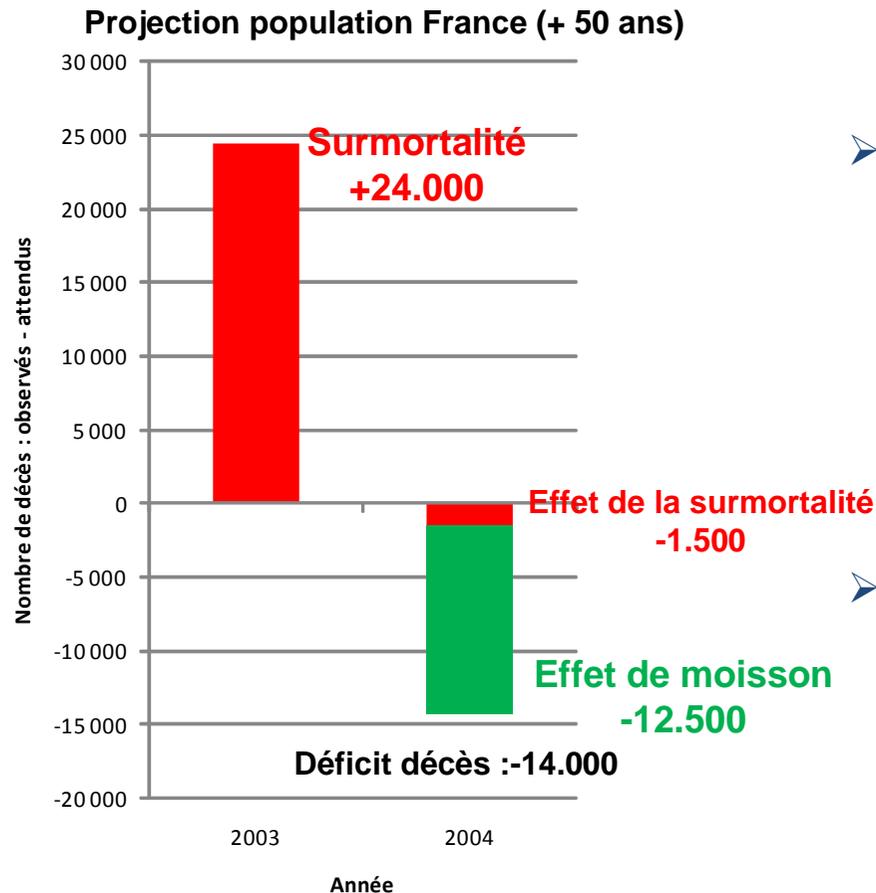
## ➤ Application à la canicule 2003 en France

- ✓ Ajustement du modèle sur la mortalité en France de 1975 - 2006
  - ⇒ Hommes et femmes séparément âgés de 65-95 ans (90% de la surmortalité)
- ✓ Hypothèse pour l'estimation de la mortalité « attendue » de 2003-2006
  - ⇒ Pas de rupture de tendance de la mortalité à partir de 2003
  - ⇒ Prolongement de la tendance linéaire de long terme de la mortalité en France depuis les années 70

# EVOLUTION DES TABLES DE MOMENTS EN FRANCE



# L'EFFET DE MOISSON EN 2004 : RÉSULTATS DU MODÈLE

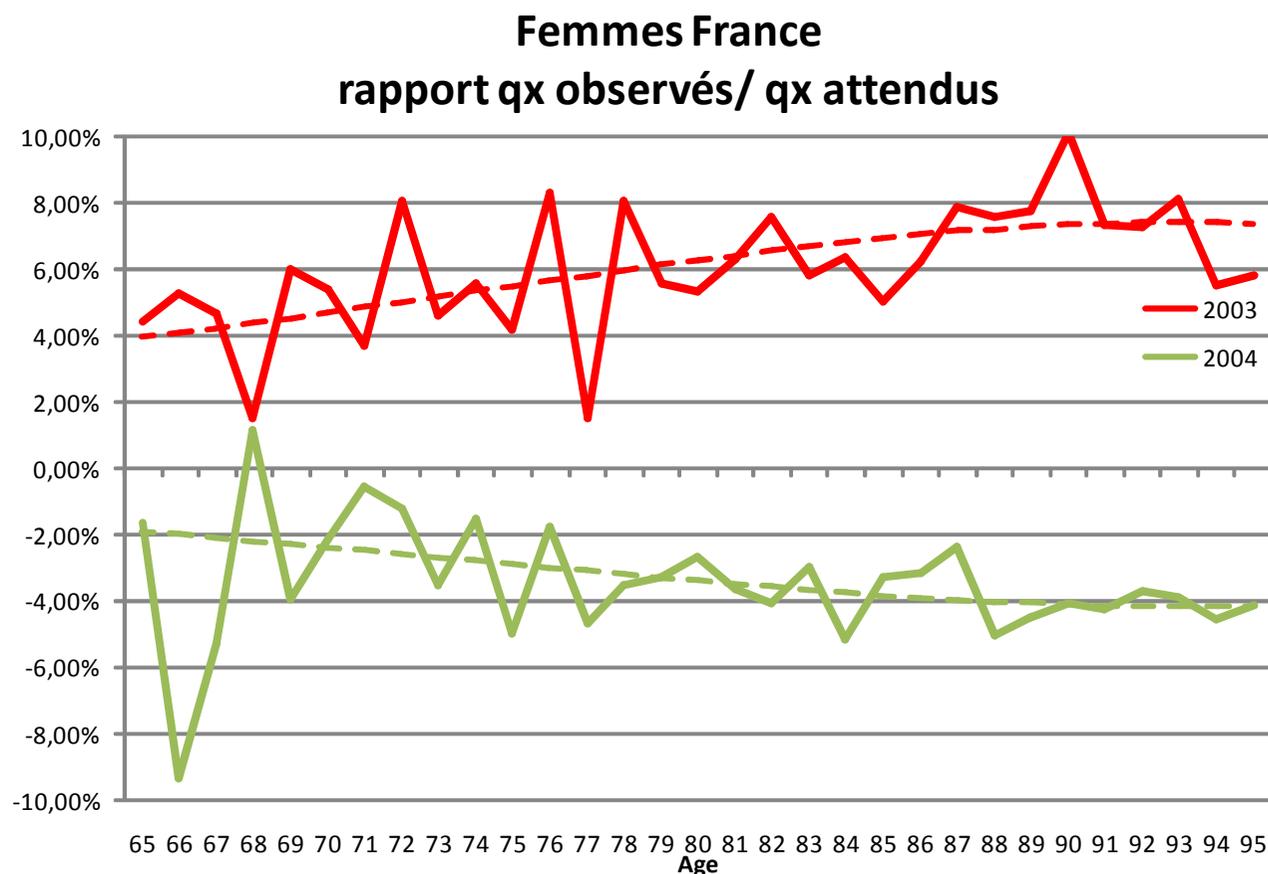


- **Une surmortalité plus élevée en 2003**
  - ✓ Profil démographique similaire par sexe (2/3 de femmes) et âge
  - ✓ Concorde avec les résultats du projet CANICULE (2007) (19.500 décès)
- **Un effet de moisson en 2004 de 50%**

## ➤ **Écarts (faibles) avec les études épidémiologiques**

- ✓ Méthode de moyennes mobiles : surestime la mortalité « attendue » à partir de 2004
- Classes creuses nées en 1915-1919 atteignent 89-93 ans à partir de 2004
- Contribution importante de ces âges au nombre de décès annuels

# DÉFORMATION DE LA MORTALITÉ PAR ÂGE



- **2003 : La surmortalité croît proportionnellement avec l'âge**
  - La catastrophe n'est pas additive en  $q_x$  !
  - La surmortalité additive de 2,5 ‰ est atteinte à 80 ans
- **2004 : L'effet de moisson est proportionnel à la surmortalité**

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

- **L'effet de moisson se prolonge-t-il en 2005 et 2006 ?**
  - ✓ Effet rebond (déjà mis en évidence sur des études épidémiologiques)
- **Approfondir la connaissance de l'effet de moisson**
  - ✓ Caractérisé par l'amplitude et la durée de la période de sous-mortalité en lien avec la nature et l'intensité d'une catastrophe,
  - ✓ quel comportement en fonction de l'âge ?
- **Dimension fractale : les effets de moisson à petite échelle se reproduisent à grande échelle**

- **Gestion du risque catastrophe vie**
  - ✓ Déformation de la surface de mortalité sur le long terme
  - ✓ Gestion par une « provision d'égalisation »
- **Transfert de risque**
  - ✓ Stratégies de couverture limitées au pic de mortalité ne s'avèrent pas optimales
- **Solvabilité II**
  - ✓ implique une diminution du capital de solvabilité pour les risques décès, l'effet de moisson jouant le rôle d' « atténuateur de risque »
  - ✓ L'effet de moisson existe-t-il pour les risques incapacité/invalidité / santé ?
  - ✓ Les effets de diversification (produits de rente) pourraient être atténués